

## משקל הזהב במשכן

במאמר זה נידונת חלוקת משקל זהב התנופה אשר תרמו למשכן לכל הפריטים אשר נעשו מזהב. חקירה זאת מחייבת מציאת הרבה נעלמים המאפיינים את הפריטים מתוך נתון אחד: משקל הכולל של הזהב. בכל זאת נראה שנתן לפתור את הבעיה ע"י הנחות סבירות ומופתים אשר מתגלים בדרך לפתרון.

כתוב בפרשת פקודי (שמות ל"ח כ"ד) "כל הזהב העשוי למלאכה בכל מלאכת הקדש ויהי זהב התנופה תשע ועשרים ככר ושבע מאות ושלישים שקל בשקל הקדש". מזהב זה נעשו: כפורת עם כרובים, ציפוי הארון, טבעותיו וציפוי בדיו, ציפוי מזבח הזהב, טבעותיו וציפוי בדיו, ציפוי השולחן, טבעותיו וציפוי בדיו, סניפים אשר מחזיקים את לחם הפנים, קערותיו וכפתיו, מנורה וכליה, ציפוי קרשי המשכן, עמודי הפרוכת ועמודי מסך הפתח, טבעות ועם ציפוי בריחים, טבעות עליונות, קרסים, ווי העמודים וזהב בבגדי אהרן. באחרון יש כמה פריטים: זהב אשר בחוטים של אפוד ושל חושן, משבצות, שרשרות, טבעות, ציץ ופעמונים.

לפני שמתחילים לדון במשקל כל פריט ופריט יש לברר מהו שקל של תורה ומהו גודל של אמה. דבר זה נדון באריכות במאמר [אמה ושקל התורה](#). מסקנה שלנו היא שאמת התורה היא 48 ס"מ בדיוק ומשקל השקל 17.28 גר', כך שרביעית מים שוקלת חמשה שקלים. בנוסף הסתמכנו על משקל סגולי של זהב מוקשה (hammered gold) טהור 19.3 ג/סמ"ק (ולא 19.32 כמו שכתוב בהרבה מקומות- ראה דיון במאמר על [צורת המנורה](#) סוף פרק 2). נזכיר שככר שוה 3000 שקל. לכן מדובר בכמות הזהב 29 כפול 3000 ועוד 730 שקל.

### תוכן העניינים:

1. הכפורת
2. הארון
3. הכרובים
4. משקל הלוחות
5. משקל העץ של הארון
6. משקל המן שבכפורת
7. סיכום משקל הארון
8. מזבח הקטורת
9. שולחן
10. לחם הפנים
11. מנקיות וקשות
12. קערות וכפות
13. איך נשאו את השולחן?
14. מנורה
15. זהב המשכן
- (א) ציפוי קרשים
- (ב) טבעות עליונות
- (ג) טבעות וציפוי בריחים

- (ד) קרסים  
 (ה) ווים  
 16. זהב בבגדי כהן גדול  
 (א) משקל הזהב באפוד ובחושן  
 (ב) פעמונים  
 (ג) משבצות  
 (ד) ציץ  
 (ה) טבעות ושרשרת  
 (ו) סיכום משקל זהב בבגד הכהן הגדול  
 17. סיכום כל ההנחות  
 18. מסקנות העולות מן המאמר  
 19. נספח: משקל הפרוכת

## 1. הכפורת

הפריט הראשון הוא הכפורת. מידות שלה 2.5 על 1.5 אמות או 120 על 72 ס"מ. עובי שלה כפי שכתוב בסוכה ה' ע"א הוא טפח- 8 ס"מ. אם ממלאים את כולה זהב מקבלים משקל

$$(1) \quad 120 \times 72 \times 8 \times 19.3 / 17.28 = 77200$$

שקל או 25 ככר ו- 2200 שקל. אחרי זה כמעט ולא נשאר זהב ליתר הפריטים. בעיה דומה קיימת לגבי אדני הכסף. נפח שלהם 135 טפחים מעוקבים, בדיוק כמו נפח בכפורת ושם משקל מפורש בתורה – ככר אחד. החישוב לפי משקל סגולי של כסף 10.5 נותן בדיוק 14 ככר. במאמר [אמה ושקל התורה](#) בפרק 24 יש דיון ארוך על כך. פתרון שלנו הוא שיציקת האדנים היתה חלולה כאשר מן מלאה את החללים וכסף השלים אותם. מתוך כך גם קיבלנו את צורת המן: תחום משותף בין תיבה של 4 על 4 על 3 מ"מ וכדור בקוטר 5 מ"מ אשר מרכזו במרכז התיבה- ראה [צורת המן](#). הנפח הפנוי מגרגיר המן בתוך התיבה 4 על 4 על 3 מ"מ מהווה 7.279% מנפח התיבה. גם לגבי כפורת ישנה מסורת שמשקלה היה ככר (כך כתב אבן עזרא בשמות ל"ח כ"ד). אולי גם כפורת היתה תערובת של מן וזהב? אבל אם זאת אותה תערובת אז משקל זהב שבה יהיה יותר גדול פי 19.3/10.5 משל כסף באדן.

והנה פתרון אשר מקשר את זהב הכפורת למן אבל באופן אחר. מן היה יורד עומר לגלגת שכבה דקה של 3 מ"מ כעובי גרגירי המן. עומר כידוע עשירית האיפה שהיא שלשה סאין כאשר סאה אחת היא 1/40 ממקווה של אמה על אמה ברום ג' אמות. מתוך זה מקבלים נפח העומר (לפי אמת 48 ס"מ של רח"נ)

$$(2) \quad 3 / 10 \times 48 \times 48 \times 48 \times 3 / 40 = 2488.32$$

סמ"ק. נפח זה שווה ל- 43.2 ביצים של 57.6 סמ"ק. אם נקח שכבה כזאת של מן אבל בשטח הכפורת של 120 על 72 ס"מ אז נקבל נפח 2592 סמ"ק והוא 45 ביצים. נפח זה פי 25/24 גדול מעומר והוא כאילו עומר בתוספת חלה 1/24. מילה "מן" מרמזת על כך: מ-נ'. משמים נתנו לכל אחד 50 ביצים. מזה

בדרך הפרישו מעשר 5, נשאר 45. ממנו הפרישו חלה 1/24 מלגיו או 1/25 מלבר וקבלו עומר 43.2. לכן נעשה זהב של כפורת בתור שכבה בעובי 3 מ"מ ושטח הכפורת. משקל שלה

$$(3) \quad 2592 \times 19.3 / 17.28 = 2895$$

שקל. חסר לנו 105 שקל עד השלמה לכיכר. נפח שלו בזהב שוה 94.01 סמ"ק. כתבנו לעיל שחללים בין גרגירי המן היו מהווים 0.07279 מנפח תיבות המן. אם נכפיל נפח השכבה 2592 סמ"ק במספר הזה נקבל 188.67 סמ"ק. חצי ממנו 94.33 סמ"ק כמעט שוה לנפח החסר 94 סמ"ק.

לכן הצעה שלנו היא: נשלים את שכבת הזהב 3 מ"מ במן עד עובי טפח 8 ס"מ. (**הערה 1**: למרות ש- 80 מ"מ לא מתחלק ב- 3 מ"מ, נתן לחלק אותו לארבע שכבות של 3 מ"מ ואחר כך 17 שכבות של 4 מ"מ. שכבות של 4 מ"מ מתחלקות לגרגירי מן שעומדים על הצד 4 על 3 מ"מ והן נכנסות באופן שלם למלבן של 120 על 72 ס"מ). ונוסיף זהב עד ככר אשר ימלא חצי עליון של חללים בשכבה עליונה של המן. פתרון זה מוצג בשרטוט הכפורת ובשרטוט מוגדל.

באופן מעשי נתן לעשות את הדבר כך: עושים תבנית ברזל 120 על 72 ס"מ בעומק 8 ס"מ. מתיכים ככר זהב בשכבה אחידה בתחתית התבנית. על זה שמים 20 שכבות המן בשטח התבנית כמו שתיארנו. לוחצים מלמעלה עד שזהב נכנס לחצי עובי של שכבה תחתונה (שהיא בסוף שכבה עליונה). נציין שבמקום חצי עובי המן, חלל שבין הגרגירים הוא קטן ביותר (ראה שוב צורת המן) ולכן כניסת הזהב שם כאילו נעצרת. (**הערה 2**: אנחנו מניחים שמן עד שנמס בזמן קבוע לפני צהרים או עד שנכנס לפה היה קשה כמו אבן בדולח ולא היה משנה את נפחו. הבאנו על כך ראיות במאמר אמה ושקל התורה בפרק 24). אחרי ש"עוגה" של המן עם זהב התקררה, הופכים אותה ומקבלים פלטה במידות הכפורת כאשר רק שכבה עליונה שלה בעובי 3 מ"מ (ועוד 1.5 מ"מ כניסה חלקית של זהב לשכבה שניה) עשויה זהב (אנחנו נסביר בהמשך בפרק 3 איך עושים את הפלטה יחד עם הכרובים). לכן מובן מדוע תורה לא מפרטת את עובי הכפורת. למעשה פני הכפורת לא היו נראים כלל כי זהב של ארון חיצוני היה עולה טפח כנגד כל עובי הכפורת. והזאת הדם ביום כיפור היתה לא נגד הכפורת אלא נגד שכבת זהב של ארון החיצוני שכיסה אותה.

## 2. הארון

עכשיו נדון במידות הארון וציפוי. כתוב בתורה (שמות כ"ה י"א) "ועשו ארון עצי שטים אמתים וחצי ארכו ואמה וחצי רחבו ואמה וחצי קמתו. וצפית אתו זהב טהור מבית ומחוץ תצפנו ועשית עליו זר זהב סביב". נחלקו במידות הארון רבי מאיר ורבי יהודה (ב"ב י"ד ע"א). לפי רבי מאיר באמה של ששה טפחים ולפי רבי יהודה באמה של חמשה טפחים. כדי שלא יחלקו במציאות אפשר לומר שאמה של רבי יהודה היא אמת חזו"א של 57.6 ושל רבי מאיר אמה של רח"נ של 48 ס"מ. אבל יש ביניהם מחלוקת לגבע עובי דפנות. אנחנו ננקוט את שיטת רבי מאיר, לפיה עובי דפנות היה שתי אצבעות. בנוסף כתוב ביומא (ע"ב ע"ב) "אמר רחבה אמר רב יהודה: שלש ארונות עשה בצלאל, אמצעי של עץ תשעה, פנימי של זהב שמונה, חיצון עשרה ומשהו. - והתניא אחד עשר ומשהו! - לא קשיא: הא - כמאן דאמר יש בעביו טפח, הא כמאן דאמר אין בעביו טפח. ומאי משהו - זיר". אנו ננקוט כדעה ראשונה שגובה הארון עם כפורת היה עשרה טפחים ולא היתה לו תחתית זהב בעובי טפח.

מתוך מידות של ארונות זהב אנו לומדים שעומק חלל של ארון עץ היה 8 טפחים והיתה לו תחתית בעובי טפח- ראה [שרטוט הארון](#). מאחר ועובי דפנות העץ חצי טפח, מידות של ארון זהב פנימי 14 על 8 על 8 טפחים, מידות ארון זהב חיצוני 9 על 15 על 10 טפחים. על שפת ארון חיצוני היה זר משהו מעל הכפורת. בנוסף שפת ארון הפנימי כיסתה את עובי עליון של דפנות ארון עץ. על כן שטח ארון הפנימי עם שפה 9 כפול 15 ועוד 8 כפול הקיף  $2x(14+8)$ , סה"כ 487 טפחים ריבועים. שטח ארון חיצוני 9 כפול 15 ועוד 10 כפול  $2x(15+9)$ , סה"כ 615. ביחד 1102 טפחים. עובי הציפוי לא התפרש. מעניין שחז"ל לא מפרשים ציפוי הארון כפשוטו בכל מקום אלא בתור שני ארונות זהב נפרדים. וזה כדי להדגיש שארון זהב חיצוני עולה עוד טפח לכסות את עובי הכפורת. לפי [שרטוט הארון](#).

עובי הציפוי כאמור לא התפרש בשום מקום. ברצוני להביא מופת אשר מלמד על עובי הציפוי. נניח שבמקום תוספת זהב 94 ס"מ"ק אשר נכנסה אל תוך חצי שכבה עליונה של מן, היינו מצפים את שפת הכפורת בזהב זה. מה היה עובי הציפוי? שטח שפת הכפורת שווה טפח כפול  $2x(15+9)$  טפחים. עובי הציפוי היה  $94/48/8/8=0.0306$  ס"מ או כמעט מדויק 0.3 מ"מ. זהו עשירית עובי המן (כנגד המעשר שהורידו מן המשימים?). מעניין שנפח ציפוי בעובי 0.3 מ"מ שווה 92.16 ס"מ"ק, בדיוק 4 זיתים של 23.04 ס"מ"ק. (הערה 3: ראה במאמר [אמה ושקל התורה](#) הערה 63 על נפח הזית). לכן נעשה עובי ציפוי הארון בכל מקום 0.3 מ"מ, כך שכיסוי של שפת הכפורת ע"י ארון זהב חיצוני יחשב כהשלמה של ככר זהב משקל הכפורת. לכן הזאת הדם ביום כיפור כנגד טפח עליון של ארון הזהב החיצוני, תחשב כהזאת הדם כנגד שפת הכפורת.

מה היה משקל ציפוי הארון? 1102 טפחים ריבועים או 70528 ס"מ"ר כפול עובי 0.03 ס"מ נותנים 2115.84 ס"מ"ק. מספר זה צריך להכפיל ב- 19.3/17.28. מקבלים 2363.1778 שקל.

למשקל זה יש להוסיף משקל ציפו הבדים ומשקל הטבעות. קוטר הבדים צריך להיות מספר שלם של אצבעות: 2, 3 או 4. אנחנו בחרנו ב- 3 אצבעות או 6 ס"מ כי זהו עובי נוח כדי לתפוס ביד וגם מספיק חזק. אורך הבדים 10 אמות כמו אורך קדש הקדשים. נעשה ציפוי הבדים כמו ציפוי הארון 0.3 מ"מ. אז נפח ציפוי שני הבדים שווה  $542.867=2\cdot6\pi\cdot10\cdot48\cdot0.03$  ס"מ"ק 606.327 שקל. סכום שני מספרים אחרונים 2969.505 מתקרב לככר.

נעשה טבעות בקוטר 6 ס"מ כקוטר של בדים. חתך של טבעת הוא עיגול. נעשה רדיוס עיגול 3 מ"מ כעובי המן. לטבעת היה פין אשר נכנס אל תוך עובי דופן הארון שתי אצבעות או 4 ס"מ. כתוב (שמות כ"ה י"ב-י"ג) "ויצקת לו ארבע טבעות זהב ונתתה על ארבע פעמתיו. וְשתי טבעת על צלעו האחת ושתי טבעות על צלעו השנית". יש כאן כפל לשון מוזר אשר התקשו בו מפרשים. פעמותיו- היינו זויות. אבל פין לא יכול להיכנס לזוית אלא רק באלכסון. לכן אורך הפין היה לא 4 ס"מ אלא באורך אלכסון 4 כפול שורש 2. אם מישור הטבעת המשיך את כיון אלכסוני של הפין אז בדים לא יכלו להיכנס אל תוך הטבעת. לכן י"ל שטבעות היו יוצרות זוית של 135 מעלות עם הפין והן היו ניצבות לצלעות הארון הצפונית והדרומית. לכן בא ריבוי זה שיש חכמה בכיון הטבעות. אולי ו' המיותר מרמז על צורה עקומה של הטבעת ביחס לפין שלה. נפח הטבעות הוא נפח של טורוס באורך של הקף אמצעי של טבעת כפול שטח חתך. לזה יש להוסיף נפח של פין. מקבלים נפח

$$(4) \quad \pi \cdot 6 \cdot \pi \cdot 0.3^2 + 4\sqrt{2} \cdot \pi \cdot 0.3^2 = 6.929$$

סמ"ק כפול 4 -27.716 סמ"ק כפול 19.3/17.28 שוה 30.956 שקלים. ביחד עם 2969.505 זהו 3000.46 שקלים. אבל למעשה ציפוי 0.3 מ"מ של בדים הוא לא נוסף על קוטר 6 ס"מ אלא בתוך הקוטר 6. לכן משקל הציפוי קצת קטן יותר. הנוסחה המדויקת

$$(5) \quad 2 \cdot 10 \cdot 48 \cdot (3^2 - 2.97^2) \cdot \pi = 540.153$$

סמ"ק ומשקל 603.295 שקל. לכן סכום כל המשקלות עד כאן קטן ב- 3.031 שקל ונעשה 2997.429 שקל. אבל שכחנו להוסיף את משקל הזר של הארון. לא נתפרש גובה הזר. הוא עשוי בצורת משולשים. עובי שלו כמו עובי ציפוי 0.3 מ"מ. נניח שגובה הזר 4 מ"מ כרוחב גרגיר המן- זה מידה שעדיין לא השתמשנו בה. אז נפח הזר שוה הקף שפת הארון כפול גובה הזר חלקי 2. מקבלים

$$(6) \quad 384 \cdot 0.03 \cdot 0.4 / 2 = 2.304$$

סמ"ק או 2.5733 שקל. ביחד עם מספר הקודם 2997.429 מקבלים 3000.002 שקל (למעשה עם ספרות נוספות 3000.0029). יש כאן דיוק בלתי סביר גם בהתחשב בכך שהיתה לנו בחירה בגובה זר, נניח בין 3 מ"מ ו- 4 מ"מ. נתן היה לכוון עד כדי חצי שקל. דיוק שקבלנו הוא מופת הסתברות 1/100. **זכינו לדעת שמשקל הציפוי הארון וחלקיו הוא בדיוק ככר כמשקל הכפורת.**

נציין שנפח של טפח עליון של ארון הזהב החיצוני שהיה 92.16 סמ"ק בתוספת נפח הזר 2.304 נותן 94.464 סמ"ק לעומת נפח 94.33 סמ"ק של זהב אשר נבלע בחצי עליון של שכבת המן. כאילו תוספת גובה של ארון הזהב החיצוני באה להשלים את משקל הזהב בכפרות לככר במקום זהב אשר נבלע בתוך המן.

