

# טבעות שנתיות בעצים כמוודד לעוצמתם של שינויים אקלימיים שהתחוללו באזורנו בעבר

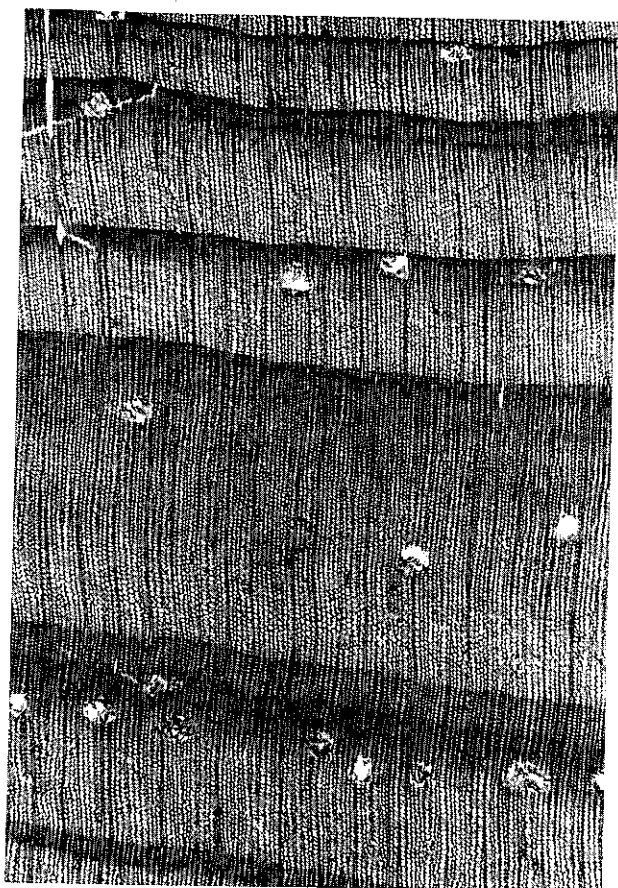
שמחה לב ידון

## הקדמה

דנדרוכרונולוגיה הוא תחום המחקר המדויק והרגיש ביותר בין אלה העוסקים בתיארוך מאורעות ותהליכים ארכיאולוגיים ושחזור שינויים אקלימיים. המחקר הדנדרוכרונולוגי מבוסס על בדיקת טבעותיהם של עצים; כל שלב יוצר בעץ טבעת אחת, ובעת מחקר ניתן לקבוע את גיל העץ על-פי מספר הטבעות ולהקיש, מרוחב הטבעת, על האקלים ששרר באותה שנה שבה היא נוצרה. לשם מחקר דנדרוכרונולוגי יש צורך בעצים היוצרים טבעות שנתיות ברורות, אשר משתנות ברוחבן בהתאם לשינויים החלים בתנאי הגידול. תנאי נוסף הוא, שהעצים היוצרים את הטבעות לגיעו לגיל גבוה כדי שמספר טבעותיהם יספיק לשם הסקת מסקנות (Douglass, 1919; Stokes & Smiley, 1968; Fritts, 1976; Baillie, 1982)

בארץ גדלים, בסך-הכל, כ-70 מיני עצים (ויזל ואלון, 1970). מתוך כ-70 מינים אלה יש מינים הצומחים רק בבת-גידול מצומצמים ומיוחדים (דקל הדום, פיקוס בת-השיקמה, ערער ארזי) ויש מינים המצויים בתפוצה רחבה (אלון מצוי, אלון התבור, אלה אטלנטית ואחרים). אחדים ממיני העצים אינם יוצרים טבעות כלל (תמר מצוי, שיטה טלילנית ואחרים) ומינים אחרים יוצרים טבעות שאינן ברורות או שברירותן אינה חדה בכל שנה. רבים ממיני העצים הגדלים בארץ שמוצאם טרופי, אינם יוצרים טבעות כלל או שאלו אינן ברורות (פאהן, 1962; Huber & Rouschal, 1954). טבעות שאינן תמיד ברורות, מצויות באחדים מהעצים והשיחים ירוקי הער וקשי העלים (אלון מצוי, אלת המסטיק) ודבר זה מקשה על המחקר. בעצים אחרים נוצרות טבעות כפולות - כלומר יצירה של טבעות אחדות בשנה (אם כי לא בכל שנה. טבעות כפולות נוצרות בצפצפת הפרת, כתוצאה משינויים במשק המים (ליפשיץ וויזל, 1970) וכן גם בברוש המצוי (Liphshitz et al. 1981). מצב דומה קיים גם בשיחי זוגן השיח, בהם נוצרות טבעות כפולות בעקבות מחזורי השקיה ויובש (Waisel et al. 1970). בצפצפת הפרת, בברוש המצוי ובזוגן השיח, לא ניתן, בדרך-כלל, להבדיל בבטחון בין טבעות כפולות לשנתיות. רק אחדים ממיני העצים הגדלים בארץ יוצרים טבעות שנתיות ברורות ומגיעים לגיל גבוה (יותר מ-100 שנה). מינים אלה הם אורן ירושלים (Gindell, 1944; ויץ, 1970; תמרי, 1976; לב ידון ועמיתיו, 1981), אלה אטלנטית (Fahn et al. 1963; פליקס, 1968), אלון התולע (ליפשיץ וויזל, 1967; פליקס, 1968), אלון התבור (פליקס, 1968; Kaplan, 1984), וכנראה כמה מינים נשירים ממשפחת הוורדניים ומיני הערער. גם שיחי זוגן

השיח יכולים להגיע לגיל של מאות שנים אחדות (Fahn et al. 1963), אם כי, כפי שצויין, חלק מהטבעות יכולות להיות כפולות ולכן לגרום להערכת יתר של גילם. מאידך, בשיחים או עצים הגדלים בתנאים קיצוניים, כמו שיחי הזוגן, ייתכן כי בשנים שונות לא נוצרות טבעות כלל, אם כי דבר זה לא הוכח בארץ בניסויים מבוקרים. יתר המינים הגדלים בארץ אינם נוחים למחקר דנדרוכרונולוגי, אף כי נתונים מסוימים, הקשורים בהבנת הגורמים המשפיעים על יצירת הטבעות וקביעת רוחבן, יכולים להיות מצויים גם בטבעותיהם. באזורנו גדלים כמה מינים נוספים המתאימים למחקר דנדרוכרונולוגי. בסיני גדלים הערער האדום ואלה פרסית (ויזל וליפשיץ, 1968; ליפשיץ וויזל, 1969; חמרי, 1976; Liphshitz et al. 1984). בלבנון גדלים עצי ארז הלבנון; זהו המין המתאים ביותר למחקר דנדרוכרונולוגי באזורנו, משום שרוב המקרים טבעותיו ברורות מאוד מבחינה אנטומית והן משתנות ברוחבן בהתאם לתנאי הגידול (ראה לב ירון ועמיתיו, 1984).



אלור א-1: חתך רוחב בעצה המשנית של אורן ירושלים. נראות טבעות שרובן שנתיות וכן בזבי שרף. (האורך של השטח המצולם 7 מ"מ)

### התלות בין רוחב הטבעות לבין השינויים בתנאי הגידול

העובדה כי עץ מגיב לשינויים בתנאי הגידול שלו על-ידי שינויים במידת הצמיחה שלו ובעקבות זאת בשינויים ברוחב טבעותיו, ידועה מכבר ויש לה הסברים פיזיולוגיים (ראה Kozłowski, 1971; וכן Creber & Chaloner, 1984). השאלות המתבקשות הן: מהו תחום התגובה של העץ, מהי עוצמת התגובה, והאם כל שינוי ברוחב הטבעות קשור לשינויים בתנאי הגידול.

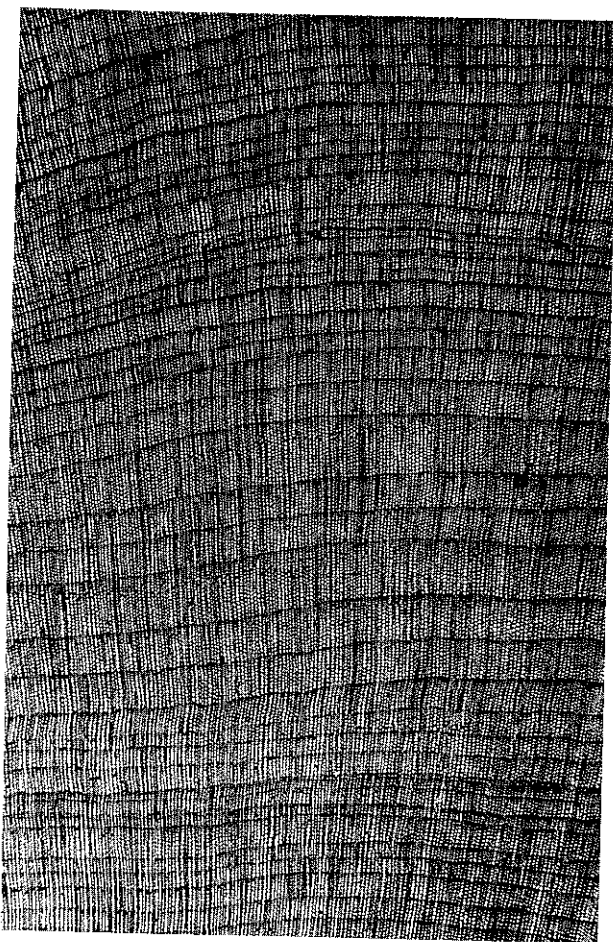
העיקרון האקולוגי שעליו מסתמכת הדנדרוכרונולוגיה, הוא העיקרון של הגורם או הגורמים המגבילים את הצמיחה (Fritts, 1976). אילו היו כל העצים גדלים כל הזמן באותו קצב ויוצרים טבעות אחידות ברוחבן, לא היה נוצר אותו מהלך אופייני של שינויים ברוחב הטבעות, המאפשר השוואה בין הרצפים ותיארוך באמצעות טבעות עצים. ההלך של השוואת הרצפים נקרא "תיארוך צולב" - cross dating. יש לזכור כי שינויים ברוחב הטבעות אינם נובעים רק משינויים בתנאי הגידול, אלא גם מגיל העץ. בהיות העץ צעיר, היקפו קטן וכמות מסוימת של מוטמעים מספיקה על-מנת ליצור טבעת רחבה. כאשר מתבגר העץ והיקפו עולה, אותה כמות של מוטמעים, ואף כמות גדולה יותר, יכולה להספיק רק ליצירת טבעת צרה, ועל גורם זה להיות נלקח בחשבון. כאשר מדובר בגורמים הקיימים בטבע, המגבילים את הצמיחה, הרי הם יכולים להיות פרטיים לעץ או לגומחה שבה הוא גדל, או שהם אזוריים - בדרך-כלל אקלימיים. כאשר הגורם המגביל אינו ייחודי לעץ או לגומחה המלידת שבה הוא גדל, אלא הוא גורם אזורי - כמות הגשם השנתית, העונתית, מספר ימי הגשם ופיזורם, טמפרטורת המינימום או המכסימום או כל גורם אחר - קיימת אפשרות שכל אוכלוסיית העצים, או מרביתה, תגיב בדרך דומה. כאשר התגובה דומה במספר גדול של עצים, נוצר רצף דומה של שינויים ברוחב הטבעות, על פני איזור גיאוגרפי גדול, עובדה המאפשרת לחוקר למצוא את הרצף האופייני. מאחר שמדובר בחומר ביולוגי, יש לזכור כי שינויים ברוחב הטבעות יכולים להיגרם מתגובה שונה של גנוטיפים שונים לאותו גורם אקלימי או סביבתי ולהקשות על בניית רצף הטבעות.