אבל יש כאן קושיה גדולה. איך בדים בקוטר חיצוני 6 ס"מ נכנסו אל תוך הטבעת בקוטר אמצעי 6 ס"מ כאשר קוטר פנימי שלה היה 0.6-5.4 ס"מ? ויש כאן סוד שעליו דברה הגמרא ביומא ע"ב ע"א. כתוב שם "רבי יוסי ברבי חנינא רמי: כתיב בטבעת הארון יהיו הבדים לא יסרו ממנו וכתוב והובא את בדיו בטבעת. הא כיצד? מתפרקין ואין נשמטין". ופרש"י שם "בראשיהם היו עבים והכניס ראשן אחד בדוחק בטבעת ובאמצען היו דקין הלכך לא היו נדחקין בטבעות אלא מתפרקין והולכין לכאן ולכאן אבל אינן נשמטין לצאת מהן לפי שהן עבים בראשיהן". אם הבדים היו עבים בראשיהן כיצד עברו דרך הטבעת? היה כאן נס! ואפשר לתרץ שהנס נעשה באופן טבעי. כידוע עץ כאשר מתייבש, מצטמק. ואם מוסיפים לו מים חוזר לקדמותו. באופן כזה בזמנים קדומים היו מנתקים אבנים מסלע האם. בתחילה עשו בדים מעץ ארז רגיל בקוטר 6 ס"מ (כולל ציפוי זהב) ואחר כך יבשו אותם עד שקוטר שלהם נעשה 5.6 ס"מ. זהב כמובן לא מתייבש אבל עודף זהב נכפל על גבי הבד. ואז מכניסים את הבדים דרך הטבעות. ואחר זה מוסיפים מים בקצוות הבדים והם חוזרים לקדמותם.

נציין שלא כללנו בציפוי הבדים את ציפוי הקצוות- ארבע עיגולים בקוטר 6 ס"מ ועובי 0.3 מ"מ. יש להם משקל לא מבוטל של 3.79 שקל. מדוע? (א) קצוות אלו לא נראו במשכן כי היו צמודים מצד אחד לפרוכת ומצד שני לכותל מערבי של ק"ק. (ב) כדי שיהיה אפשר לייבש את הבדים ואחר כך להוסיף מים דרך קצוות אלו.

מהגמרא יומא שהבאנו משמע שלא נתן היה להסיר את הבדים מן הארון. אבל בגמרא מכות (כ"ב ע"א) מקשה "וליושב נמי וכו' והמסיר בדי ארון"- משמע שנתן היה להסיר אותם (וזה תוך חרישת

תלם אחד!). ואולי לפני כן ייבשו את קצות הבדים והם הצטמצמו. ועוד נתן לתרץ שבבית המקדש הבדים נעשו ארוכים יותר שנאמר "ויארכו הבדים ויראו ראשי הבדים על פני הדביר ולא יראו החוצה". וכדי לשמר את נפח הבדים, הם נעשו דקים יותר.

נעשה חשבון בכמה האריכו הבדים אם קוטר שלהם במקום 6 ס"מ נעשה 5.4 ס"מ כמו קוטר פנימי של הטבעות. מאחר ויחס שטח חתך הבדים הוא  $(6/5.4)^2=1.23456$ .. אז אורך הבדים במקום 480 ס"מ נעשה 592.59 ס"מ. נזכיר שאמת המקדש היתה אמת הארץ של 51 ס"מ. אם הארון עמד בדיוק במרכז אז המרחק בין מרכזו לגבול מזרחי של ק"ק הוא 10 אמות של 51 ס"מ או 510 ס"מ. חצי רוחב הארון  $36=72/2$  ס"מ. אם קצה מערבי של הבד הגיע אל הגבול המערבי של הארון ועדיין לא יצא מטבעת המערבית, אז קצה מזרחי של הבד הגיע  $592.59-510-36=46.59$  ס"מ מזרחה מגבול מזרחי של ק"ק. לפי רמב"ם ארון היה במערבו של קדש הקדשים. נתן לפרש את רמב"ם שארון עמד מאמצע ק"ק ומערבה. לכן גבול מערבי של הארון זו עוד 36 ס"מ מערבה. נשאר בעודף ארוך הבדים  $46.59-36=10.59$  ס"מ. עובי הפרוכת טפח 8 ס"מ. על כן הבדים יכלו לבלוט אל מחוץ של תחום הפרוכת עוד 2.59 ס"מ.

### 3. הכרובים

כרובים- כתב רש"י (שמות כ"ה י"ח) דמות פרצוף תינוק להם, אחד זכר (בצפון) ואחת נקבה. גובה כנפי הכרובים מעל ארון עשרה טפחים או 80 ס"מ. בסוכה (ה' ע"ב) כתוב "גמירי- אין פני כרובים פחותין מטפח". לא התפרש משקל של כרובים. במאמר על [משקל עגל הזהב](#) ישנו חשבון מפורט של משקל העגל ומשקל הכרובים. משקל העגל הוא 600 אלף נזמים במשקל בקע או בדיוק 100 ככר. משקל כרוב 12500 שקל, שני כרובים 25000 שקל זהב. לפי יחס מחיר הזהב לכסף 12:1, ערך זהב הכרובים שוה לערך 100 ככר כסף שבני ישאל נתנו לאדנים והם מכפרים על מעשה העגל.

כתוב בתורה (שמות כ"ה י"ח) "ועשית שנים כרבים זהב מקשה תעשה אתם משני קצות הכפרת וכו' מן הכפרת תעשה את הכרבים על שני קצותיו". ופירש רש"י את עשית הכרובים: "שלא תעשה בפני עצמם ותחברם בראשי הכפרת לאחר עשייתם כמעשה צורפים אלא הטיל זהב הרבה בתחלת עשיית הכפרת והכה בפטיש ובקורנס באמצע וראשין בולטין למעלה וצייר הכרובים בבליטת קצותיו". איך נתן ליישב את אופן זה של עשית הכרובים עם תיאור שלנו שכל זהב הכפרות היה לוח בעובי 3 מ"מ ועוד קצת והיתר היה מן? וי"ל שמקשה היא לא בהכרח עשיה על ידי פטיש בלבד ויכול לכלול גם חתכה. מצינו במנורה שמשה זרק את הזהב לאש ומשם יצאה המנורה. משמע שזהב המנורה הותך ואז קיבל צורה סופית. ואף אנו נומר שבצלאל עשה שני כלי קיבול שחללם כצורת הקרובים כמו שעושים ביצקה והפכם ראשם למטה ומעליהם שם תבנית ברזל 120 על 72 ס"מ עם דפנות בגובה 8 ס"מ ובה שני פתחים כנגד כפות רגלי הכרובים. ולקח כמות זהב במשקל 28000 שקל והתיך אותה והתחיל לשפוך לתוך התבנית. וזהב ירד דרך הפתחים בתבנית לתוך שני כלי קיבול והיתרה נשארה בתחתית התבנית. ונדרש לחץ של מכות פטיש כדי לדחוס את הזהב לתוך הכלים וליישר את השכבה הדקה של הכפורת. ועליה שמו שכבות גריגרי המן כמו שתיארנו ודפקה עליהם עד שכמות זהב בנפח הנדרש נכנסה אל חצי שכבה תחתונה של המן. וחיממו את המן יחד עם הזהב עד שהכל נעשה מקשה אחת. ואחרי זה פרקו את התבנית הברזל (היא היתה עשויה כנראה משני חצאים ושברו את הכלים אשר בתוכם היו הכרובים. וכדי לתת לכרובים צורה סופית ולחזקם, עיצבו אותם על ידי מכות פטיש

כעת אנו יכולים לסכם את משקל הזהב שבארון. כפורת ככר, ארון גופא ככר, כרובים 25/3 ככר. ביחד 10 ו- 1/3 ככר. אבל כדאי להתעכב כאן ולדון במשקל תכולת הארון ובמשקל העץ שבו.

#### 4. משקל הלוחות

הלוחות היו אמה על אמה בעובי חצי אמה, שני לוחות ביחד אמה מעוקבת (ראה [שרטוט הארון](#)). הם היו עשויים מאבן ספיר שהיא סוג קורונדום, משקל סגולי קבוע 4. לכן משקל הלוחות היה  $48^3 \times 4 / 17.28 = 25600$  שקל בדיוק. משקל זה עודף 600 שקל בלבד על משקל הכרובים. אולי זאת תרומת חלל האותיות שבעשרת הדיברות. אותיות היו נראים מכאן ומכאן, לכן הם היו מנקבים את כל עובי הלוח. אבל משקל הלוחות אשר נשאר היה בדיוק כמו משקל הכרובים, 25 אלף שקל. וכן לשברי הלוחות אשר היו מונחים תחת הלוחות השניים. **סה"כ משקל לוחות הראשונים והשניים עם משקל הכרובים היה 75000 שקל או 25 ככר.**

ממשקל שמיעטו האותיות נתן אולי ללמוד את גודלן. בעשרת הדברות בפרשת יתרו ישנם 620 אותיות כאשר בלוח הראשון ישנן 533 אותיות ו- 146 מילים. בפרשת ואתחנן 708 אותיות כאשר בלוח הראשון 612 אותיות ו- 162 מילים. בדקתי פונט של Times New Roman, size 50. גובה האות 10 מ"מ ורוחב 7 מ"מ. בין שורה לשורה רווח 15 מ"מ. מספר הגדול ביותר אותיות ורווחים בין מילים הוא בלוח הראשון בפרשת ואתחנן, 774. הם תופסים אורך 541.8 ס"מ. נתן לסדר אותם ב- 15 שורות כאשר כל שורה ברוחב 36 ס"מ. גובה 15 שורות הוא 15 כפול 2.5 פחות רווח אחרון 1.5, דהיינו 36 ס"מ. על כן כל הכתוב נכנס לתוך ריבוע של 36 על 36 ס"מ ונשארים שולים מסביב בדיוק 6 ס"מ או ג' אצבעעות. נפח משבצת של 7 על 10 מ"מ בעומק 24 ס"מ שזה 16.8 סמ"ק ומשקל ספיר בנפח זה 3.89 שקל. משקל 620 משבצות כנגד 620 אותיות של לוחות הראשונים שזה 2411 שקל. כדי ש- 620 אותיות בלוחות הראשונים ימעטו 600 שקל, צריך שכל אות בממוצע תמלא כ- 25% משטח משבצת. הדבר זה די סביר. למשל אות ר' גג באורך 7 מ"מ ורגל 10 מ"מ בעובי 1 מ"מ ממלא שטח 16 מ"מ מתוך 70 והוא 23%. אותיות בפרשת ואתחנן היו כנראה יותר דקות ויש סברה שהם היו בכתב עברי קדום ולא בכתב אשורי וללא תגים.

#### 5. משקל העץ של הארון

ארון עץ היה 9 על 15 על 9 טפחים פחות חלל פנימי של 8 על 14 על 8 טפחים, או 319 טפחים מעוקבים שהם 163328 סמ"ק (הערה 4: אנו מניחים שציפוי זהב של הארון היה בעובי 0.3 מ"מ היה מחוץ למידות. דבר זה לכאורה צריך לשנות את תוצאות חישוב נפח הציפוי בפרק 2. אכן נפח ציפוי חיצוני גדל ב- 0.60 סמ"ק. אבל נפח ציפוי פנימי קטן ב- 0.55 סמ"ק. וההפרש זניח). בויקיפדיה משקל סגולי של [ארז לבנוני](#) שזה 0.56. יש כל מיני סוגים של ארזים, יותר קלים מזה. יעקב מן הסתם לא נטה בארץ גושן ארזי לבנון כי הם גדלים רק בהרים. לכן אנחנו נניח שמשקל סגולי של העץ הוא 0.5 ג"/סמ"ק. ואז משקל העץ 81664 גר' או 4725.93 שקל. לזה יש להוסיף משקל שני בדי עץ ברדיוס 2.97 ס"מ ואורך 480 ס"מ. מקבלים תוספת של 26603.2 סמ"ק או 769.77 שקל. ביחד 5495.70 שקל. חסר כאן 504.3 שקלים לשני ככר. אבל בארון (בסוף) היה מונח ספר התורה אשר נקרא עץ החיים. אולי משקל שלו שזה ל- 504 שקלים? לפי הגמרא ב"ב י"ד ע"א ספר תורה היה מגולגל לגליל בקוטר שני טפחים ואורך ששה טפחים. נפח גליל זה  $\pi 8^2 \cdot 48 = 9650.97$  סמ"ק. לפי ספרים משקל סגולי

של עור יבש כ- 0.9. על כן משקל הגליל כ- 8685.87 גר' או 502.65 שקל. כמובן אי אפשר לדייק במשקל סגולי עד כדי כך. אכן הוכח שמשקל העץ של הארון שוה שני ככר.

## 6. משקל המן שבכפורת

לפי הצעה שלנו מן מילא את נפח הכפורת 135 טפחים מעוקבים פרט לשכבה עליונה בעובי 3 מ"מ. במאמר [אמה ושקל התורה](#) פרק 24 הבאנו ראיה שמשקל סגולי של מן היה כמו של חיטה 0.75. לכן נפח האדנים 135 טפחים ממולא במן שקל בדיוק ככר כמו הכסף אשר נתן לאדנים. אותו דבר נכון לגבי המן בכפורת. אומנם שכבה עליונה לא הכילה מן אבל מבפנים (כלומר מצד תחתית הכפורת) הדבר לא נראה. ועוד זהב הכפורת אשר נכנס בין גרגרי המן של שכבה עליונה שקל כמעט במדויק כמו שכבה אחת של מן. לכן אנו נתייחס למשקל המן בכפורת כאילו הוא ככר.

## 7. סיכום משקל הארון

כעת נעשה סיכום של משקל הארון.

(א) משקל הכפורת ככר

(ב) משקל ציפוי הזהב ככר

(ג) משקל המן בכפורת ככר

(ד) משקל העץ יחד עם ספר תורה שני ככר

(ה) משקל הכרובים 25000 שקל

(ו) משקל לוחות ראשונים 25000 שקל וכן של לוחות שניים

**סה"כ המשקל 30 ככר או 1555.2 ק"ג.**

כמה אנשים נשאו את הארון? לומדים מספר יהושע שמספר הכהנים נושאי הארון היה 12 כי הוציאו מן הירדן 12 אבנים אשר היה מתחת רגליהם. על כן, כל אחד נשא 2.5 ככר. מאידך כתוב בסוטה ל"ה ע"א שארון נשא את נושאיו. מאחר והיתה בכל זאת מצווה לשאת הארון, נציע פשרה. החלק השמימי שבארון והוא לוחות הברית והמן אשר בכפורת נשאו את עצמם. מתוך 30 ככר נפחת 50/3 ככר ועוד ככר ונשארו 12 ככר ושליש. על כן כל אחד נשא כמעט במדויק ככר. וזה משא של אדם רגיל. וכן במ"ב ה' כ"ג שני נערים נשאו כ"א ככר.

בזה סיימנו את החלק הקשה ביותר של חשבון משקל הזהב. מכאן מובנת גדולתו של בצלאל שעליו נאמר "ויעש בצלאל את הארון וכו'" (שמות ל"ז א') ופרש"י "לפי שנתן נפשו על המלאכה יותר משאר חכמים נקרא על שמו". לפני ביצוע כל המלאכות היה צריך לעשות חשבון משקל הזהב הנדרש לכך. וזה נעשה תוך שלשה ימים לפני תחילת המלאכה גופא כמו שכתוב בשמות ל"ו ו'.



כללנו את משקל שבירי לוחות בתוך תכולה של הארון. אבל יש דעה ששבירי לוחות היו מונחים בארון עץ אשר עשה משה. וארון זה לא היה מצופה זהב וכנראה כיסוי שלו גם כן היה מעץ ועליו היו שני כרובים מעץ. דבר זה יכול להסביר מדוע שלמה עשה שני כרובים של עץ ושם אותם בק"ק. גובה הכרובים היה 10 אמות כשליש גובה ק"ק כנגד גובה כרובים שעל הארון במשכן אשר הגיעו לגובה 20 טפחים (10 גובה הארון ו-10 גובה כנפי הכרובים) שהוא שלישי גבו המשכן 10 אמות או 60 טפחים.