**תחום השינויים של תנאי הסביבה שבהם יכול העץ להתקיים; השפעת צפיפות העצים ואורך**

**התקופות הקשות על רוחב הטבעות השנתיות**

כמו בכל צמח, גם אצל העצים קיים טווח סבילות לשינויים בתנאי הסביבה (זהרי, 1959). עצים שונים, במיוחד אם מוצאם באזורים טרופיים, מוגבלים בתפוצתם על-ידי טמפרטורות המינימום השוררות בחורף. אירוע חריג, כמו השלג שירד במישור החוף בשנת 1950, יכול להשמיר כלל צמחים מסוימים ממוצא טרופי. לעומת זאת, עצים אחרים יכולים להיות מוגבלים על-ידי טמפרטורות גבוהות ביום או בלילה כתוצאה מפגיעה בפעילות אנזימטית או בגלל נשימה גבוהה המכלה את חומרי התשמורת שלהם. ועצים רבים מוגבלים, כמובן, בקיומם על-ידי כמות המים העומדת לרשותם.

השינויים בתנאים המטאורולוגיים החלים בכל שנה (ובמיוחד באיזור היס-תיכוני או המדברי, שבהם ההבדלים בין שנה לשנה יכולים להיות גדולים מאוד), יכולים להיות



איור א-2: חתך רוחב בעצה של הערער האדום. נראות עשרות רבות של טבעות שנחלות צרות המשתנות ברוחבן בשנים שונות. נראות רק מעט טבעות מדומות. (האיור של השטח המצולם 7 מ"מ)

ניכרים ולהשפיע על צמיחת העצים. יש להבדיל בין עצים הגדלים בשולי תחום סבילותם האקולוגית - כגון עצים ים-תיכוניים הגדלים בשולי החבל הים-תיכוני או בגומחות שונות בחבלים המדבריים (ערער אדום בצפון סיני), לבין עצים הגדלים בלב האיזור המתאים לקיום המין. העצים הגדלים בלב האיזור המתאים להם - לדוגמה אלון מצוי הגדל בהר מירון - גדלים בתנאים מיטביים לצמיחה. אחד הגורמים החשובים המשפיעים על צמיחת העצים בתנאים מיטביים הוא צפיפות העצים. בתנאים מיטביים, גדלים העצים זה ליד זה. על צמיחה בעומד צפוף ניכרות השפעות אקולוגיות הנגרמות בשל תחרות על אור, מים ומינרלים, גורמים היכולים להשפיע על מידת הצמיחה הרבה יותר מאשר שינויים מטאורולוגיים. יתרה מזו, עצים הגדלים בצפיפות, חשופים יותר לפגעים כמו מחלות ושריפות (ראה Harper, 1977). עצים הגדלים בשולי איזור התפוצה שלהם

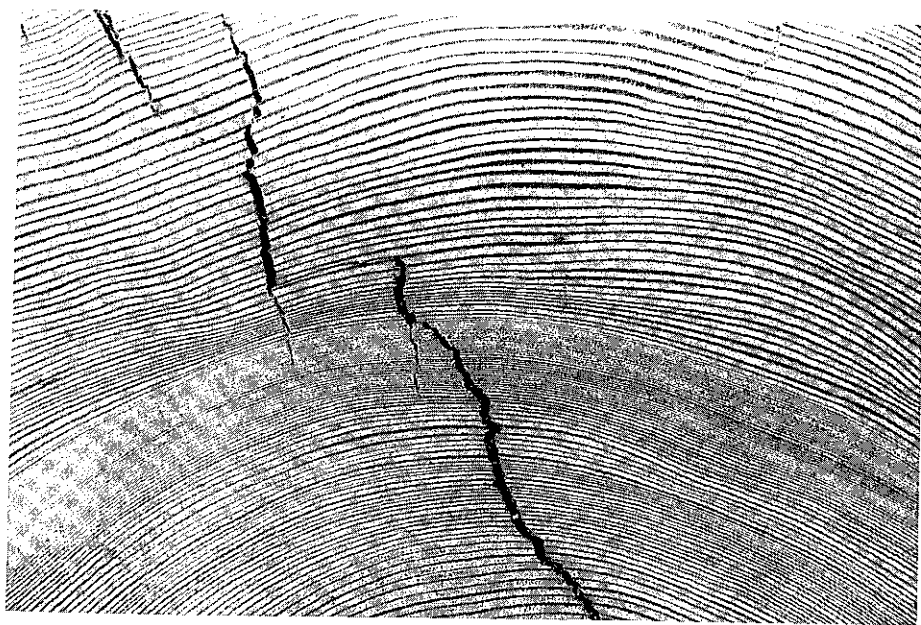
צפיפותם נמוכה בדרך-כלל, והם מושפעים בעיקר מהתנאים הפיזיקליים של הסביבה (קרי, שינויים מטאורולוגיים). מאחר שצמיחתם תשתנה בעיקר עקב שינויים אקלימיים, הרי שהם יתאימו במיוחד למחקר דנדרוכרונולוגי (Fritts, 1976). יתרה מזו, עצים הגדלים במקומות נידחים מאוד, יכולים לחמוק מפעילות האדם, שהיא הגורם הקיצוני ביותר בפגיעה בעצים בעולם (ראה Thirgood, 1981). ואכן, העצים הזקנים בעולם, המגיעים לגיל של קרוב ל-5000 שנה, גדלים באזורים יובשניים ונידחים, עצים אלה שיזכים למין אורן ממולען (*Pinus aristata*) (Ferguson, 1968). מאחר שהעצים הגדלים בשולי חוות סבילות האקולוגית חשופים פעמים רבות לתנאים קשים מבחינתם, קיימים שינויים ניכרים במידת צמיחת הרוחב שלהם משנה לשנה. לעומת זאת, צמיחת הרוחב של עצים הגדלים ביער צפוף ובתנאים אקלימיים נוחים, אחידה יחסית לצמיחת הרוחב של עצים הגדלים באזורי שוליים. לכן עצים הגדלים בתנאים נוחים מתאימים פחות למחקר דנדרוכרונולוגי. כמו כן, פעמים רבות יהיה רוחב טבעות העצים קשור למידת התחרות הקיימת ביניהם לבין שכניהם, ושינויים ברוחב הטבעות ישקפו בהרבה מקרים צמיחה או מוות של עצים שכנים ולא שינויים אקלימיים.

גורם נוסף שיש להביא בחשבון הוא אורך התקופות הקשות ועוצמת העקה. לכל עץ יש מלאי מסוים של חומרי תשמורת, הן בצורת חומר אורגני והן בצורת מינרלים. בעצים שונים קיים מלאי קטן של מים, אך הוא יכול לקזז שינויים קטנים בלבד (בדרך כלל של יומיים). בנוסף לכך יש אפשרות שמשאבים מסוימים, ובמיוחד מים, יהיו שמורים בקרקע ויעמדו לרשות העץ בשנות בצורת. כאשר נמשכת הבצורת זמן רב (או שנים קרות מאוד או חמות מאוד) והעץ ניצל את מלאי התשמורת שלו, קיימת סבירות הגדלה עם הזמן כי תחול תמותה גדולה של העצים ואז יכול להיפסק רצף הטבעות. גם במקרה זה נודעת חשיבות למידת הצפיפות שבה גדלים העצים, וזאת מאחר שבצפיפות גבוהה ייפגעו העצים מוקדם יותר.

באיזו מידה מתבטאים כל אותם שינויים שהוזכרו, ברוחב הטבעות השנתיות? ההדגמה תעשה בעזרת התגובה לכמות הגשם, וזאת מאחר שגשם הוא גורם חשוב מאוד בחלק זה של העולם, כאשר מדובר במידת הצמיחה של עצים.

הגשם יורד בארץ בעיקר בחודשי החורף והאביב, ולעתים בסופות ובכמות גדולה בבת-אחת. כאשר יורדת בבת-אחת כמות גדולה של גשם, מתחיל נגר עילי. כמות הנגר העילי תלויה בטיב הקרקע או המסלע, בכיסוי הצמחי, בשיפוע וכמובן, בכמות הגשם. מעשה, כאשר יש נגר עילי, העץ אינו מושפע מכמות הגשם שזרמה למרחק. מסיבה זו, כאשר משווים את רוחב הטבעות השנתיות לכמות הגשם, אין הכמות העודפת באה לידי ביטוי בצמיחת הרוחב, גם בבת-גידול שבהם כמות הגשם היא הגורם המשפיע העיקרי. כמובן שכאשר מדובר בצמחי מדבר החיים בערוצים או למרגלות משטחי סלע, המצב יכול להיות הפוך ומידת הצמיחה תהיה תלויה בכמות הנגר (וגם כאן עד לגבול מסוים); אלא שכמות הנגר המשפיעה על הצמיחה, אינה קשורה ככל מקרה לכמות הגשמים הכללית. מאידך, כאשר המים מצויים בשפע בשנה גשומה, יכול גורם אחר - כמו למשל טמפרטורה או אספקת מינרלים - להגביל את הצמיחה בעץ שהוגבל שנה קודם על-ידי כמות הגשם.