## 8. מזבח הקטורת

כתוב בחגיגה כ"ז ע"א "מה מזבח הזהב שאין עליו אלא כעובי דינר זהב". מהו עובי זה? דינר זהב רומי בסוף ימי בית שני היה 7.2 גר' וקוטר שלו היה כ-20 מ"מ והוא כמעט 100% טהור. אם נתרגם 7.2 גר' זהב לנפח לפי משקל סגולי של 19.3 ונחלק בשטח של עיגול ברדיוס 1 ס"מ נקבל עובי של המטבע בערך 1.2 מ"מ. אבל מידה זאת לא מתקשרת לגודל של המן אשר הווה בסיס למידות התורה. כזכור גרגיר המן היה 4 על 4 מ"מ ברום 3 מ"מ. לכן נתן היה ליצור מידה של 1 מ"מ בתור הפרש בין שתי מידות המן. לכן השערה שלנו שעובי דינר הוא בדיוק 1 מ"מ. מטבעות רומיות לא היו חלקות אלא היתה טבועה עליהם צורת מלך אשר היתה בולטת ממשטח של המטבע. לכן עובי שפת המטבע היה קטן יותר ונתן לכוון אותו ל-1 מ"מ. אנחנו נוקטים במידה זאת של עובי דינר בכל מקום. יתר על כן, לפי דעתנו זאת מידה של כל הציפויים של זהב ונחושת וכל הצינורות פרט לציפוי הארון כפי שהתברר לעיל וציפוי קרשי המשכן כפי שנראה בהמשך. אמיתות הנחה זאת תתברר בהמשך בחשבון משקל הזהב ושל נחושת במשכן.

מידות המזבח כתובות בשמות ל' ב' "אמה ארכו ואמה רחבו רבוע יהיה ואמתים קמתו ממנו קרנתיו". מתברר בגמרא (מנחות צ"ז ע"א ורש"י שם) שאמות המזבח היו של חמשה טפחים. לכן רוחב ואורך שלו היו 5 טפחים של 8 ס"מ או 40 על 40 ס"מ וגובה 10 טפחים או 80 ס"מ. גובה זה כלל קרנות כי רבי יוסי מדמה מזבח עולה למזבח הקטורת (זבחים נ"ט ע"ב) "מה להלן גובהו פי שנים כארכו אף כאן פי שנים כארכו". ומזבח העולה לפי דעת רבי יוסי היה חמש על חמש אמות ברום עשר אמות כאשר גוף המזבח היה בגובה 9 אמות וקרנות היו אמה נוספת. מכאן נלמד שגובה מזבח הקטורת היה 9 טפחים וקרנות הוסיפו טפח והיו טפח על טפח כמו קרנות מזבח העולה שהיו אמה על אמה. נמצא גובה המזבח שוה לגובה הארון והקרנות כנגד טפח של הכפורת. (הערה 5: במקדש עשו מזבח הקטורת חמש על חמש טפחים בטפח של אמת הארץ 51 ס"מ, דהיינו טפח של 8.5 ס"מ. לכן גובה קרנות המזבח היה 85 ס"מ מעל הקרקע. לעומת זאת ארון הונח על גבי אבן השתיה אשר היתה בולטת שלש אצבעות או 6 ס"מ מעל הקרקע. לכן גובה הכפורת מעל קרקע היה 86 ס"מ, אחד ס"מ מעל גובה קרנות המזבח. וכנגד אותו ס"מ היה מזה אחת למעלה, ואחר כך יורד 7 ס"מ למטה. גם מזבח הועמד בבית המקדש לרוחות השמים. משום כך מזבח הקטורת שהיה במדבר נגנו ושלמה עשה מזבח חדש כמו שכתוב במ"א ז' מ"ח)

שטח ציפוי המזבח היה: צדדים 20 כפול 9 טפחים, גג 5 על 5 טפחים (כולל גג קרנות) וצדי הקרנות 4 כפול 4, סה"כ 221 טפחים מרובעים או 14144 סמ"ר. עובי הציפוי כאמור 1 מ"מ. לכן נפח הציפוי 1414.4 סמ"ק ומשקל פי 19.3/17.28 שוה 1579.74 שקל.

למזבח היו טבעות ושני בדים. לפי דעת רש"י היו בו ארבע טבעות ולפי ר' אברהם בן הרמב"ם היו שתיים באלכסון. לפי דעת רש"י מרחק בין הבדים היה כרוחב 5 טפחים 40 ס"מ. מאחר ונשאו את המזבח שני אנשים אז צריך לומר שהם עמדו בין הבדים. אבל אדם עומד ברוחב אמה של ששה טפחים.

לכן אנו נעדיף פתרון שני. ואז מרחק בין הבדים הוא 40 כפול שורש 2 או 56.6 ס"מ ונתן בקלות לעמוד שם. נניח שטבעות היו כמו בארון בקוטר אמצעי של 6 ס"מ ועובי 6 מ"מ ופינים שלהם נכנסים לעץ באלכסון לעומק 4 ס"מ כפול שורש 2. אורך הבדים היה עודף אמה מכאן ומכאן על אלכסון המזבח כדי ששני אנשים יכלו לעמוד שם. נמצא אורך הבדים

$$(7) \quad 40\sqrt{2}+48+48=152.569 \text{ cm}$$

קוטר הבדים היה כמו קוטר פנימי של הטבעות 5.4 ס"מ כי נתן היה להכניס ולהוציא את הטבעות. ציפוי זהב של הבדים היה כעובי דינר 1 מ"מ ולא 0.3 כמו כל הציפויים של הארון. גם שתי קצוות הבדים היו מצופים זהב.

כעת נתן לעשות את החישוב. משקל הטבעות כמו זה שבארון, רק חצי ממנו (כי בארון היו ארבע טבעות). מקבלים  $15.48=30.96/2$  שקל. ציפוי הבדים רדיוס חיצוני 2.7 ס"מ ופנימי 2.6 ס"מ

$$(8) \quad (2.7^2-2.6^2)\cdot\pi\cdot 152.569+2\cdot 2.6^2\cdot\pi\cdot 0.1=258.282$$

סמ"ק כפול 2 וכפול 19.3/17.28 שווה 576.95 שקל.

בנוסף למזבח היה זר. נדמה אותו לזר של ארון בגובה 4 מ"מ בצורת משולשים אבל עובי דינר כמו הציפוי. נפח שלו

$$(9) \quad 160\cdot 0.4\cdot 0.1/2=3.2$$

סמ"ק או 3.574 שקל. סה"כ משקל הזהב של המזבח

$$(10) \quad \text{שקל } 2175.74=1579.74+15.48+576.95+3.574$$

## 9. שולחן

כתוב בתורה (שמות כ"ה כ"ג-כ"ה) "ועשית שלחן עצי שטים אמתים ארכו ואמה רחבו ואמה וחצי קמתו. וצפית אתו זהב טהור ועשית לו זר זהב סביב. ועשית לו מסגרת טפח סביב ועשית זר זהב למסגרתו סביב".

לפי רבי מאיר אמת השולחן היתה של ששה טפחים או 48 ס"מ. גובה השולחן היה 9 טפחים כולל דף השולחן. לא התפרש עובי הדף אבל יש לדמות אותו לכפורת- טפח. לשולחן היו ארבע רגלים. לא התפרשו מידותיהם. נניח שכל רגל היתה טפח על טפח ברום 8 טפחים. מסגרת היתה בגובה טפח. לגבי מקומה ישנה מחלוקת תנאים (מנחות צ"ו ע"ב). לפי רבי יוסי מסגרתו למעלה היתה על גבי דף השולחן ולפי חכמים למטה היתה, מתחת לדף השולחן. הדבר לא משפיע על נפח ציפוי הזהב. לשולחן ארבע טבעות בפינותיו וזרם עברו שני בדים לאורך הארון (כך משמע מבריתא דמלאכת המשכן, פרק ח'). את השולחן נשאו ארבעה אנשים אשר עמדו מחוץ לבדים, כל אדם באמה. לכן אורך הבדים היה אמה מכאן ואמה מכאן ועוד שתי אמות כנגד השולחן, סה"כ 4 אמות.

נחשב שטח ציפוי השולחן. אנחנו מניחים שעובי הציפוי דינר 1 מ"מ כמו מזבח הקטורת. שטח הדף אמה על שתי אמות  $48 \cdot 96 = 4608$  סמ"ר. צד תחתון של שולחן גם מצופה למעט מקום חיבורם של ארבע רגלים טפח על טפח. לכן שטח הציפוי  $4608 - 4 \cdot 8 \cdot 8 = 4352$  סמ"ר. צדדים של שולחן הקף 6 אמות בעובי טפח  $6 \cdot 48 \cdot 8 = 2304$ .

מסגרת גובה טפח באורך הקף השולחן אותו שטח 2304. לא כתוב מה עובי של המסגרת וגם לא כתוב שהיא היתה מצופה בזהב. אבל כתוב "ועשית זר זהב למסגרתו סביב". לכן היא היתה מצופה זהב לפחות מצד אחד כי לא נתן לעשות זר זהב על גבי עץ. וביחזקאל (מ"א כ"ב) כתוב "המזבח עץ שלוש אמות גבה וארכו שתיים אמות ומקצועותיו לו וארכו וקירתיו עץ וידבר אלי זה השלחן אשר לפני ה'". ורש"י שם פירש "קירתיו – מסגרתיו. והכתוב מדגיש שמסגרות אלו היו של עץ. לכן י"ל שמצד שני-בהכרח פנימי, מסגרת לא היתה מצופה זהב. למ"ד שמסגרת היתה למטה, הצד הפנימי לא נראה ולמ"ד שמסגרת היתה למעלה הצד הפנימי היה מוסתר על ידי הלחם. ואם עובי הראש שלה היה מצופה זהב אז הדבר לא מוסיף לשטח הציפוי כי המקום בשולחן שהיה מכוסה על ידי המסגרת לא היה מצופה.

ונראה שמסגרת זאת היתה כנגד טפח אשר עלה ארון זהב חיצוני כנגד עובי הכפורת. והוא היה עשוי כולו זהב שכבה אחת. והיה לו זר מלמעלה. למ"ד שמסגרת היתה מלמעלה, היא תפסה טפח עשירי מעל הקרקע בדיוק כמו אותו טפח כנגד הכפורת. בארון עובי הזהב לפי חשבוננו היה 0.3 מ"מ אבל בשולחן יש להשוות עובי כל הציפויים לדינר. לכן מסגרת היתה בשטח 2304 סמ"ר בעובי מ"מ.

רגלים, שטח הציפוי 4 טפחים כפול גובה 8 טפחים כפול 4 שוה 128 טפחים ריבועים שוה 8192 סמ"ר. עד כאן שטח הציפוי  $4608 + 4352 + 2304 + 2304 + 8192 = 21760$  סמ"ק. זר משולשים בהיקף 6 אמות וגובה 4 מ"מ – שטח  $6 \cdot 48 \cdot 0.4 / 2 = 57.6$ . היו שני זרים, אחד של שולחן ואחד של מסגרת. למ"ד שמסגרת היתה למעלה, זר שלה בגובה עשרה טפחים היה כנגד זר של ארון וזר של שולחן בגובה 9 טפחים כנגד זר של מזבח הקטורת. שטח שני זרים 115.2 סמ"ר. עד כאן שטח הציפויים 21875.2. כפול עובי 0.1 ס"מ מקבלים נפח 2187.52 סמ"ק ומשקל הזהב 2443.24 שקל.

נניח שטבעות היו כמו במזבח הקטורת (סוף פרק 8 לעיל). משקל שתי טבעות 15.48 שקל. אורך הבדים כאמור 4 אמות או 192 ס"מ. נפח הציפוי מחושב לפי אותה נוסחה כמו בסוף פרק 8

$$(11) \quad (2.7^2 - 2.6^2) \cdot \pi \cdot 192 + 2 \cdot 2.6^2 \cdot \pi \cdot 0.1 = 323.936$$

סמ"ק. משקל ציפוי שני בדים 723.61 שקל. יחד עם ארבע טבעות 754.57 שקל. סה"כ משקל זהב של השולחן **3197.81** שקל.

בשלושה פרקים הבאים אנחנו נראה שמשקל הסניפים יחד עם בזיכין היה **2304** שקל כמו משקל 12 לחמים. בנוסף היו שתי קערות במשקל 257.333 שקל (ביחד). לכן משקל כל הזהב של שולחן וכליו היה 5759.14 שקל ויחד עם הלחם 8063 שקל. בנוסף נפח העץ של שולחן עם רגלים היה 104 טפחים מעוקבים ומשקל שלו לפי משקל סגולי של ארז 0.5 היה 26.624 ק"ג, 1540.7 שקלים. סה"כ משקל של שולחן עם לחם וכליו היה 9604 שקל 3.2 ככר. לכן שני אנשים לא יכלו לשאת אותו והיו שם בהכרח ארבעה אנשים והם עמדו מחוץ לבדים כמו שכתבנו בתחילת הפרק.

סעיפים הבאים 10-13 קשים לקריאה. לכן מי שסומך על משקל סניפים ובזיכין (20 מתוך 2304) יכול לדלג לסעיף 14.

## 10. לחם הפנים

לחם הפנים נעשה משני עשרונים. נפח עשרון הוא עומר 2488.32 סמ"ק (ראה פרק 1). נפח 12 לחמים 59719.68 סמ"ק. לפי רמב"ם משקל סגולי של סולת 2/3 של מים. לכן משקל הסולת ממנה נעשה 12 הלחמים הוא 39813.12 גר'. זהו בדיוק 2304 שקל של 17.28 גר' (אין זה מקרה כי לפי חשבוננו לוג של מים שוקל בדיוק 20 שקלים של תורה).

אנחנו נראה בהמשך שמשקל קשותיו ומנקיתיו אשר החזיקו את הלחם בתוספת שתי כפתויו (הן הבזיכים) במשקל 10 שקלים כ"א היה שוה בדיוק למשקל הלחם 2304 שקל! והתקיים כאן העיקרון שמשקל הכלי שוה למשקל תכולתו. וראה מה שכתבנו על כך במאמר על [משקל השקל](#) (פרק 20, סעיפים א' וב'). כדי לערוך את החשבון צריך לדעת גובה מערכת הלחם. בנושא זה יש בלבול.

כתוב במנחות (צ"ו ע"א) במשנה: "לחם הפנים - ארכן י' טפחים, ורחבן ה' טפחים, וקרנותיו שבע אצבעות". בן זומא אומר: ונתת על השלחן לחם פנים לפני תמיד, לחם פנים - שיהיו לו פנים. השולחן ארכו י' ורחבו חמשה, לחם הפנים ארכו י' ורחבו ה', נותן ארכו כנגד רחבו של שולחן, וכופל טפחיים ומחצה מכאן וטפחיים ומחצה מכאן, נמצא ארכו ממלא רחבו של שולחן, דברי רבי יהודה; ר' מאיר אומר: השלחן ארכו י"ב ורחבו ו', לחם הפנים ארכו י' ורחבו ה', נותן ארכו כנגד רחבו של שולחן, כופל טפחיים מכאן וטפחיים מכאן וטפחיים ריוח באמצע, כדי שתהא הרוח מנשבת בהם; אבא שאול אומר: שם היו נותנין שני בזיכי לבונה של לחם הפנים".

לפי דעת רבי מאיר גובה לחם הפנים אחרי כיפולו שני טפחים וגובה המערכת י"ב טפחים. לפי דעת רבי יהודה גובה הלחם 2.5 טפחים וכל המערכת 15 טפחים. וכן התבאר בהמשך בגמרא לפי דברי רבי יוחנן. אבל בפסחים ל"ז ע"א וכן בביצה כ"ב ע"ב כתוב "וכמה פת עבה? אמר רב הונא: טפח, שכן מצינו בלחם הפנים טפח". ורש"י שם נתן טעם לדבר "ועביו טפח, כשמו לחם הפנים - יש לו פנים, ואין פנים פחותין מטפח". ואז נפח הלחם 10 על 5 טפחים ברום טפח שוה 50 טפחים מעוקבים, או 25600 סמ"ק, פי 5.144 מנפח הסולת. ובמאמר [משקל השקל](#) בהערה 46 (עמ' 28) הבאנו מופת שאחרי צמצום ביחס הזה, עומר לגולגולת הופך לשמנה ביצים ועוד זית כדי לקיים שתי סעודות ועוד כזית סעודה שלישית בשבת. ואם עובי לחם הפנים לפני כיפולו היה טפח, לאן הוא נעלם אחרי כיפולו של הלחם? ואם נניח שבמקום כיפול נדחס פנימה לבסיס הלחם בעובי טפח, עדיין קשה: איך נכנסות לשם קרנות של שבע אצבעות? הרי הקרנות יוצאות מדופן הלחם פנימה אל תוך החלל. וגובה הלחם: בסיס טפח ועוד 7 אצבעות של קרנות, הוא שלשה טפחים פחות אצבע ולא שני טפחים!