מסיבות אלה, ומסיבות אקולוגיות נוספות, שריעה זו תקצר מהכיל, אפשר לסכם, שהקשר בין רוחב הטבעות השנתיות לבין גורם סביבתי יחיד הוא מוגבל, ובדרך-כלל, השינויים ברוחב הטבעות השנתיות לא יהיו קשורים קשר לינארי בגורמי הסביבה, מעבר לתחום מוגבל. אכן, כאשר נבדק הקשר בין רוחב הטבעות בעצים הגדלים באזורנו לבין נתונים אקלימיים, התברר כי הקשר קיים אך הוא מוגבל.



**איור א-3:** חתך רוחב בקורה של ארז הלבנון מלפני כ-1500 שנה, שמקורה בגג מסגד אל-אקצה. במרכזה נראות טבעות צרות רבות, המעידות על תקופה לא נוחה לצמיחה, גודל הקורה השלמה כ-25x25 ס"מ והיא מכסה כרבע משטחו של הגזע

#### מחקר טבעות אורן ירושלים בירושלים

כאשר נבדק הקשר בין רוחב הטבעות בעצים זקנים של אורן ירושלים, הגדלים בירושלים, לבין כמות המשקעים, נמצא כי הגורם העיקרי הקובע את מידת צמיחת הרוחב הוא כמות משקעי האביב (לב ידון ועמיתיו, 1981). כאשר כמות המשקעים קטנה מאוד, צמיחת הרוחב מצומצמת. כאשר יורדים פחות מ-400 מילימטרים גשם בשנה הצמיחה מועטה כל-כך, שקשה לעץ ליצור עצה, ולכן לא יוכל להמשיך ולהתקיים היחס הישר בין ירידה נוספת בכמות המשקעים לבין הירידה בצמיחה. מאידך, גם כאשר כמות המשקעים עולה על כמות מסוימת, לא קיימת תוספת צמיחה ואי-אפשר לשחזר על-פי רוחב הטבעות, כמויות גשם שעלו על כמות מסוימת (ראה תמרי, 1976). מכאן, שטבעותיו השנתיות של אורן ירושלים יילמדו על שינויים בכמות המשקעים, בעיקר בתחום שבין 400 ל-900 מילימטרים בשנה, ואף זאת לא בצורה לינארית. ראה: איור א-1.

מהם השינויים האקלימיים אשר ניתן למצוא להם עדות בטבעות עצים מאזורנו?  
המחקר הדנדרוכרונולוגי בארץ החל למעשה רק בשנות השישים, אם כי נעשו נסיונות מצומצמים גם קודם לכן (Gindell, 1944). בשני מחקרים שונים נחקרו דגימות של אלה אטלנטית, לראשונה על-ידי פאהן ועמיתיו (Fahn et al. 1963) וכן על-ידי פליקס (1968). פאהן ועמיתיו חקרו אלות אטלנטיות בראש חורשה בהר הנגב ובנחל נפחא וכן דוגמה מאלג'יר. במחקר זה נמצא כי קיים דמיון מסוים בהשתנות רוחבי הטבעות בקבוצות שנים שונות בין הנגב לבין אלג'יר. בכך היה משום רמז ראשון, כי חלק מהמשתנים האקלימיים מאפיין חלקים גדולים של אגן הים התיכון וכי לא כל המשתנים הם מקומיים. נמצא גם כי קיים דמיון בין צמיחת הרוחב של האלות האטלנטיות לבין צמיחת הרוחב של חלק מאוכלוסיות שיחי זוגן השיח מאיזור סדום, שנבדקו באותו מחקר. ייתכן כי חלק מהבעיות שהתבררו בבדיקת טבעות שיחי זוגן השיח, נובעות מכך, שצמח זה יכול ליצור טבעות כפולות אשר לא תמיד ניתן להבדילן מהשנתיות (Waisel et al. 1970). פליקס (1968) חקר את טבעות האלה האטלנטית בעצים מהגולן. בשני המקרים נמצאו שינויים גדולים מאוד ברוחב הטבעות השנתיות. בעצים מהנגב ומאלג'יר התבטאו השינויים בין טבעות צרות ורחבות בערך ביחס של אחד ל-5-8 (בגיל גבוה - לא בשל השפעות של השנים הראשונות), ואילו בגולן היו השינויים גדולים יותר - עד פי 10. שינויים של בערך פי 10 ברוחב הטבעות, מצא פליקס גם במינים אחרים בגולן: אלון מצוי, אלון התולע, דולב מזרחי, אגס סורי וברוש מצוי (פליקס, 1968). מאחר ששינויים אלה נמצאו גם בשנים שבהן קיימות מדידות מטאורולוגיות, ברור כי לא חלו שינויים אקלימיים בסדר גודל דומה לזה שנמצא בטבעות השנתיות.

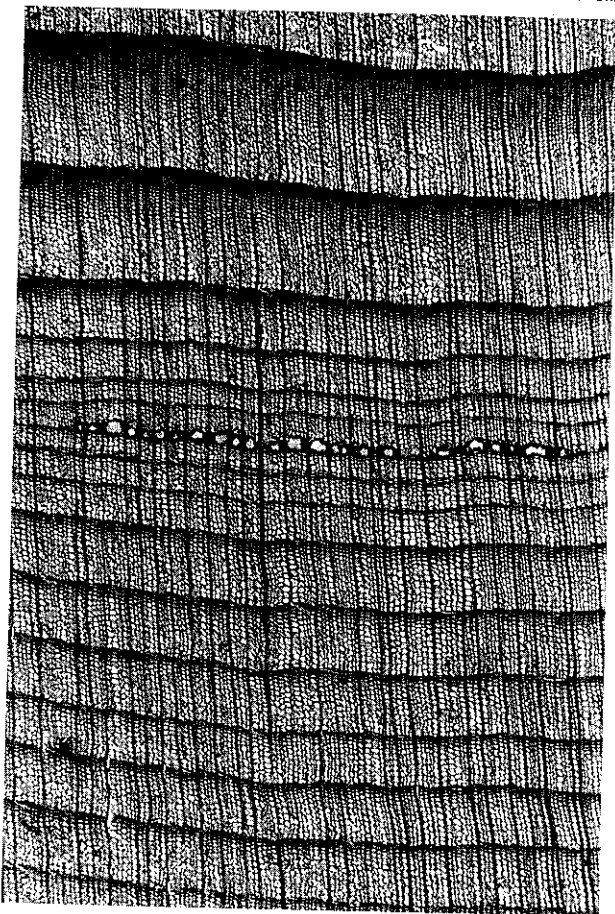
#### מחקר טבעות אלון תולע בהר מירון

במחקר שנערך בעצי אלון התולע בהר מירון (ליפשיץ וויזל, 1976), נמצא כי צמיחת הרוחב של אלון התולע בהר מירון משתנה בעיקר בהתאם לטמפרטורות האביב. עם זאת, נמצאו באותו המחקר דגמים אחדים של השתנות רוחבי הטבעות (באותו המין, באותו בית-גידול, באותו גיל ובאותן שנים). החוקרים מצלינים כי, כנראה, יש לשינויים גנטיים או לשינויים בגומחה השפעה על עונת הצמיחה ומכאן - על כמותה. גם בעצי אלון התולע מהר מירון השינויים ברוחבי הטבעות אינם מתאימים לעוצמת השינויים האקלימיים, אם כי, במקרה זה, טווח השינויים ברוחבי הטבעות קטן יותר - רק עד פי 2-3. נראה כי בבית-גידול זה - במירון - בעצים הגדלים בתנאים מיטביים ובעומד צפוף, עוצמת השינויים בצמיחת הרוחב אינה כה גדולה כמו בעומדים שאינם צפופים.

#### מחקר טבעות ערער אדום בצפון סיני

כאשר נחקרו עצי ערער אדום מצפון סיני (ויזל וליפשיץ, 1968; ליפשיץ וויזל, 1969; תמרי, 1976; ליפשיץ ועמיתה, 1986; 1984; Lipschitz et al.), נמצאו הבדלים גדולים מאוד ברוחבי הטבעות (איור א-2). שינויים אלה מלמדים, כנראה, על שינויים אקלימיים, אם כי ההנחה הראשונית - דהיינו, טווח השינויים ברוחב הטבעות משקף

לשירות את טווח השינויים בכמות המשקעים (ראה ויזל ולפשיץ, 1968; ליפשיץ וויזל, 1969) - שונתה כאשר עמדו לרשות החוקרים אמצעים סטטיסטיים טובים יותר מאלה שהיו קיימים בשנות השישים (ליפשיץ ועמיתיה, 1986). גם בעצי הערער האדום, הגיעו השינויים ברוחב הטבעות לסדר גודל של פי 10, וכמו בעצי אלון התולע מהמירוץ נמצאו קבוצות של עצים שהתנהגו בצורה שונה מאשר רוב העצים (ויזל ולפשיץ, 1968; ליפשיץ ועמיתיה, 1986). במחקר שנערך בעצים זקנים של אורן ירושלים, אשר גדלו בירושלים העתיקה, נמצא כי השינויים ברוחב הטבעות הגיעו עד פי 10, וגם במקרה זה הם חרגו מסדר הגודל של השינויים האקלימיים, אם כי נמצא מתאם טוב בין מגמת השינויים של רוחבי הטבעות למגמת השינויים בכמות גשמי האביב (לב ירון ועמיתיו, 1981).