ועוד כתוב ביחזקאל (מ"א כ"ב) "המזבח עץ שלוש אמות גבה וארכו שתי אמות ומקצעותיו לו וארכו וקירתיו עץ וידבר אלי זה השלחן אשר לפני ה'". ובמנחות (צ"ז ע"א) מפורש שהכוונה לשולחן לחם הפנים. אבל מהו גובה שלש אמות אמות? גובה השולחן היה אמה וחצי. ויחד עם מערכת הלחם לפי רבי מאיר שלש אמות וחצי של ששה טפחים ולפי רבי יהודה 4.5 אמות של 5 טפחים. אבל אם גובה לחם היה שלשה טפחים אז גובה המערכת לפי רבי מאיר היה שלש אמות של ששה טפחים. ורבי יהודה

יכול לתרץ שהמקרא לא כלל עובי בסיס הלחם. וגבה דופן 2.5 טפחים הוא חצי אמה של 5 טפחים. לכן גם לפי רבי יהודה גובה מערכת הלחם שלש אמות של כלים.

**(הערה 6:** ומאחר ובאנו לכך, נסביר את הפסוק ביחזקאל. הוא קורא למערכת לחם מזבח עץ כי סניפים עליהם מונח הלחם נראים כמו עצים (על כך בהמשך בפרק 11) עם ענפים עליהם גדלים גלוסקאות. ומדמה את מערכת הלחם למזבח כי יש לו קרנות חלולים (על כך בהמשך) כמו במזבח. "וארכו שתיים אמות"- אורך שני סדרים של לחם כולל רווח שני טפחים שבו מונחים בזיכין לרבי מאיר, ולפי רבי יהודה אורך שני סדרים כפשוטו. "ומקצעתיו לו"- כמו שפרש"י אלו רגלים. וכאן ובהמשך הוא מדבר על שולחן ולא על הלחם. "וארכו" כמו שפרש"י גג השולחן. ולא פירש את ארכו של שולחן אלא נלמד מארכו לעיל שהוא שתיים אמות. "וקירתיו" זאת מסגרת כמו שפרש"י. ומילה "עץ" מתייחסת רק למסגרת כי היא אינה מצופה זהב מבפנים כמו שכתבנו בתחילת פרק 9 ולא לשולחן אשר מצופה כולו זהב. ונראה לי שהפסוק מרמז על כך שמסגרת היתה לא מן המידה. שאילו היתה למטה, היו צריכים לדחוף את הרגלים פנימה כעובי המסגרת. לכן כתב רגלים בלשון מקצעות שהם בפניות השולחן ממש. ואילו מסגרת היתה למעלה אז היה מתמעט מקום מערכת הלחם. לכן כתב פעמים אורך- אותו אורך למערכת הלחם ולשולחן. וזהו נס נסתר. וכן זהב של ארון אשר עלה כנגד הכפורת לא הוסיף על מידות הכפורת. ולא בא הפסוק לחדש מידות המזבח כי זה ידענו מן התורה אלא שלשה דברים: גובה מערכת לחם שלש אמות, מסגרת לא מצופה כולה זהב, ומסגרת לא מן המידה. לכן לא כתב רוחב וגובה של השולחן. ואי ודאות במקום המסגרת בא להסתיר את הנס. וגם בארון הכתוב הסתיר את עובי הכפורת ואת העובדה שזהב הארון עלה כנגדה).

אבל איך נפרש את המשנה במנחות לעיל ואת דברי רבי יוחנן שם בגמרא? וי"ל שהמשנה לא הזכירה את עובי לחם הפנים כי הוא לא כתוב בתורה. והוא יכול להיות מועט. בצק של מצה בדרך כלל לא טופח. ואם נפח הלחם נשאר שני עשרונים אז עובי שלו בשטח 50 טפחים רבועים יהיה 1.5552 ס"מ בלבד. ובזמן הכיפול העודף בצדדים יכול להיכנס פנימה אל בסיס הלחם. וסכום גובה הקרנות שבע אצבעות עם עובי הלחם הוא פחות משני טפחים וישאר מרווח קטן בין הלחם להקרן.

כתוב ביומא (ל"א ע"א) שאחרי שמעון הצדיק, בין השאר נשתלחה מאירה בלחם הפנים וכל כהן מגיעו כפול (כגודל של פול שהוא קטן מזית). יכול להיות שבצק לא טפח פי 5 ועוד אלא נשאר כמו שהיה נפח הסולת. ומשנה ורבי יוחנן מדברים על הזמן הזה. אבל מערכת הסניפים שתמכה בלחם תוכננה לזמן ברכה כאשר לחם התנפח כפי שתיארנו. לכן תחתית הלחמים היתה בהפרש גובה שלשה טפחים זה מזה כאשר הלחם התחתון היה מונח על השולחן בגובה 9 טפחים בעל הקרקע.

ועדין קשה לשיטתנו שנפח הלחם היה 50 טפחים מעוקבים והוא השתמר בזמן האפיה. ומה נעשה עם ארבע קרנות של 7 על 7 על 7 אצבעות והם הצריכו כמעט 43% מנפח של 50 טפחים. וי"ל שקרנות היו חלולים כמו במזבח העולה. נעשה עובי דופני הקרן 4 מ"מ כרוחב גרגיר המן. אז נפח ארבע קרנות

$$(12) \quad 4 \cdot (14^2 - 13.2^2) \cdot 14 = 1218.56$$

סמ"ק. נפח זה יש למעט בנפח של שני דופני הלחם. מאחר ועובי הדופן 8 ס"מ ואורך 40 ס"מ אז נפח זה שקול להורדת גובה הדופן 1.904 ס"מ. זהו אצבע פחות 1 מ"מ עובי דינר. כתוצאה מכן הקרן תרד

יחד עם הדופן וישאר רווח 1 מ"מ בין הקרן לבין בסיס הלחם. לרווח זה כנראה הכניסו לוח ברזל בזמן אפית הלחם כדי להפריד ביניהם וכדי לאפות את שניהם. כתוצאה מירידת גובה הלחמים נוצר רווח של 1.9 ס"מ ביניהם. לרווח זה נכנסו חצאי קנים של קשות ברדיוס 1 ס"מ ועוד נשאר אוויר 0.9 ס"מ בין הקשות לבין לחם מתחתיהם.

לגבי צורת לחם הפנים ישנה מחלוקת במנחות צ"ד "רבי חנינא אמר כמין תיבה פרוצה, ר' יוחנן אמר כמין ספינה רוקדת". רמב"ם (הל' תמידין ומוספין ה' ט') פסק כדעת רבי חנינא. וראה כ"מ שם שתירץ את רמב"ם. אף אנו ננקוט כפסק הרמב"ם. ויתכן שרבי יוחנן תיאר את הלחם אחרי זמנו של שמעון הצדיק כאשר הוא היה דק ונתן היה לכופף אותו ולהוסיף לגובה שלו.

אנחנו עושים כל החשבונות של כלים לפי שיטת רבי מאיר. וכן פסק הרמב"ם (הל' בית הבחירה ג' י"ב) לגבי השולחן.

## 11. מנקיות וקשות

כתוב במנחות (צ"ו ע"א) במשנה "וארבעה סניפין של זהב היו שם מפוצלין מראשיהן שהיו סומכין בהם, שנים לסדר זה ושנים לסדר זה, וכ"ח קנים כחצי קנה חלול, ארבעה עשר לסדר זה וי"ד לסדר זה".

לפנינו מבט מצפון על שולחן לחם הפנים. הזהב צבוע בצהוב והלחם בתכלת. אורך הלחם ממזרח למערב 40 ס"מ ועובי בסס הלחם 8 ס"מ. מעליו קרנות 14 על 14 ס"מ ועובי דופן 4 מ"מ. (הקרנות למעשה לא נראים כי דופן הלחם מסתירה אותם. כדי להראות את הקרנות לא צבענו את דופן הלחם). סניפים הם קנים אנכיים העומדים כנגד מרכז הלחם. מהם יוצאים באלכסון ענפים – צינורות חלולים. בקצה הענף ישנו מדף קטן עליו יושב קצה חצי קנה אופקי. מתחת ללחמים 2,3,4,5 ישנם שלשה חצאי קנים ומתחת ללחם 6 שנים. חצי קנה האמצעי יושב על מדף קטן אשר יוצא מן הסניף – ראה מבט מלמעלה. קוטר חיצוני של כל הקנים וצינורות אצבע של 2 ס"מ כמו במנורה (ראה מאמר על צורת המנורה). אורך חצאי קנים כרוחב השולחן 48 ס"מ. סה"כ 28 חצאי קנים. מתוך כך נתן לחשב נפח שלהם

$$(13) \quad 0.5 \cdot \pi \cdot (1 - 0.9^2) \cdot 48 \cdot 28 = 401.11855$$

סמ"ק ומשקלם 448.009 שקל (יש כאן מופת שמשקל חצי קנה באורך 3 ס"מ שוה כמעט במדויק שקל).

עכשיו נתבונן בסניפים במבט מוגדל מצפון. הציר של ענף (הוא ציר אמצעי של הגליל) יוצא מציר הסניף בגובה של תחתית הלחם ועולה לגובה תחתית לחם האב, 24 ס"מ. מאחר ואורך הלחם ממזרח למערב 40 ס"מ אז הגיוני לחלק אותו על ידי שלשה חצי קנים לארבע חלקים שווים. לכן אנו מכונים את ציר הענף לגובה 24 ס"מ ו-10 ס"מ הצידה. באופן מפתיע מתקבל משולש פיתגורס ישר זווית  $24^2 + 10^2 = 26^2$ . זהו רמז שאנחנו בדרך נכונה. הענף עצמו נחתך בגובה 23 כי מעליו מונח חצי קנה ברדיוס 1 אשר תומך בתחתית הלחם. הצד העגול של חצי קנה בהכרח כלפי מעלה כדי לא לפצוע את הלחם, וצד רחב וחד מונח על גבי דף שיוצא מקצה הענף – ראה מבט מוגדל מלמעלה.

כדי לחשב את נפח הענף מחוץ לסניף בגבהים בהם הם נחתכים צריך לעשות אינטגרציה נומרית. חתך אופקי של הענף הוא אליפסה ושל סניף עיגול. כאשר שניהם נחתכים נתן יחסית בקלות לחשב את שטח אליפסה מחוץ לעיגול. מאחר ובחתך של ענף יש שתי אליפסות- היצונית ופנימת, יש לחשב שטח לכל אחת ולקחת הפרש ביניהם. שטח זה תלוי בגובה. נחזור ל**מבט מוגדל מצפון**. בגלל חשבוניות גאומטריים המבוססים על משולש הנ"ל, ענף נפגש עם סעיף המרכזי בטווח גבהים בין 5 עד -0.2 ס"מ ביחס לתחתית הלחם. בתחום זה נפח זהב הענף מחוץ לסניף מחושב על ידי אינטגרציה נומרית. נפח זה שוה  $2.1498$  סמ"ק. מגובה 5 עד גובה 23 הנפח מחושב בפשטות כמכפלה של שטח החתך כפול גובה. הנפח הוא  $11.640$  סמ"ק. ישנם סה"כ 40 ענפים על ארבע סנפים. נפח כל הענפים  $551.576$  סמ"ק.

חצאי הקנים כאמור מונחים על מדפים אשר יוצאים מקצות הענפים ומגוף הסניף- ראה **מבט מוגדל מלמעלה**. רוחב המדף כמו רוחב חצי הקנה 2 ס"מ והוא מתחבר מצד לחתך הענף או הסניף ובולט פנימה עוד 3 מ"מ. מספר 3 מ"מ הוא שרירותי אבל הוא שוה לגובה המן וגם שוה (כמעט במדויק) לעובי דופן הסניף (כפי שנראה בהמשך). עובי המדף דינר 1 מ"מ. ישנם 10 מדפים על 10 ענפים ועוד 4 על הסניף (שטחים שלהם קרובים אבל לא שווים). נפח 40 מדפים על הענפים  $3.766$  סמ"ק ו- 16 מדפים על הסניפים  $1.647$ , ביחד  $5.412$  סמ"ק.

עכשיו נחשב את נפח הסניפים. הסניף מגיע עד תחתית לחם חמישי בגובה 21 טפחים מעל קרקע וממשיך ועולה עוד 5 ס"מ עד מקום שנפרדים ממנו ענפים עליונים. לכן גובה הסניפים 173 ס"מ. מה עובי הדופן שלהם? לא יתכן שהם היו 1 מ"מ בלבד כי הם נשארו כל אחד משקל של כ- 18 ק"ג של לחם וזהב. אם נעשה אותם מלאים כמו קני המנורה, נקבל משקל גדול מדי. עשינו אותם חצי מלא, כלומר חלל פנימי ברדיוס  $1/\sqrt{2}=0.7071$ . זהו רדיוס של עיגול מתוך ריבוע מתוך עיגול והוא מוזכר בגמרא סוכה דף ח'. נציין שעובי הדופן של הסניף כמעט מדויק 3 מ"מ כמו עובי המן. לכן נפח ארבעה סניפים

$$(14) \quad 4 \cdot 173 \cdot \pi \cdot 0.5 = 1086.991$$

סמ"ק. נחבר את כל הנפחים עד עכשיו:

$$(15) \quad 2284.165 \text{ שקל} = 2045.0976 = 401.1186 + 551.576 + 5.412 + 1086.991$$

אם נחבר אליו משקל שני בזיכין עשרה זהב כל אחד כנגד כפות זהב של הנשיאים אז נקבל **בדיוק משקל של הלחם 2304 שקל**. כדי להשלים את החשבון נדון בצורת קערות ובזיכין.

## 12. קערות וכפות

כתוב בתורה "ועשית קערותיו וכפתיו וקשותיו ומנקיתיו אשר יסך בהן זהב טהור וגו'" (שמות כ"ה כ"ט). קערותיו פרש"י "זה הדפוס שהיה עשוי כדפוס הלחם והלחם היה עשוי כמין תיבה פרוצה משתי רוחותיה שולים לו למטה וקופל מכאן ומכאן כלפי מעלה כמין כותלים וכך קרוי לחם הפנים שיש לו פנים רואין לכאן ולכאן לצדי הבית מזה ומזה נותן ארכו לרחבו של שולחן וכתליו זקופין כנגד שפת השולחן והיה עשוי לו דפוס זהב ודפוס ברזל. בשל ברזל הוא נאפה וכשמוציאו מן התנור נותנו בשל זהב עד למחר בשבת שמסדרו על השולחן ואותו דפוס קרוי קערה". וכפותיו- פרש"י "הן בזיכין שנותנים בהם לבונה ושתיים היו לשני קומצי לבונה שנותנין על שתי המערכות שנאמר ונתת על המערכת לבונה זכה". קשותיו ומנקיותיו כבר נדונו בפרק קודם.

מאחר ולחם מקורי לפני הוספות קרנות היה בגובה שלשה טפחים ובשטח 6 על 5 טפחים נעשה דפוס שמכיל אותו. שטח של הדפוס היה: תחתית 5 על 6 טפחים ושתי דפנות 5 על 3 טפחים. סה"כ שטח 60 טפחים ריבועים. ומאחר וכתוב קערותיו בלשון רבים, אז מיעוט רבים שנים. סה"כ השטח 120 טפחים ריבועים. אם נעשה אותם בעובי 0.3 מ"מ כמו ציפוי הארון אז כמות הזהב בהם תהיה בדיוק מה שחסכנו בציפוי פנימי של מסגרת בעובי 1 מ"מ (ראה תחילת פרק 9). אכן שטח המסגרת רוחב טפח על אורך 6 אמות או 36 טפחים ריבועים והוא בדיוק  $3/10$  משטח הקערות. נפח זה שווה 230.4 סמ"ק ומשקל  $257.333$  שקל. אין כאן בעיה של חוזק כי על דפנות של קערות לא היה לחץ. משקל קערה אחת  $128.67$  שקל קרוב מאד למשקל קערות כסף 130 שקל אשר הביאו הנשיאים.

לגבי בזיכין, מאחר והם נקראים כפות, יש לדמות משקל שלהם לכפות שהביאו הנשיאים- עשרה שקלים כ"א. ננסה לחשבן את צורתם על סמך המשקל והנפח. כתוב במשנה מנחות פרק י"ג "שני מזיכין טעונין שני קמצים" ובגמרא מנחות כ"ו ע"ב כתוב: "ריב"ל סבר אין קומץ פחות משני זיתים" וכך פסק רמב"ם (הל' מעשה הקרבנות י"ג י"ד). וקומץ היה נעשה על ידי שלש אצבעות ומצמיד אותם אחר כך לפס היד. ורוחב שלש אצבעות הוא 6 ס"מ. לכן נעשה בנך בצורת חצי כדור בקוטר 6 ס"מ. נפח חצי כדור כזה 56.55 סמ"ק, קצת פחות מכביצה של 57.6 סמ"ק. לפי חשבוננו (ראה במאמר [אמה ושקל התורה](#) הערה 63 על נפח הזית) נפח הזית הוא  $2/5$  של ביצה או 23.04 סמ"ק. לכן כלי זה מכיל קצת פחות מ- 2.5 זיתים ונתן לקמוץ ממנו שני זיתים. נעשה דופן הכלי כדינר 1 מ"מ. נפח הדופן אז

$$(16) \quad 2/3 \cdot \pi \cdot (3.1^3 - 3^3) = 5.845$$

סמ"ק ומשקל 6.53 שקל. מעשרה שקלים נשאר משקל 3.47 שקל. לכף זאת היתה ידית. נעשה אותה בצורת חצי קנה בקוטר אצבע ועובי דינר כמו כל חצאי קנים. אורך הידית במשקל 3.47 שקל שווה 10.4 ס"מ. זהו בערך רוחב תפיסת כף היד.