איור א-4: חתך רוחב בעצה המשנית של ארז הלבנון. נראות טבעות שנתיות ברורות רבות. במרכז התמונה נראים כבירור ביבלי שרף שנוצרו בעקבות פגיעה בעץ (אורך השטח המצולם - 17 מ"מ)



## מחקר סבעות עצי הארז בלבנון

שינויים בסדר גודל דומה - פי 10 - נמצאו גם בטבעות של קורות ארז הלבנון בנוסח כ-1500 שנה, שמקורן בגג מסגד אל-אקצה בהר הבית (לב ידון ועמיתיו, 1984) ראה: אירום א-3 ו-א-4. כפי הנראה, התחולל שינוי אקלימי מסוים בזמן צמיחתם של העצים בתקופה הביזנטית, אם כי ברור שלא היה זה שינוי אשר גרם לכמות המשקעים באיזור גידולו של ארז הלבנון (1000 מילימטרים משקעים בקירוב) שתגיע לכ-150 מילימטרים בשנה. לפי העוצמה של השינויים ברוחבי הטבעות מהזמן בו קיימים נתונים מדויקים, נראה כי אותו שינוי אקלימי בתקופה הביזנטית, אשר ארך כמה עשרות שנים, היה קטן, ואם אכן מדובר בבצורות, לא ירדו פחות מ-60% משקעים מהמוצע הרב-שנתי. אילו היו הבצורות קשות יותר, היו עצי ארז הלבנון מתים מלובש. אם אותו שינוי נובע משינויים בטמפרטורה, היה השינוי, כנראה, חשוב פחות באיזור הדרומי ללבנון - בארץ ישראל.

כאשר סוכם נתוני רוב המחקרים שנערכו באיזור (Lipshchitz et al. 1984), נמצא כי חלק מהשינויים ברוחבי הטבעות היה דומה בכל מזרח הים התיכון - החל באירן ותורכיה וכלה בסיני. ממצא זה תואם את מסקנתם של פאהן ועמיתיו (Fahn et al. 1963), אשר מצאו כי קיים דמיון בין העקומות של רצפי טבעותיהם של עצי האלה האטלנטית מראש חרשה ומאלג'יר.

## סיכום הממצא, והמידע שניתן ללמוד מסבעות העצים הגדלים באזורנו

מהמחקרים הנדרווכרונולוגיים המועטים שנערכו באיזור, ניתן כבר היום ללמוד דברים אחדים.

א. גיל העצים והשיחים באיזור אינו מגיע אף לאלף שנה. כפי הנראה, זוהי התוצאה של פעילות האדם, אשר פגע בצומח הטבעי במידה גדולה.

ב. בחלק ממיני העצים והשיחים הגדלים בארץ, ניתן למצוא קשר בין רוחב הטבעות השנתיות למשתנים אקלימיים.

ג. ברור כי אין קשר לינארי קבוע בין רוחב הטבעות השנתיות לכמות המשקעים היורדת בבית-הגידול של העץ. הקשר הלינארי, כאשר הוא קיים, נכון רק לטווח מצומצם של שינויים מטאורולוגיים. בדרך-כלל, שינויים של כמה עשרות אחוזים בכמות המשקעים ושינויים קטנים למדי בטמפרטורה, הם שמביאים לשינויים של מאות אחוזים ברוחב הטבעות השנתיות.

ד. כאשר ידועה מידת הקשר בין צמיחת הרוחב למשתנים האקלימיים, ניתן לשחזר באופן כללי את השינויים שחלו באותם משתנים, בתקופות שבהן לא נערכו מדידות אקלימיות אך קיימת עדות מטבעות עצים.

ה. בבתי-גידול רבים באזורנו, ניתן למצוא קבוצות אחדות של רצפים של רוחבי טבעות. כפי הנראה, מאפיינות אותן קבוצות גומחות שונות או גנוטיפים שונים.

ו. ברור כי באלפיים השנים האחרונות - מהן יש באזורנו עדויות (אם כי מקוטעות) בנוגע לרצפים של טבעות עצים - חלו שינויים אקלימיים קטנים. שינויים אלה ארכו

משנים אחדות ועד עשרות שנים. השינויים חלו הן במגמה של הרעת תנאי הצמיחה והן במגמה של שיפור תנאי הצמיחה. חלק מהשינויים הללו הקיף את כל האגן המזרחי של הים התיכון וחלק מהם היה מקומי.

ז. כאשר משווים את שינויי האקלים, כפי שהם מתבטאים בטבעות העצים באזורנו, לממצא המתקבל. משטחי מחקר אחרים - כגון זיהוי שרידי עץ מחפירות ארכיאולוגיות ופלינוולוגיה (ליפשיץ וויזל, 1974, 1977; Horowitz, 1978; ויזל ועמיתיו, 1984; ברוך, 1985; ליפשיץ ועמיתה, 1985) - מסתבר, שלא חלו שינויים גדולים באקלים ב-2000 השנים האחרונות, והשינויים בתפוצת הצומח הטבעי היו מעשה ידי אדם.