אבל הנשיאים הביאו קטורת במשקל הכלי, 10 שקל של 172.8 גר' והוא חצי מנה של בית שני. אם משקל סגולי של קטורת הוא 1 כמו מים אז נפח הקטורת היה חצי לוג 172.8 סמ"ק. אולי הכף היתה חצי כדור ללא ידית והיה לה גודש חצי כמו בים של שלמה. לכן חצי כדור הכיל  $2/3$  של 172.8 סמ"ק. ואז רדיוס שלו מחושב לפי נוסחה

$$(17) \quad 2/3 \pi r^3 = 2/3 \times 172.8; \quad r = (172.8/\pi)^{1/3} = 3.803$$

אם עובי הזהב היה דינר 0.1 ס"מ ורדיוס פנימי של חצי כדור היה  $r = 3.8$  ס"מ אז נפח הזהב היה

$$(18) \quad 2/3 \pi ((r+0.1)^3 - r^3) = 9.314$$

ומשקל שלו היה  $9.314 \times 19.3/17.28 = 10.4$  שקל. קרוב לעשרה שקלים.

### 13. איך נשאו את השולחן?



שאלה זאת לא קשורה למשקל הזהב אלא לצורת הכלים שביררנו. כתוב בתורה (במדבר ד' ז') "ועל שלחן הפנים יפרשו בגד תכלת ונתנו עליו את הקערת ואת הכפת ואת המנקית ואת קשות הנסך ולחם התמיד עליו יהיה. ופרשו עליהם בגד תולעת שני וכסו אתו במכסה עור תחש ושמו את בדיו".

רמב"ן פרש שכיסוי ראשון כיסה את הלחם אשר היה על שולחן ועליו שמו כלים ואחר כך כיסו את הכלים בגד תולעת שני ועליו עור תחש. וקשה, איך שמו משקל כזה על הלחם יותר מ-2500 שקל והוא לא נמחץ? לכן נראה שלחם היה על הכלים. למ"ד שמסגרת למטה היתה, בתחילה שמו שני סניפים לאורך השולחן זה ליד זה. אורך שלהם כולל ענפים מגיע לתחתית לחם השלישי (למעשה 1 ס"מ פחות כרדיוס חצי קנה) והוא 9 טפחים של שולחן ועוד 5 פעמים 3 טפחים של לחמים, ביחד בדיוק 24 טפחים או 4 אמות כאורך הבדים. רוחב הסניפים עם ענפים כ-22 ס"מ (כפי שרואים ב [מבט מוגדל מצפון](#)). רוחב שני סניפים זה ליד זה כ-44 ס"מ פחות מרוחב השולחן 48. אבל לשולחן היה זר כלפי מעלה הוא היה נמחץ על ידי סניפים. לכן י"ל שבתחילה שמו 14 קשות לרוחב השולחן ועליהם שני סניפים. ושוב 14 קשות על גבי סניפים ועליהם שני סניפים. וכיוונו את המדפים הדקים שעל סניפים כלפי מטה כדי שלא יפגעו. ועל זוג עליון של סניפים שמו שתי קערות הם שני דפוסים 48 על 40 ס"מ אורכם לרוחב השולחן ובתוכם שני לחמים ועליהם יתר לחמים. נמצא גובה תחתית מערכת הלחם 6 ס"מ (עובי שני סניפים 2 ועוד 2 ועובי שני חצאי קנים 1 ועוד 1) ועליהם 6 פעמים גובה הלחם 24 ס"מ פחות 1.9 ס"מ. סה"כ 138.6 ס"מ והוא פחות משלוש אמות.

כתוב במנחות צ"ו ע"א "א"ר יוחנן: לדברי האומר טפחיים ומחצה כופל, נמצא שלחן מקדש חמשה עשר טפחים למעלה; לדברי האומר טפחים כופל, נמצא שלחן מקדש י"ב טפחים למעלה". ביררנו בפרק 10 שמשנה שם לא החשיבה את עובי הלחם טפח. לכן לדברי ר' מאיר שולחן מקדש לא י"ב טפחים אלא י"ח טפחים או 3 אמות. לכן שולחן היה מקדש את הלחם גם בזמן מסעות.

לפי סדר נתינה זה, את בגד תכלת פרושו על דף השולחן ובגד תולעת שני על הלחם העליון ועליו מכסה עור תחש. וסדר הפריטים שבו הקערות קודמות לכל הוא לאו דוקא אלא נקט את הסדר שבו הם נזכרים לראשונה בשמות כ"ה כ"ט רק החליף סדר בין קשות ומנקית כדי להצדיק את שני הפירושים האם קשות הם חצאי קנים ומנקית סניפים או להפך.

אבל למ"ד שמסגרת למעלה היתה, סניפים שכבו על המסגרת. וגם אם נניח שקשות היו בתוך חלל תחתון בגובה 8 ס"מ של המסגרת והזר נכפף מכובד הסניפים ומה שמעליהם, אז גובה המערכה היה 12 ס"מ (8 של מסגרת ופעמים 2 של סניפים) ועוד 6 פעמים 24 פחות 1.9. סה"כ 144.6 ס"מ, 6 מ"מ מעל גובה שלש אמות. וי"ל לאותה דעה שארבע סניפים היו מונחים זה ליד זה, אורכם לרוחב השולחן והיו בולטים מצידי השולחן אמה וחצי מכאן ואמה וחצי מכאן. ועליהם שמו 28 חצאי קנים אורכם לאורך השולחן, 14 בחצי מזרחי ו-14 בחצי מערבי. ועליהם שמו שתי קערות כמו לעיל ובהם לחם תחתון ועליהם עוד 5 לחמים במזרח ומערב. ומתחת לסניפים בחלל של 8 ס"מ שמו שני בזיכין. וכדי לא לפגוע בזר של המסגרת פרושו בגד בעובי 4 מ"מ והוא נשען על ראש המסגרת כאשר שיני הזר חדרו אל תוך הבגד. סניפים נשענו על עובי הבגד ולא פגעו בזר. כעת גובה המערכה 8.4 ס"מ - גובה המסגרת עם זר, 2 עובי סניפים, 1 עובי חצאי קנים, לחם 6 פעמים 24 ס"מ פחות 1.9. סה"כ בדיוק 144 ס"מ, שלש אמות! ועובי תחתית קערה 0.3 מ"מ לא נחשב. ואפשר היה להניח חצאי קנים על גבי שולחן בתוך חלל של 8 ס"מ ולהרוויח עוד ס"מ גובה.

גם לפי סדר נתינה זה את בגד תכלת פרשו על דף השולחן והוא עלה וגלש מעל המסגרת. לכן כל הכלים היו מעל בגד זה. ומעל הלחם שמו בגד תולעת שני ועור תחש כמו לעיל.

## 14. מנורה

זהו כלי שהתפרש משקלו- ככר אחד, 3000 שקלים. במאמר על [צורת המנורה](#) (באנגלית) חשבנו כל פרטי המנורה על סמך המשקל וכמה נתונים נוספים ( ראה גם [מאמר מקוצר](#) בעברית). יש כמה אפשרויות של מנורה. נראה שמנורה של משה היתה עם קנים ישרים כמו בציור של רמב"ם. אז משקל גוף המנורה 2000 שקל. במנורה ישנם 49 קישוטים: 11 כפתורים, 22 גביעים, 9 פרחים ו- 7 נרות. משקל כל אחד 20 שקל. מעשרים שקלים הנותרים עשו ידיות לנרות שתמכו בפתילות ארוכות אשר האירו על ידי כך אל פני המנורה (ראה [צורת המנורה](#) פרק 8). בנוסף היו למנורה כלים: "מלקחיה ומחתתיה". רש"י פירש שמלקחיה הם צבתים ליקח בהם פתילה מתוך השמן ומחתתיה כמין בזיכין קטנים שחותה בהן את האפר שבנר. מאחר והכתוב לא הזכיר ידיות של נרות, נתן לייחס 20 שקלים הנותרים גם לכלים אלו, שנים מכל סוג, 5 שקלים משקל כל אחד. כפי הוסבר במאמר ידיות גם שימשו לריקון המש מנרות. לכן נראה להקיש משקל ידיות למשקל כלים. חמשה שקלים זה בערך משקל של מזלג וכף גדולה מזהב בנפח של אלו העשויים מנירוסטה. לכן משקל המנורה עם כל כליה היה **3020**.

עד כאן סכום משקל הכלים:

(א) ארון 10 ו- 1/3 ככר

(ב) מזבח הקטורת 2175.74 שקל

(ג) שולחן וכליו 5759.14 שקל

(ד) מנורה עם כלים 3020 שקל

סה"כ **41954.88** שקל או 14 ככר פחות 45.12 שקל מכלל 29 ככר ו- 730 שקל.

## 15. זהב המשכן

(א) **ציפוי קרשים**

היו במשכן 48 קרשים ברוחב אמה וחצי ועובי אמה וגובה 10 אמות. לגבי הקרשים ישנה מחלוקת של רבי נחמיה ורבי יהודה. לפי רבי נחמיה עובי הקרש לכל גובהו היה אמה ולפי רבי יהודה עובי היה אמה למטה והיה מתקצר לאצבע למעלה. אנחנו נעשה חשבון לפי דעת רבי נחמיה. אמה תחתונה של הקרש היתה מכוסה על ידי אדנים של כסף. שטח הנותר של הקרש הוא 9 (גובה) כפול 5 (היקף) שווה 45 אמות רבועות. לא כתוב שציפו ראשי הקרשים זהב אבל כתוב שציפו את ראשי עמודי המסך הפתח זהב (שמות ל"ו ל"ח). ונלמד מהם לראשי הקרשים. (הערה 7: וזה שתורה לא הזכירה את ציפוי ראשי הקרשים כי לפי דעת רבי יהודה לא היו ראשים לקרשים). לכן שטח ציפוי הקרש היה 46.5 אמות. כפול 48 מקבלים 2232 א"ר. ארבעה עמודי הכפורת ברוחב 3/4 אמה ועובי אמה כחצי קרש המשכן כי הם עמדו על אדן אחד. שטח ציפוייהם

$$(19) \quad 4 \cdot (3.5 \cdot 9 + 0.75) = 129$$

א"ר. שטח ציפוי חמשה עמודי מסך הפתח  $5 \cdot (9 \cdot 4 + 1) = 185$ . סה"כ שטח הציפוי 2546 א"ר. עובי הציפוי הקטן ביותר שמצינו עד עכשיו הוא ציפוי הארון 0.3 מ"מ. אם נעשה ציפוי המשכן בעובי כזה אז נקבל נפח 175979.52 סמ"ק ומשקלו 196551.2 שקל או 65.5 ככר לעומת כל הזהב כ- 29 ככר. ידוע שנתן לרדד זהב עד עובי מקרון (1/1000 מילימטר) והיו יודעים לעשות כן במצרים העתיקה. לכן נתן לעשות ציפוי דק ביותר והוא נדבק לעץ ולא מתקלף ממנו. אבל באיזה עובי נבחר?

עובי זהב הקטן ביותר מוזכר בפרשת פקודי (שמות ל"ט ג') "וירקעו את פחי הזהב וקצץ פתילם לעשות בתוך התכלת ובתוך הארגמן ובתוך תולעת השני ובתוך השש מעשה חשב". רש"י פרש שם "היאך היו טווין את הזהב עם חוטין, מרדדין טסין דקין וקוצצין מהן פתילות לאורך הטס לעשות אותן פתילים מעורבין עם כל מין ומין בחשן ואפוד שנאמר בהן זהב חוט א' של זהב עם ו' חוטין של תכלת וכן עם כל מין ומין שכל המינים חוטן כפול ששה והזהב חוט ז' עם כל א' וא". יש לדמות את עובי חוט זהב לעובי כל אחד מששה חוטי תכלת וכו'. נתן לסדר את חתך ששה חוטים בקוטר d בעיגול ואת עיגול של חוט הזהב באותו קוטר באמצע כמו שרואים ב**שרטוט ארבעה חוטים**. זהו מבנה יפה וצפוף ביותר. קוטר העיגול אשר סובב שבעה עיגולים קטנים הוא 3d. אם מצמידים ארבע עיגולים גדולים כאלו אז מקבלים תחום של 6d על 6d. (**הערה 8**: לכאורה נתן לצמצם את התחום כמו **בשרטוט**. אבל למעשה ששה חוטים אשר מסובבים את חוט הזהב המרכזי מסתובבים סביבו כמו ספירלה. לכן חתכים שלהם ממלאים את כל העיגול הגדול בקוטר 3d).

אבל מהו קוטר החוט הבסיסי d? אלו סיבים הדקים ביותר ומהם טוים בפשתן ששה חוטים והם נקראים שש. וכן בצמר. בויקפדיה ערך [linen](#) כתוב שקוטר ממוצע של סיב פשתן 16-12 מקרון. סיב של צמר עבה יותר אבל יש סוג כבשים Merino אשר מגדלים צמר בעובי 24-12 מקרון (ראה ויקפדיה ערך [wool](#)). סיבים דקים ביותר קוטרם פחות מ- 15.5 מקרון, דרגה הבא 15.6 עד 18. לכן יתכן שהיו להם כבשים עם צמר אשר שוה לעובי של פשתן. לכן יש לבחור קוטר בערך 16 מקרון. מאידך רצוי שעובי חוטים יתאים למערכת מידות גדולות יותר אשר פגשנו בפרקים הקודמים. הקטן שבהם היה 0.3 מ"מ או 300 מקרון. מספר זה לא מתחלק ב- 16. לכן בחרנו קוטר הסיב  $100/6 = 16.666$  מקרון. עובי של ארבע חוטים ב**שרטוט** הוא 6d שוה ל- 100 מקרון או 0.1 מ"מ. עובי רגיל של ציפוי היה דינר או 1 מ"מ. לכן עובי 100/6 מקרון הוא 1/60 מציפוי רגיל והוא על גבול "בטל בשישים". לכן נניח שציפוי קרשי המשכן היה 1/60 של מ"מ.

כעת נקבל נפח ציפוי הקרשים

$$(20) 2546 \cdot 48^2 \cdot 0.1/60 = 9776.64$$

סמ"ק ומשקלו **10919.51** שקל.

נשאר לנו עוד הרבה זהב. הדבר אשר הצריך הרבה מאד זהב הוא טבעות אשר חיברו את ראשי הקרשים ביניהם.

### (ב) טבעות עליונות

מה היו מידות הטבעות? כתוב בכרייתא דמלאכת המשכן (פרק ראשון) היה חורץ את הקרש מלמעלה אצבע מכאן ואצבע מכאן ונותן בתוך טבעת של זהב כדי שלא יהיו נפרדים זה מזה". למדנו שעובי

הטבעת אצבע. אבל לא התברר אורך החריץ ומרחק בין החריצים. אולי נלמד ממידות האדנים? כתב עליהם (שם) "והיה עושה את האדנים חלולים וחורץ את הקרש מלמטה רביע מכאן ורביע מכאן והחריץ חציו באמצע וכו'". נתבונן בשרטוט הקרשים מלמעלה. את ידות אשר נכנסו אל תוך האדנים היה חורץ רבע אמה או 12 ס"מ מכל צד. כך גם חורצים מקום לטבעות רבע אמה מגבול הקרש פנימה. נמצא מקום הטבעות 24 על 12 ס"מ. אלו מידות קו האמצעי של הטבעת. קו זה משמש ציר של גליל בקוטר אצבע. בפינות הטבעת גלילים אלו נחתכים באלכסון. נפח הטבעת שווה לסכום אורך הצירים כפול שטח החתך או

$$(21) \quad (2 \cdot 24 + 2 \cdot 12) \cdot \pi = 72\pi = 226.19467$$

סמ"ק. מספר הטבעות שווה למספר הקרשים 48 פחות 1 (טבעת אחד על מקום חיבור שני קרשים). נפח כל הטבעות 10631.1495 סמ"ק ומשקל 11873.91 שקל.

### ג) טבעות וציפוי בריחים

כתוב (שמות כ"ו כ"ט) "ואת טבעתיים תעשה בתים לבריחים וצפית את הבריחים זהב". רש"י פירש שם: לא שהיה זהב מדובק על הבריחים שאין עליהם שום צפוי אלא בקרש היה קובע כמין שני פיפיות של זהב כמין שני סדקי קנה חלול וקובען אצל טבעות לכאן ולכאן ארכן ממלא את רוחב הקרש מן הטבעות לכאן וממנה לכאן והבריח נכנס לתוכו וממנו לטבעת ומן הטבעת לפה השני נמצאו הבריחים מצופין זהב כשהן תחובין בקרשים והבריחים הללו מבחוץ היו בולטות והטבעות והפיפיות לא נראות בתוך המשכן אלא כל הכותל חלק מפנים".

נעשה טבעות כמו של ארון ומזבח הקטורת ושל שולחן: קוטר אמצעי 6 ס"מ ועובי 6 מ"מ. מאחר ובריח עובר דרך הטבעת, קוטר שלו היה כמו קוטר פנימי של הטבעות 5.4 ס"מ. וזה חידוש שהיה בבדי המשכן שציפוי הזהב לא היה מודבק לבריחים אלא מודבק לטבעות. נעשה עובי הציפוי כעובי דינר מ"מ 1 כמו בבדים של מזבח הקטורת והשולחן. ציפוי זה היה כעין צינור והוא סבב את הבריח.