### מקורות והערות

- ברוך, א. 1985. שינויי צומח באיזור הכנרת ב-5500 השנה האחרונות על סמך העדות הפלינוולוגית. רתם, 16:14-26. 68.
- ויזל, י. ונ. ליפשיץ, 1968. מחקרים דנדרוכרונולוגיים בישראל II. ערער אדום של צפון ומרכז סיני. ליערן, 18:2-22, 63-67.
- ויזל, י. וע. אלון, 1970. עצי בר בישראל. רשות שמורות הטבע והקן הקיימת לישראל.
- ויזל, י., נ. ליפשיץ וש. לב-ידון, 1984. צומח ארץ ישראל בעבר הקרוב. החי והצומח של ארץ ישראל, כרך 8:43-46. משרד הביטחון, ההוצאה לאור והחברה להגנת הטבע.
- ויץ, י. 1970. היער והיעור בישראל. מסדה.
- זהרי, מ. 1959. גיאובוטאניקה. מהדורה שניה. ספרית פועלים.
- לב ידון, ש., נ. ליפשיץ וי. ויזל, 1981. מחקרים דנדרוכרונולוגיים בישראל אורן ירושלים - זקן עצי האורן בישראל. ליערן, 31:1-8, 49-52.
- לב ידון, ש., נ. ליפשיץ וי. ויזל, 1984. כרונולוגיית טבעות של קורות עצי ארז הלבנון מגג מסגד אל-אקצה. ארץ ישראל, כרך 17:92-96.
- ליפשיץ, נ. וי. ויזל, 1976. מחקרים דנדרוכרונולוגיים בישראל: 1. אלון התולע של איזור הר מירון. ליערן, 17:78-91, 111-115.
- ליפשיץ, נ. וי. ויזל, 1969. מחקרים דנדרוכרונולוגיים בצפון סיני. האיגוד לקידום המדע בישראל. הכנס המדעי המאוחד ה-8. ירושלים, פסח תשכ"ט - 1969. עמוד 91.
- ליפשיץ, נ. וי. ויזל, 1970. השפעת מתחי מים על צמיחת הרוחב של צפצפת הפרת. ליערן, 20:53-61, 80-84.
- ליפשיץ, נ. וי. ויזל, 1974. השפעת האדם על הרכב הצומח בארץ ישראל בתקופות היסטוריות (שלשת אלפי השנים האחרונות). ליערן, 24:9-15, 27-30.
- ליפשיץ, נ. וי. ויזל, 1977. האם האקלים משתנה? עמודים 216-231, ב-אקולוגיה: אדם וסביבתו. ערכו ויזל י. ול. פישלזון. הוצאת המדור לאקולוגיה בע"מ.

ליפשיץ, נ., ש. לב-ידון ור. גופנא, 1985. שלטון האלון המצוי באיזור מישור החוף המרכזי בישראל בעת העתיקה על-פי עדויות דנדרוארכיאולוגיות. רחם, 48-40:17, 87-86.

ליפשיץ, נ., ש. לב ידון וי. ויזל, 1986. תנודות אקלימיות ואקולוגיה של הצומח בסיני - מחקרים דנדרוכרונולוגיים. סיני. המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת תל-אביב (בדפוס).

פאהן, א. 1962. אנטומיה של הצמח. הוצאת הקיבוץ המאוחד.  
פליקס, י. 1968. עץ ויער בגולן. טבע וארץ י(ג):178-168.  
תמרי, א. 1976. תנודות באקלים באגן המזרחי של הים התיכון, על-פי מחקרים דנדרוכרונולוגיים. עבודת דוקטור. אוניברסיטת תל אביב.

Baillie, M.G.L. 1982. Tree-ring dating and archaeology. Univ. of Chicago Press, Chicago.

Creber, G.T. & W.G. Chaloner, 1984. Influence of environmental factors on the wood structure of living and fossil trees. Bot. Rev 50:357-448.

Douglass, A.E. 1919. Climatic cycles and tree-growth. Carnegie Institution of Washington, Washington.

Fahn, A., N. Wachs & C. Ginzburg, 1963. Dendrochronological studies in the Negev. I.E.J. 13:291-299.

Ferguson, C.W. 1968. Bristlecone pine: science and esthetics. Science, 159:839-846.

Fritts, H.C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, Lonson.

Gindel, I. 1944. Aleppon pine as a medium for tree ring analysis. Tree-Ring Bull. 11:6-8.

Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.

Horowitz, A. 1978. Human settlement pattern in Israel. A discussion of the impact of environment. Expedition, :55-58.

Huber, B. & C. Rouschal, 1954. Mikrophotographischer atlas Mediterraner holzer. Fritz Haller Verlag, Berlin.

Kaplan, Y. 1984. The ecosystem of the Yahudia nature reserve with emphasis on dynamic of germination and development of *Quercus ithaburensis* Decne. Ph.D .Thesis, Univ. of Waheningen.

Kozlowski, T.T. 1971. Growth and development of trees. Vol. I & II. Academic Press, New-York.

Lipshitz, N., S. Lev-Yadun & Y. Waisel, 1981. The annual rhythm of activity of the lateral meristems (cambium and phellogen in *Cupressus sempervirens* L. Ann. Bot. 47:485-496.

- Stokes, M.A. & T.L. Smiley, 1968. An introduction to tree-ring dating. Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Thirgood, J.V. 1981. Man and the Mediterranean forest. A history of resource depletion. Academic Press, London.
- Waisel, Y., N. Lipshitz & A. Fahn, 1970. Cambial activity in *Zygophyllum dumosum* Boiss. Ann. bot. 34:409-414.