מה היה הקוטר של צינור זה? אפשר להסתפק בין שלש אפשרויות: 6 ס"מ כנגד מרכז הטבעת, 6.6 כנגד קוטר חיצוני של הטבעת ו- 5.4 כנגד קוטר פנימי של הטבעת. אנחנו נבחר באפשרות הראשונה כי במקרה שני טבעות לא נראות מבחוץ, במקרה שלישי הצינור ממש דבוק לבד כאילו הוא היה ציפוי שלו. אורך הצינור כרוחב הקרש אמה וחצי 72 ס"מ. מאורך זה יש למעט את עובי הטבעת 6 מ"מ. לכן נפח הצינור

$$(22) \quad 6\pi \cdot (72 - 0.6) \cdot 0.1 = 134.58583$$

סמ"ק. למספר זה יש תיקון קטן. נתבונן בחתך הטבעת. אנחנו רואים שחתך הצינור (תחום צהוב) עודף קצת על רדיוס של טבעת. מתוך שרטוט מוגדל נתן לחשב את השטח הצהוב. הוא שווה

$$(23) \quad S = (0.3 \cdot 0.1 - 0.3^2 \cdot \text{alf} - 0.05 \cdot 0.3 \cdot \cos(\text{alf})), \text{alf} = \text{asin}(0.05/0.3);$$

שטח זה מסתובב סביב ציר הטבעת ויוצר מעגל עם רדיוס ממוצע 3 ס"מ (ראה שרטוט מוקטן). לכן נפח של גוף הסיבוב שווה

$$(24) \quad 2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot S = 0.0026290 \text{ cm}^3$$

מספר זה צריך להכפיל ב- 2 כי העודף נוצר משני צידי טבעת. לכן נפח הצינור לעיל הוא 134.59109.

היו שלש שורות של בדים: למעלה, למטה ובאמצע. בריח אמצעי היה ארוך כמו כל אורך הקיר של המשכן: בצפון ובדרום 20 קרשים ובמערב 8 קרשים. אותו אורך למעלה ולמטה התחלק לשני בדים. לכן את הנפח הנ"ל יש להכפיל ב-  $3 \cdot (20+8+20) = 144$ . סה"כ נפח ציפוי הבדים 19381.117 סמ"ק ומשקל 21646.733 שקל. נציין שקצות הבדים לא היו מצופים כי זוג בדים קצרים התחברו ביניהם ולכן לא צופו ויתר קצוות נעשו כדוגמתם.

טבעות כאמור היו כמו בארון. אבל מאחר והם לא היו בפינות אלא באמצע הקרש, אז אורך הפין היה 2 אצבעות ולא 2 כפול שורש 2. לכן נפח הטבעת

$$(25) \quad \pi \cdot 6 \cdot \pi \cdot 0.3^2 + 4 \cdot \pi \cdot 0.3^2 = 6.46056$$

סמ"ק. מספר הטבעות כמו מספר הקרשים כפול 3, 144. לכן נפח כל הטבעות 930.3206 סמ"ק ומשקל 1039.073 שקל.

סה"כ משקל טבעות וציפוי הבדים **22685.806** שקל. סה"כ משקל ציפוי המשכן, טבעות עליונות ובדים עם טבעות שלהם

יחד עם משקל הכלים **41954.88** אשר סיכמנו בסוף סעיף 14, **87426.06** שקל. חשבון מדויק במחשב נותן 87426.05255. נזכיר שסה"כ זה התרומה היה 29 ככר ו- 730 שקל או 87730 שקל. נשאר לנו עודף **303.95** שקל. מזהב זה עשו קרסים של יריעות המשכן, ויום של עמדי הפרוכת ומסך הפתח, בגדי כהן גדול ועוד כלים. על כך נדון בהמשך. **45471.18** שקל או 15.157059 ככר.

יחד עם משקל הכלים **41954.88** אשר סיכמנו בסוף סעיף 14, **87426.06** שקל. חשבון מדויק במחשב נותן 87426.05255. נזכיר שסה"כ זה התרומה היה 29 ככר ו- 730 שקל או 87730 שקל. נשאר לנו עודף **303.95** שקל. מזהב זה עשו קרסים של יריעות המשכן, ויום של עמדי הפרוכת ומסך הפתח, בגדי כהן גדול ועוד כלים. על כך נדון בהמשך.

#### ד) קרסים

כתוב (שמות כ"ו ו') "ועשית חמשים קרסי זהב וחברת את היריעת אשה אל אחתה בקרסים והיה המשכן אחד". לא נתבררה צורת הקרסים אבל היו להם שתי קצוות כפופות כדי לחבר שתי לולאות. מספר 50 מרמז על אות נ'. לכן נעשה קרס על ידי חיבור שני נונים. להלן שרטוט הקרס. הוא עשוי גליל ברדיוס 3 מ"מ כמו רדיוס כל הטבעות ואורך שתי אצבעות 4 ס"מ. קצוות של הגליל באורך חצי אצבע מכאן ומכאן כפופים בזווית 90 מעלות. לכן אורך הקרס לא כולל עוביו 2 ס"מ וכן רוחבו. אלו מידות קנטות ביותר אשר נמדדות באצבע. בשרטוט גם סימנו את מקום חיבור היריעות ואופן בו לולאות מתלבשות על הקרס. לפי שרטוט זה אין רווח בין היריעות. לולאה אשר יוצאת מיריעה מזרחית מתלבשת על רגל מערבית של הקרס וכן לולאה השנייה. בדרך כלל מציירים לולאה מזרחית מתלבשת על רגל מזרחית של הקרס. ואז יוצר רווח של 2.6 ס"מ בין היריעות.

נפח של הקרס שווה לנפח גליל בגובה 4 ס"מ ורדיוס 0.3 ס"מ או

$$(26) \quad \pi \cdot 0.3^2 \cdot 4 = 1.13097$$

סמ"ק. נפח 50 קרסים 56.549 סמ"ק ומשקלם **63.159** שקל.

(ה) וויים

כתוב בפרשת תרומה (שמות כ"ו, ל"א-ל"ג) "ועשית פרכת וכו' ונתתה אתה על ארבעה עמודי שטים מצפים זהב וויהם זהב וכו' ונתתה את הפרכת תחת הקרסים וכו'". ובפסוק ל"ז "ועשית למסך חמשה עמודי שטים וצפית אתם זהב וויהם זהב וכו'". מכאן שהיו סה"כ תשעה וויים של זהב, אחד לכל עמוד. לא נתפרשה צורה מדוייקת של וויים. נדמה אותם לטבעות, גליל ברדיוס 0.3 ס"מ והוא קפוף כמו אות וו'. נניח שהוא נכנס אל תוך עמוד 4 ס"מ כמו טבעות של קרשים ויוצא החוצה כדי לתמוך בפרכת. עובי הפרכת היה טפח (משנה שקלים ח' ה'). ראש הפרכת היה כרוך על כלונס (רש"י שמות כ"ו ל"ב). נניח שכלונס היה מוט גלילי במידות של בדי הארון, כלומר בקוטר שלש אצבעות או 6 ס"מ. אורך הוו מחוץ לעמוד היה צריך להיות לפחות כעובי הפרכת ועוד עובי הכלונס.

נתבונן ב**שרטוט הפרכת עם הוו**. הפרכת צמודה לעמודי הפרכת ממזרח. ראשה כרוך על כלונס ומחובר על ידי תפירה אל גוף הפרכת למטה מן הכלונס. הוו יוצא מן העמוד ונמשך דרך עובי הפרכת ומתחת לכלונס ומשם עולה למעלה מעל מרכז הכלונס. כדי להלביש את הכלונס יחד עם פרוכת על גבי הוו, צריך להניח שהיה חור בפרכת ברוחב 6 מ"מ כנגד עובי הוו וגובה כ- 4 ס"מ כנגד גובה הוו. חורים אלו היו כנגד ארבעה וויים ולא נראו מבחוץ. ב**שרטוט מוגדל** מסומנים מידות: 4 ס"מ הוו נכנס לתוך העמוד כמו הטבעות בקרשי המשכן, 8 ס"מ עובי הפרכת, 6 קוטר הכלונס, ביחד 18 ס"מ. אבל לאורך זה יש להוסיף החצי עובי הוו 0.3 ס"מ עד אמצע החלק האנכי. החלק האנכי צריך להגיע לפחות עד כנגד מרכז הכלונס. לכן אורכו עם חצי עובי הוו לפחות 3.3 ס"מ. אבל חלק אנכי מן הסתם נמדד באצבעות של 2 ס"מ כמו יתר המידות במשכן. לכן ערך מינימלי שלו 4 ס"מ. אורך הוויים דומה לאורך טבעות אשר דרכן עברו בדי המשכן כמו שלמדנו בפרק ג' לעיל. הקף הטבעת בקוטר 6 ס"מ כ- 18 ס"מ ואורך הפין אשר נכנס לעץ 4 ס"מ.

סימנו מעל העמוד את מקום של קרס אשר מחבר את היריעות. אם הוא נמצא ממש כנגד רוחב העמוד אז הוא לא נראה לא בהיכל ולא בקדש הקדשים. אבל אם הוא נמצא בין העמודים אז מקצתו נראה בין היריעות מצד ק"ק. ב**שרטוט יותר מוגדל** רואים בבירור את מקור אורך אופקי של וו 18.3 ס"מ ואת גובה 4 ס"מ. ערכים אלו נמדדים לאורך צירי הוו.

מכאן ברור שנפח הוו לנפח של גליל ברדיוס 0.3 ס"מ וגובה 22.3 ס"מ והוא

$$(27) \quad 22.3 \cdot \pi \cdot 0.3^2 = 6.30518$$

סמ"ק ומשקלו **7.04224** שקל. נדמה את ווי מסך הפתח לזווי הפרכת כי מן הסתם מסך הפתח היה דומה לפרכת בעוביו ובעובי הכלונס שעליו עליו הוא היה כרוך. לכן נכפיל משקל אחרון ב- 9 וויים. מקבלים **63.380** שקל. נציין שמשקל הוויים כמעט שווה למשקל הקרסים! אכן יש להם אותו רדיוס 0.3 ואורך

22.3 כפול 9 שוה 200.7 כמעט כמו אורך קרסים 4 כפול 50. דבר זה בפני עצמו מאשש את ההנחה שלנו לגבי אורך הווים.

הסכום של משקלות קרסים וווים הוא **126.539** שקל. מתוך העודף של 303.95 בסעיף 15 ג' נשאר לנו **177.41** שקל לבגדי כהן גדול. על כך נדון בפרק הבא.

## 16. זהב בבגדי כהן גדול

### (א) משקל זהב באפוד ובחושן

בפרק 15 א' חקרנו את צורת החוטים שמהם נעשה האפוד. הגענו למסקנה שחוטים בסיסים בין של צמר בין של פשטן בין של זהב היו בקוטר  $100/6$  מקרון והם יצרו מבנה כמו שרואים בשרטוט ארבעה חוטים. ארבע חוטים אלו ממלאים ריבוע של 100 על 100 מקרון. זהב שבתוכו הוא ארבע עיגולים בקוטר  $100/6$  מקרון. יחס של שטח זהב לשטח הריבוע הוא  $\pi/36=0.08727$ . נניח שעובי האפוד היה כעובי דינר 1 מ"מ. נפח של בד זה בשטח אמה על אמה שוה  $48^2 \cdot 0.1 = 230.4$  סמ"ק. לתוך מ"מ אחד נכנסים 10 פעמים 100 מקרון. אילו כל הבד היה עשוי 10 שכבות של ריבועים של 100 מקרון אז נפח הזהב בתוך אמה על אמה של הבד היה 20.1 סמ"ק ומשקלו היה 22.46 שקל. כמובן סידור כזה של חוטים בתוך הבד לא יתכן כי אורגים בד שתי וערב ויש הרבה חללים נוספים. בכל זאת יש כאן רמז. אנחנו נקרב את משקל הזהב באמה של בד ל- 20 שקלים. זהו משקל מנה של בית שני והוא משקל לוג של מים 345.6 סמ"ק. בגד בארמית נקרא מאנא, כמו מנה. גם כלי נקרא מאנא. הזכרנו בפרק 14 שבמנורה כל קישוט: כפתור, גביע, פרח ונר שקלו בדיוק 20 שקל.

מה היה שטח של האפוד? לפי תיאור רש"י (שמות כ"ח ו') אפוד היה עשוי "כמין סינר נשים רוכבות סוסים וחוגר אותו מאחרי כנגד לבו למטה מאצילו רחבו כמדת רוחב גבו של אדם ויותר ומגיע עד עקביו". גובה אציליו היינו מרפק של יד. משם עד עקביו מרחק בערך שתי אמות. רוחב אדם אמה והקף שמלה למטה כאורך עיגול בקוטר אמה, דהיינו שלש אמות. אפוד לא סבב את כל הגוף אלא נשאר פתוח מלפניו. לכן נראה לקבוע את רוחבו שתי אמות. על כן שטח האפוד הוא שתיים על שתיים אמות. לאפוד היו כתפות אשר עלו למעלה עד גובה כתפיים. גובה כתפיים אצל אדם הוא כשלוש אמות. לכן אפשר להניח שאורך הכתפות אמה מכאן ומכאן. רוחב בגד מינימלי הוא שלש אצבעות. לכן נניח שרוחב הכתפות של אצבעות. סה"כ שטח שתי כתפות שתי אמות כפול 3 אצבעות שהם  $1/8$  אמה, דהיינו רבע א"ר. לאפוד היה חשב אשר בו הוא היה חוגר. נתן להניח שאורך של רצועות החשב היה אמה כל אחת: חצי אמה מכאן ומכאן כדי לכסות רוחב הבטן ועוד חצי אמה כדי לקשור. נניח שרוחב ברצועות ג' אצבעות כמו הכתפות. על כן שטח הרצועות ביחד רבע א"ר. נמצא שטח האפוד עם הכתפות ועם החשב 4.5 א"ר.

על החושן כתוב (שמות כ"ח ט"ז) "רבוע יהיה כפול זרת ארכו זרת רחבו". זרת היינו חצי אמה של 48 ס"מ. לכן שטח החושן היה חצי אמה על חצי אמה וכן הכפל שלו. ביחד חצי א"ר. סה"כ שטח האפוד והחושן חמש א"ר. אם משקל הזהב בכל אמה היה 20 שקל אז משקל זהב באפוד ובחושן היה בדיוק 100 שקל. מאחר וערך הזהב הוא פי 12 מכסף, אז ערך 100 שקל אלו הוא כמו 1200 שקל של כסף.

הדבר מתקשר לערך מתנות אשר יוסף נתן לאחים. "לכלם נתן לאיש חלפות שמלת ולבנימן נתן שלש מאות כסף וחמש חלפת שמלת" (בראשית מ"ה כ"ב). יש כאן הקש בין חמש חלפות שמלת לשלש מאות כסף. על כן מחיר שמלה היה 60 שקל. לאחים נתן עשר שמלות – סה"כ ערך 600 שקל וכן נתן לבנימין. סה"כ 1200 שקל כסף. אולי כנגד כתונת פסים אשר יעקב העדיף את יוסף. במה העדיף אותו? כתוב בשבת י' ע"ב שיעקב נתן ליוסף משקל שני סלעים מילת יותר משאר בניו. ובתנחומא (וישב סימן ד') כתוב שנתן לשון של ארגמן. למה שמשה לשון ארגמן? לצורך אבנט! והנה יעקב העדיף אותו בכך שנתן לשון ארגמן לאבנט שלו- והוא סימן לכהונה גדולה או לכהונה סתם.

## ב) פעמונים

כתוב בפרשת תצוה (שמות כ"ח ל"ג-ל"ד) "ועשית על שוליו (של מעיל) רמני תכלת וארגמן ותולעת שני על שוליו סביב ופעמני זהב בתוכם סביב. פעמן זהב ורמון פעמון זהב ורמון על שולי המעיל סביב". רש"י פירש "ביניהם סביב בין שני רמונים פעמון אחד דבוק ותלוי בשולי המעיל". ולפי רמב"ן פעמונים היו בתוך הרמונים החלולים.

ובגמרא (זבחים פ"ח ע"ב) כתוב "שוליו כיצד? מביא תכלת וארגמן ותולעת שני שזורין, ועושה אותן כמין רימונים שלא פיתחו פיהן וכמין קונאות של קנסות שבראשי תינוקות, ומביא שבעים ושנים זגין שבהן שבעים ושנים עינבלין, ותולה בהן שלשים וששה בצד זה ושלשים וששה מצד זה; רבי דוסא אומר משום רבי יהודה: שלשים וששה היו, שמונה עשרה מצד זה ושמונה עשרה מצד זה".

לפי רמב"ם (הל' כלי המקדש ט' ג') המעיל נחלק לשנים כעין טלית קטן שלנו, רק אורכו מגיע עד למטה. ובהמשך כתב "ומביא תכלת וארגמן ותולעת שני וכו' ועושה אותן כמין רמונים שלא פתחו פיהן ותולה אותן במעיל, ומביא שנים ושבעים זוגים ובהם שנים ושבעים עינבלים הכל זהב ותולה בו ששה ושלשים בשולי כנף זה וששה ושלשים בשולי כנף זה, והזוג עם העינבל התלוי בין שניהם כאחד נקרא פעמון עד שיהיו שוליו משני צדדיו פעמון ורמון פעמון ורמון".

מאחר והפסוק "פעמן זהב ורמון" התחיל בפעמון, אז פעמונים היו בפינות הבגד ורימונים ביניהם. לכן מספר רמונים היה 35. מה היה גודל של פעמון? הקף שמלת אדם למטה כמו עיגול אשר קוטרו כרוחב אדם-אמה. לכן הקף מחושב לפי שלש אמות. נניח שרוחב המעיל למטה היה כחצי מספר זה, אמה וחצי או 36 אצבעות. לכן לכל פעמון ורמון ביחד נתן רוחב אצבע. במידות התורה זהו 2 ס"מ. נחלק אותם בשוה, רוחב רמון 1 ס"מ וכן רוחב פעמון. רמון מן הסתם הוא כדור חלול. מה היתה צורת הפעמון?

מקובל לצייר אותם כמו פעמונים שלנו. אבל בשנת 2011 בחפירות בתעלת ניקוז ליד פינה דרום-מערבית של הר הבית נמצא פעמון זהב כדורי קטן ובתוכו עינבל זעיר אשר קשור בחוט זהב והוא משמיע קול. לפעמון זה יש טבעת קטנה בה הוא קשור לבגד. משערים שפעמון זה היה במעיל של כהן גדול (ראה [סרט](#)). מתוך השוואה עם אורך אצבע של שבתמונה נראה שקוטר הפעמון כ- 12 מ"מ. אין לי נתונים על משקל הפעמון. על כן נעשה פעמון בצורת כדור בקוטר חצי אצבע 1 ס"מ ועובי דופן כדינר מ"מ אחד. שטח הכדור  $4\pi \cdot 0.5^2 = \pi$  כפול עובי 0.1 ס"מ נותן נפח 0.31416 סמ"ק ומשקל זהב 0.3509 שקל. משקל 72 פעמונים 25.26 שקל. אומנם, אם קוטר חיצוני של הכדור 1 ס"מ ועובי מ"מ נמדד פנימה אז נפח הזהב

$$(28) \quad 4/3\pi(0.5^3-0.4^3)=0.2555 \text{ סמ"ק}$$



ומשקלו 0.2854 שקל, כ- 10% פחות מלעיל. וי"ל שיתרה היתה משקל הענבל וטבעת בה הפעמון התחבר לבגד. מאחר ולא נתן לחשב תוספות אלו באופן מדויק, נתנה רשות לעשות חשבון תיאורטי פשוט ביותר כמו לעיל.

החשבון שעשינו הוא לדעת חכמים שהיו 72 פעמונים. אבל לפי רבי דוסא משום רבי יהודה היו 36 פעמונים. ואם הם ורימונים מילאו את שלש אמות של שולי המעיל אז גודל שלהם היה כפול: קוטר 2 ס"מ. ואם נעשה דופן שלהם 1 מ"מ כמו לעיל אז נפח שלהם יהיה פי 4 מחשבון הקודם. ואף שמספרם קטן בחצי, משקלם הכולל יהיה כפול! לכן י"ל לדעה זאת שפעמונים לא היו כדורים אלא חצי כדור. וזה דומה יותר לפעמון שהצליל יוצא מיד החוצה.

### ג) משבצות

על כתפות של אפוד היו שתי אבני שהם "מסבת משבצות זהב" (שמות כ"ח י"א) ופרש"י "מוקפות האבנים במשבצות זהב שעושה מושב האבן בזהב כמין גומא למדת האבן ומשקעה במשבצות נמצאת המשבצת סובבת את האבן סביב ומחבר המשבצת בכתפות האפוד". וכן שתיים עשרי אבני החושן "משבצים זהב יהיו במלואתם". לא התבאר גודל האבנים ומשבצות. אבל כן כתוב לגבי חושן שבו היו י"ב האבנים "זרת ארכו וזרת רחבו" (שם, ט"ז). זרת היא חצי אמה של 48 ס"מ, דהיינו 24 ס"מ. בה היו 4 שורות ובכל שורה שלשה אבני המילואים. ריבוע של 24 על 24 ס"מ מתחלק ל- 12 מלבנים שוים של 8 ס"מ ברוחב על 6 ס"מ בגובה. נראה הגיוני לשבץ בכל מלבן כזה באמצע משבצת של 4 ס"מ רוחב על 3 ס"מ גובה- ראה [שרטוט המשבצות](#). מרחק בין משבצת למשבצת כגודל המשבצת. רוחב 4 וגובה 3 אלו מידות המן רק במילימטרים. יתכן שכתונת תשבץ היתה ארוגה משבצות כאלו. נעשה גובה דפנות המשבצת 1 ס"מ. לתוכה נתן לשקע אבן יקרה בנפח 12 סמ"ק. אחת האבנים היא ספיר – סוג של corundum, משקל סגולי 4.0 וחוזק Mohs 9, שני רק ליהלום. משקל אבן כזאת בנפח 12 סמ"ק שוה 48 גר' או 240 קרט. [ברשימת אבני ספיר](#) לפי גודלם, יש רק שבע אבני ספיר בעולם במשקל גדול מזה.

נעשה עובי תחתית ודפנות המשבצת כעובי דינר- 1 מ"מ. זהו עובי סטנדרטי של ציפויים וכלים דקים. שטח תחתית המשבצת 3 על 4 או 12 סמ"ר, הקף דפנות 14 כפול גובה ס"מ אחד שוה 14 סמ"ר. סה"כ שטח 26 סמ"ר כפול עובי 0.1 ס"מ נותן נפח 2.6 סמ"ק. משקל זהב במשקל סגולי 19.3 שוה 50.18 גר'. נשים לב שמשקל הזהב כמעט שוה למשקל האבן, היחס 1.045. מתקיים כאן עיקרון שראינו במשקל הסניפים בפרק 11 שמשקל הכלי שוה למשקל תכולתו. לכן עומק המשבצת 1 ס"מ הוא כמעט הכרחי. (הערה 9: חשבון נפח הזהב שעשינו על ידי הכפלת שטח בעובי הוא פשטני. למעשה יש לעשות משבצת כמו [שרטוט מלמעלה](#). מידות חיצוניות של הדופן 4.1 על 3.1 ס"מ, פנימיות 2.9 על 3.9 ועומק 1 ס"מ. תחתית בעובי 0.1 ס"מ כעין פירמידה חתוכה, בסיס תחתון 3.9 על 2.9 ובסיס עליון 4.1 על 3.1. ואז נפח זהב שוה

$$(29) \quad 4.1 \cdot 3.1 - 3.9 \cdot 2.9 + 4 \cdot 3 \cdot 0.1 + 0.1^3 / 3 = 2.60033$$

ומשקלו 50.1864 גר'. נפח האבן אשר ממלא את החלל שוה 11.31 ומשקל ספיר בנפח כזה 45.24 גר').

כל יתר אבנים יקרות כגון יהלום –משקל סגולי שלהם קטן מ- 4. בפרט שוהם שמזהים אותו עם אגט או אונקיס – משקל סגולי שלו 2.6-2.7. לכן משקל תכולה של משבצת יהיה קטן ממשקל הכלי. אנחנו נניח שמשבצות של אבני שהם בכתפות האפוד היו באותם מידות 4 על 3 ס"מ ברום 1 ס"מ. מאחר ורוחב הכתפות לפי חשבוננו שלש אצבעות או 6 ס"מ, הגיוני להושיב את המשבצות רוחב 3 ס"מ כמגד רוחב הכתפות ואורך 4 ס"מ כנגד אורך כתפות. משקל 14 משבצות הוא  $14 \cdot 50.18 = 702.52$  או **40.655** שקל (אחרי תיקון בהערה 9 **40.6603** שקל).

כל זה בדעת רש"י שפירש (בשמות כ"ה ז') "מילואים- על שם שעושין להם בזהב מושב כמין גומא ונותנין האבן שם למלאות הגומא וכו'". אבל לפי דעת הרמב"ן (שם) אבנים לא היו ממלאים את המשבצת. ואז אפשר שאבן היתה בולטת קצת. נניח שמידות המשבצת מבחוץ היו בדיוק 3 על 4 על 1 ס"מ ועובי זהב היה 1 מ"מ ממעט את המידות האלו מבפנים. אז נפח הזהב היה

$$(30) \quad 4 \cdot 3 \cdot 1 - (4 - 0.2) \cdot (3 - 0.2) \cdot (1 - 0.1) = 2.424 \text{ cm}^3$$

ומשקל הזהב 46.78 גר'. ואת אבן ספיר נעשה כמידות פנימיות 3.8 על 2.8 ברום 1 ס"מ בולטת 1 מ"מ מעל המשבצת. ואז משקל האבן לפי משקל סגולי 4 שוה 42.56. אם משקל כל משבצת 46.78 גר' אז משקל 14 משבצות היה 654.96 גר' או **37.90** שקל.

#### ד) ציץ

כתוב בפרשת תצוה (שמות כ"ח ל"ו-ל"ח) "ועשית ציץ זהב טהור וכו' והיה על מצח אהרן וכו'". ובגמרא (שבת ס"ג ע"ב) כתוב "תניא: ציץ כמין טס של זהב, ורוחב שתי אצבעות, ומוקף מאוזן לאוזן, וכתוב עליו בשתי שיטין: יו"ד ה"א למעלה וקודש למ"ד". שתי אצבעות זהו 4 ס"מ. לגבי האורך יש להסתפק האם הוא נמדד כנגד קצה עליון של האוזן או מגבול פנימי של האוזן (כלפי האף). במקרה הראשון נתן לכוון את אורך הציץ בטפחים שלמים לשלשה טפחים ומבקרה השני לשני טפחים. מקרה שני לכאורה עדיף כי אז הציץ נמצא כולו על המצח ולא נכנס לתחום שערות. וכן הוא נראה כולו על פני הכהן. נעשה את עובי הציץ 1 מ"מ כמו בכל מקום. במקרה הראשון משקל הציץ

$$(31) \quad 4 \cdot 24 \cdot 0.1 \cdot 19.3 / 17.28 = 10.722$$

שקל ובמקרה השני  $2/3$  ממספר זה או **7.148** שקל.

#### ה) טבעות ושרשרת

כתוב בפרשת תצוה (שמות כ"ח כ"ב-כ"ד) "ועשית על החשן שרשת גבלת מעשה עבת זהב טהור. ועשית על החשן שתי טבעות זהב ונתת את שתי הטבעות על שני קצות החשן". ועוד שתי טבעות בגבול תחתון של החושן (שם, פסוק כ"ו). ועוד שתי טבעות כנגדם בצד תחתון של כתפות (שם, כ"ז). סה"כ היו שש טבעות זהב. לא התפרשה מידת הטבעות. אולי יש לדמות אותם לנזמים במשקל בקע אשר אליעזר נתן לרביקה וכן נזמים שנתנו בני ישראל לעגל (ראה תחילת פרק 3). בקעה היא מחצית שקל 8.64 גר', נפח הזהב  $0.447668$  סמ"ק. נתן לעשות ממנה טבעת בעובי 3 מ"מ כעובי המן ובקוטר של עיגול אשר במרכז הטבעת אצבע 2 ס"מ. קוטר פנימי של טבעת כזאת הוא 17 מ"מ ונתן לענוד אותה על אצבע של אשה. אכן נפח טבעת זאת

$$(32) \quad 2\pi \cdot 1 \cdot \pi \cdot 0.15^2 = 0.444 \text{ cm}^3$$

דיוק מפליא!

מאחר ושרשרות הוקשו לטבעות אולי משקל כ"א מהם היה חצי שקל כמו משקל הטבעת? ואז משקל שש טבעות ושתי שרשרת היה בדיוק ארבעה שקלים!

עכשיו ננסה לחשב את מידות השרשרות. מילה עבות מלמדת שהם נעשו על ידי קליעה של חוטים בודדים. מספר קטן ביותר הוא שלשה חוטים. נעשה עובי החוטים 1 מ"מ כמו יתר המידות. שטח חתך של שלשה חוטים  $3\pi \cdot 0.05^2$  סמ"ר. כדי להגיע לנפח של טבעת 0.447668 צריך אורך חוט

$$(33) \quad 0.447668 / (3\pi \cdot 0.05^2) = 18.9996 \approx 19 \text{ cm.}$$

נשים לב למופת שקבלנו מספר כמעט שלם של סנטימטרים.

איך אורך זה של החוט מסתדר עם קשירה של טבעת עליונה למשבצת עליונה? נתבונן **שרטוט אפוד והחושן**. לפי חשבוננו בסעיף א' אורך האפוד מלמטה למעלה הוא שתי אמות וממנו יוצאות כלפי מעלה שתי כתפות באורך אמה. ביחד 3 אמות. זהו גובה הכתפיים מעל קרקע. אבל אפוד מרוחק מקרקע לפחות טפח ואצבע. מדוע? מתחתיו בולט כלפי מטה מעיל עם פעמונים- חצי אצבע מעיל וחצי אצבע פעמונים והם מגיעים כנראה עד קרסולים בגובה טפח מעל קרקע. לכן כתפות עליונות נקפלות על עובי הכתפים מלמעלה. וכן כתב רש"י בשמות כ"ח ז' "ומגבו של כהן היו מחוברות בחשב שתי חתיכות כמין שתי רצועות רחבות אחת כנגד כל כתף וכתף וזוקפן על שתי כתפותיו עד שנקפלות לפניו כנגד החזה ועל ידי חבורן לטבעות החשן נאחזין מלפניו כנגד ליבו שאין נופלות כמו שמפורש בענין והיו זקופות והולכות כנגד כתפיו ושתי אבני שהם קבועות בהן אחת בכל אחת". לכן שרשרות היו צריכות להגיע לגובה הכתפיים ועוד קצת כדי להיכנס רווח בין אבן שוהם למשבצת.

בשרטוט סימנו גבהים: קרקע 0, מעיל 8 ס"מ, תחתית אפוד 10, אורך האפוד שתי אמות של 48- לכן גבול עליון שלו 106. זהו בערך גובה אצילי ידיים- הוא גובה תחתית ידיים מקופלות בזוית 90 מעלות. גובה כתפים 3 אמות או 144 ס"מ. החושן זרת 24 ס"מ נמצא באמצע בין אצילי ידיים לכתף. לכן מרכז החושן נמצא בגובה 125 ס"מ. מצד שני חושן היה כנגד הלב כמו שכתוב "ונשא אהרן את שמות בני ישראל בחשן המשפט על לבו וכו'". נבחר מקום נקודתי של גובה הלב בגובה פיטם. משם עד גובה כתפים בערך 19 ס"מ (מדידה עצמית). קיבלנו אותה תוצאה.

**בשרטוט מוגדל** רואים תמונה יותר מפורטת של חיבור שרשרת למשבצת. אם קצה אחד של טבעת תפור בקצה עליון של החושן, אז קצה השני בולט 2 ס"מ. משם עד גובה הכתף 5 ס"מ. ועוד 1.1 ס"מ גובה דופן המשבצת. ועוד אולי ס"מ להיכנס פנימה בין דופן המשבצת והאבן. סה"כ 7.1 ס"מ. נתן להראות שקליעה של שלשה חוטים מקצרת אותם ביחס  $9/(2\pi\sqrt{3}) = 0.827$ . לכן חוט 19 ס"מ יתקצר ל- 15.71 ס"מ. מתוכם 1.11 ס"מ להקיף עובי טבעת 3 מ"מ (ראה **שרטוט הקף**) וישאר 14.6 ס"מ אשר מתחלק לשני חצאים של 7.3 ס"מ לעומת 7.1 ס"מ לעיל. אבל כדי להיכנס למשבצת מעל הדופן בעובי 1 מ"מ צריך תוספת של כ- 3 מ"מ. לכן החשבון מכוון!

כעת אנחנו יכולים להבין איך קצות השרשרות נתפסו במשבצת. נתבונן בשרטוט של משבצת עם **אבן שוהם**. מידות חיצוניות של המשבצת 31 על 41 מ"מ ומידות פנימיות 29 על 39. אבן השוהם מידות שלה 29 על 37 ועובי 10 מ"מ. בין האבן ולבין הדופן של המשבצת נשאר רווח 2 מ"מ. עיגול אשר מקיף שלשה חוטים של השרשרת בעובי 1 מ"מ- קוטרו 2.155 מ"מ. אבל שלשה חוטים אלו יכולים להיכנס ברווח 2 מ"מ כמו שרואים בשרטוט. תהליך הכנסה של השרשרות היה כנראה הבא: היו מוצאיים את האבן, בקצה חלל המשבצת היו מכניסים קצות שתי שרשרות, מכניסים קצה של האבן לקצה מרוחק של חלל המשבצת ולוחצים על קצה הקרוב של האבן פנימה. ואז קצה זה דוחס את קצות השרשרות ונועל אותם ואת עצמו בתוך המשבצת. פעולה זאת דורשת סיוע של לפחות אדם אחד והיא דומה לענידת דרגות לקצינים.

דבר זה מתרץ את שתי קושיות שרמב"ן שאל על פרוש רש"י שאבנים ממלאים את המשבצות. שאלה אחת איך שרשרות התחברו למשבצות, ושאלה שניה מדוע אבני שוהם לא נקראים אבני מילואים. אכן אבני שוהם אינם ממלאים את המשבצות אלא בעזרת שרשרות.

לסיכום: משקל הטבעות והשרשרות ביחד **4 שקלים**.

(1) **סיכום משקל זהב בבגד הכהן הגדול**

סכום המספרים בסעיפים א'-ה' הוא

$$(34) \quad 177.07 = 100 + 25.263 + 40.6603 + 7.148 + 4$$

אפשרות שניה- משבצות לפי דעת הרמב"ן וציץ באורך שלשה טפחים נותנת משקל

$$(35) \quad 177.88 = 100 + 25.26 + 37.90 + 10.722 + 4$$

עודף זהב לפני חישוב בגד כהן גדול בסוף סעיף 15 היה **177.41** שקל. פתרון ראשון עדיף כי הפרש יותר קטן 0.34 שקל וגם יש מספיק זהב.

**17. סיכום ההנחות במאמר**

1. משקל השקל 17.28 גר', אמה 48 ס"מ ומשקל סגולי של זהב 19.3

אלו הנחות יסוד אשר התבררו כבר במאמרים קודמים

2. משקל הכפורת ככר-מסורת קדומה

3. עובי ציפוי ארון ובדיו 0.3 מ"מ- נקבע כך שכיסוי זהב על ידי ארון חיצוני כנגד עובי הכפורת ישלים את זהב בשכבה עליונה של הכפורת לככר. מספר זה הוא 1/10 מעובי המן.

4. גובה הזר מעל הכפורת 4 מ"מ כמו רוחב המן

5. בדי הארון- קוטר חיצוני שלש אצבעות 6 ס"מ. אורך 10 אמות. קצוות לא מצופים כדי שיוכלו להתארך.

6. טבעות הארון היו בקוטר 6 ס"מ- הקוטר מתייחס לאמצע עובי הטבעת

7. רדיוס חתך הטבעת היה 3 מ"מ כמו עובי המן

8. פין של טבעת נכנס באלכסון לפינת הארון לכל עובי הדופן

9. כתוצאה מהנחות 3-8 קבלנו משקל זהב הארון (ללא כפורת) 3000.003 שקל. מופת זה מאמת את כל ההנחות האלו.

9. משקל כרוב 12500 שקל. הדבר התברר במאמר קודם והוא נותן ערך שני הכרובים 25000 שקל כמו מאה ככר כסף אשר בני ישראל תרמו לאדנים

#### הנחות לגבי מזבח הזהב

10. ציפוי מזבח זהב היה כעובי דינר מ"מ אחד – זה כתוב בגמרא, רק דייקנו מידת עובי הדינר בכל מקום.

11. במזבח היו שתי טבעות אשר נכנסו באלכסון לפינות המזבח. מידותיהם כמו של הארון

12. עובי הבדים היה מתאים לקוטר פנימי של הטבעות. עובי ציפוי הבדים היה כדינר. אורך הבדים היה עודף אמה מכאן ואמה מכאן על אלכסון של המזבח. גם קצוות של הבדים היו מצופים זהב.

#### הנחות לגבי השולחן

13. עובי ציפוי זהב של השולחן ושל בדים היה כדינר כמו במזבח הזהב

14. דף השולחן היה בעובי טפח והוא נכלל בגובה השולחן 9 טפחים

15. רגלים היו טפח על טפח. מקום חיבור רגלים לשולחן לא היה מצופה זהב

16. מסגרת היתה מצופה זהב מבחוץ ומלמעלה (או מלמטה אם היתה למטה), לא מבפנים.

17. לשולחן ולמסגרת היה זר. גובה של זר היה כמו בארון 4 מ"מ ועוביו דינר כמו ציפוי השולחן

18. בנוסף היו שתי קערות – דפוסים להניח בהם לחם. מידות הדפוס התאימו למידות הלחם אבל עובי דפנותיו היה 0.3 מ"מ כמו בארון. זהב הקערות היה כנגד ציפוי מסגרת מצד פנים שהיה חסר. לכן משקלם ביחד היה 257.333 שקל

19. בשולחן היו ארבע טבעות אשר נכנסו באלכסון לפינות. מידות הטבעות היו בדיוק כמו במזבח הזהב.

20. בדים היו לאורך השולחן והיו בולטים אמה מכאן ואמה מכאן מאורכו. עובי הבדים וציפוי היו כמו בבדים של המזבח

#### הנחות לגבי מנקיות וקשות וכפות

21. משקל כולל שלהם היה כמשקל הסולת ממנה נעשה הלחם 24 עשרונים במשקל סגולי של  $\frac{2}{3}$  לעומת מים והוא 2304 שקל

משקל זה מאומת על ידי חשבון מפורט. מתוכו כפות הם שני בזיכין שוקלים 10 שקלים כ"א.

#### הנחות לגבי מנורה

22. משקל מנורה 3000 שקל כמו שכתוב. הוא חושב במאמר קודם. בנוסף 20 שקל משקל ארבעה כלים של מנורה, כ"א משקל חמשה שקלים.

#### הנחות לגבי המשכן

23. עובי ציפוי הקרשים  $\frac{1}{60}$  של מילימטר כעובי חוטי זהב בבגדי כהן גדול. זהו עובי של סיבי צמר דקים וסיבי פשטן עבים.

24. טבעות בקרשים דרכם עברו בדים היו כמו טבעות הארון, רק הפין הנכנס לעץ היה 4 ס"מ ולא אלכסונו כי הוא נכנס באופן ישיר.

25. ציפוי הבדים היה על ידי צינורות חלולים בקוטר אמצעי 6 ס"מ ועובי דינר אשר התחברו לאמצע עובי הטבעות.

26. טבעות בראשי הקרשים היו בקוטר אצבע כמו שכתוב בברייתא דמלאכת המשכן. טבעת ישיבה בתוך החריץ אשר מידותיו התאימו לחריצת ידות הקרשים. לכן אורך הטבעת היה 24 על 24 ס"מ או שתי אמות.

27. קרסים היו כפופים מצינור באורך שתי אצבעות וקוטר 6 מ"מ כמו קוטר הטבעות. מספרם 50 כמו שכתוב.

28. ווים היו גם כן בקוטר 6 מ"מ ואורך כ- 22 ס"מ כאורך הטבעות. אורך מדויק היה 22.3 ס"מ והוא נגזר מעובי הפרוכת 8 ס"מ ועובי הכלונס עליו היתה תלוי הפרוכת. היו 9 ווים כמו מספר עמודי הפרוכת ועמודי מסך הפתח. מתברר שמשקל הווים כמעט שווה למשקל הקרסים.

אחרי חשבון של כל הסעיפים 1-28 נשארו במשקל זהב 29 ככר ו- 730 שקל, עודף 177.41 שקל

#### הנחות לגבי בגדי כהן גדול

29. שטח האפוד, כתפות והחושן על שני חצאים שלו הוא 5 א"ר. משקל זהב בכל אמה 20 שקל כמו מנה של בית שני וכמו משקל לוג מים.

30. פעמונים היו כדורים חלולים בקוטר חצי אצבע 1 ס"מ ועובי דינר. מספרם היה 72.
31. משבצות היו תיבות 4 על 3 ס"מ ברום 1.1 ס"מ ועובי דפנות ותחתית 1 מ"מ. מספרן היה 14.
32. ציץ היה ברוחב שתי אצבעות, אורך שני טפחים ועובי דינר ויתכן שהיה באורך שלשה טפחים.
33. טבעות של החושן ושל האפוד היו כמו נזמים במשקל בקע. מספרן היה 6.
34. שתי שרשרות היו במשקל בקע כ"א. הם היו קלועים משלשה חוטים בקוטר 1 מ"מ ואורך 19 ס"מ. מידות אלו התאימו למשקל והתאימו לתפקידם.
- אחרי חשבונות בסעיפים 29-34 נשאר עודף משקל 0.34 שקל או חוסר 0.47 שקל (תלוי בשתי אפשרויות בסעיף 32).

## 18. מסקנות העולות מן המאמר

המסקנה העיקרית היא שתורה היא תורת אמת אשר נתנה ביד בורא עולם אשר התאים מתמטיקה וקבועים בטבע כך יתקיימו זהויות כפי שהראנו. מי שחולק על כך מתבקש להציע הנחות הגיוניות אחרות שיתנו בסוף את המשקל המבוקש עם גודל אמה מתחרה ומשקל שקל מתחרה (ולא יתאים אותם כדי לקבל שוויון).

אחרי שמקבלים את המסקנה העיקרית, נתן לקבל מסקנות שימושיות. מאחר ונצטרך לעשות כלי המקדש ובגדי כהן גדול אז יש במאמר זה חידושים מעשיים. את הארון לא נוכל כנראה לעשות ואולי יתגלה הארון אשר נגנו. מזבח הזהב פחות או יותר ידוע והוא קצת שונה ממזבח אשר היה במדבר כמו שכתוב בהערה 5. צורת המנורה כבר התבררה במאמר. ישנו חידוש לגבי צורת לחם הפנים וצורת הסניפים אשר תמכו בו. למבנה המשכן אין לכאורה נ"מ. יש חשיבות לגבי בגדי כהן גדול. צורת החוטים, גודל החושן, משבצות, גודל האבנים, פעמונים, ציץ, טבעות, שרשרות. עדיין לא ברור איך אורגים בד עבה מ"מ מחוטים בעובי 100 מקרון ואיך אורגים פרוכת בעובי טפח. כנראה היתה אריגה תלת ממדית.

## 19. נספח: משקל הפרוכת

לשאלה זאת יש השלכות על אפשרות שווים שהצענו החזיקו את הפרוכת. אם פרוכת היתה מלאה בעובי של טפח אז משקל שלה היה אדיר. משקל סגולי של בד צמר ארוג לפי בדיקה שלי (בטלית גדול) הוא 0.8 ג/סמ"ק. רוחב הפרוכת 10 אמות או 480 ס"מ. אורך הפרוכת עם עניבה כמו שרואים בשרטוט 505 ס"מ. משקל הפרוכת 1551.36 ק"ג או 29.926 ככר. כמעט מדויק 30 ככר כמו משקל הארון בסעיף 7. משקל זה נתמך על ידי 4 ווים בקוטר 6 מ"מ. נקודה בה הכלונס לחץ על הוו היתה במרחק  $11=3+8$  ס"מ מן העמוד. לכן מומנט סיבובי של המשקל על הוו היה

$$(36) \quad 1551/4 \cdot 10^3 \cdot 980 \cdot 11 \text{ gr} \cdot \text{cm}^2/\text{sec}^2 \approx 4.2 \cdot 10^9 \text{ gr} \cdot \text{cm}^2/\text{sec}^2$$

במאמר בפרק 13 עשינו חשבון של חוזק מנורה ושם השווינו מומנט חיצוני ל-  $\sigma_0 \pi r^3/4$  כאשר

$\sigma_0$  הוא מקדם של מתיחה ו- $r$  רדיוס של מוט. אצלנו  $r=0.3$  cm. לכן

$$(37) \quad \sigma_0 \pi r^3 / 4 = \sigma_0 \cdot 0.0212 = 4.2 \cdot 10^9, \quad \sigma_0 = 1.98 \cdot 10^{11} \text{ gr/cm/sec}^2 = 19800 \text{ MPa}$$

אצל מנורה קבלנו ערך 44 MPa. זהב טהור אחרי חיזוקו יכול להגיע ל- yield point 205 MPa. מספר הנ"ל פי 100 גדול ממנו! לכן וויים אלו בשום פנים ואופן לא יחזיקו את הפרוכת! מאידך, בזמן המסע כיסו בפרוכת את הארון (במדבר ד' ו'). ואז בנוסף למשקל הארון 30 ככר היה משקל הפרוכת 30 ככר. יחד 60 ככר, או 778 ק"ג על כל טבעת. ומאחר וטבעות אלו היו בעובי 6 מ"מ וכן הפין שנכנס לתוך העץ, אז הם בוודאי לא יעמדו במאמץ כזה. אלא על זה נאמר בסוטה ל"ה ע"א שארון נשא את נושאו, כולל פרוכת. ואולי היה נס שפרוכת נשאה את עצמה בהיותה תלויה על הוויים? וכן משה תלה אותה יחידי משקל של 30 ככר ובזמן מסעות אהרן עם שני בניו הורידו אותה.

ומאחר ומסך הפתח היה תלוי על אותם וויים והוא היה כנראה בעובי טפח כמו הפרוכת, אז גם בו היה נס. והיו עוד ניסים במשכן. על ארבע עגלות שנתנו למררי, שמו על כל אחת 12 קרשים של המשכן ועוד עמוד פרוכת כמו חצי הקרש. נפח קרש 15 אמות מעוקבות פחות 270 טפחים מעוקבים ואשר הוחלפו בשני אדנים של ככר כ"א. אם משקל סגולי של ארז 0.5 אז משקל הקרשים בדיוק 50,000 שקל ו- 12.5 קרשים סה"כ 625000 שקלים או 208.33 ככר ועם זהב אשר על הקרשים ביחד כ- 212 ככר. זהו משקל 11 טון! ואיך ארבע צירים של העגלה החזיקו משקל זה? זהו משא המתאים למשאית בינונית ולא לעגלה באורך 5 אמות הנהוגה על ידי שני שוורים.

האם קיים פתרון בדרך טבע אשר יסביר איך וויים החזיקו את הפרוכת? כן, אפשר לעשות וויים בעובי 2 ס"מ כמו קני המנורה וגם לקרב את נקודת המגע בין וו לכלונס אל העמוד. במקום לענוב את הפרוכת על גבי כלונס אפשר לתלות אותה ברצועות ברוחב 1 ס"מ מתחת לכלונס. נתבונן בשרטוט [ו](#) [חדש](#). הרצועות הן המשך של הפרוכת, אפשר לרכז שם חוטי פשתן בלבד שהם חזקים ביותר. משקל הפרוכת מופעל על נקודה במרחק 4 ס"מ מן העמוד. לכן המומנט יקטן ביחס 4/11. לעומת זאת רדיוס של וו גדל ביחס 10/3 וחזקה שלישית שלו גדלה ביחס 1000/27. לכן  $\sigma_0$  קטן פי 27/1000x4/11 ל- 194 MPa. ערך זה נמצא בגבולות יכולת עמידה של זהב. ויתכן שהיתה בזהב זה תוספת קטנה של נחושת כדי לחזק אותו כי לא כתוב בהם זהב טהור.

אבל ל- 9 וויים כאלו נצטרך תוספת זהב. אורך הוו 12 ס"מ ונפח  $12\pi$  סמ"ק ומשקל זהב 42.106 שקל, כפול 9 וויים שווה 378.95 שקל. מניין ניקח אותו? אולי מטבעות עליונות של קרשי המשכן? נתן לקצר אותם בשני ס"מ כמו שרואים בשרטוט. נחסוך בכך אורך  $47 \times 2 = 94$  ס"מ ומשקלו 329.83 שקל. ועוד חסכנו משקל ישן של וויים 63.38 שקל. סה"כ יישאר לנו עודף 14.26 שקל. טבעות חדשות מכסות שטח יותר גדול בראש הקרש וגם  $26 \times 2 = 52$  סמ"ר בצד הקרש למעלה. דבר זה מקטין את שטח הציפוי שעוביו 1/600 ס"מ. עבור 47 טבעות נקבל חסכון של 6.48 שקל. ביחד 20.74 שקל. מעודף זה אפשר לעשות שתי כפות של 10 שקלים לקטורת. אבל כפות לקטורת לא הוזכרו בין כלים אשר נעשו מזהב התנופה. בכל מקרה נזדקק לנס שהארון נשא את עצמו וגם את הפרוכת שעליו. נציין שלא נתן לעשות טבעות ופין של ארון בעובי 2 ס"מ כי משקל הזהב של ארון 3000.00 שקלים מכוון ביותר.

פתרון אחר שפרוכת היתה חלולה, שתי פרוכות בעובי קטן תלויות על כלונס בעובי 8 ס"מ. גם בצדדים היו ארוגות וגם למטה כעין שק. לכן בדי הארון היו בולטים דרך הפרוכת. וכן תתכן פרוכת



בעובי אמה כמו הצעת תוס' ביומא נ"א ע"ב ד"ה "ועבוד" . אבל ממשנה שקלים (ח' ה') משמע שפרוכת היתה מלאה ומאד כבדה (**הערה 10**: כתוב שם: "פרוכת עביה טפח ועל שבעים ושנים נימין נארגת ועל כל נימא ונימא עשרים וארבעה חוטיין ארכה ארבעים אמה ורחבה עשרים אמה ומשמונים ושתיים רבוא נעשית ושתיים עושין בכל שנה ושלוש מאות כהנים מטבילין אותה". שמונים ושתיים רבוא היינו 820,000 שקלים. והחשבון מכוון ביותר. אם פרוכת של משכן שקלה 30 ככר אז פרוכת של מקדש שני אשר היתה פי 8 גדולה ממנה משקלה 240 ככר או 720000 שקלים. אבל אמות המקדש היו 51 ס"מ לעומת אמות המשכן של 48 ס"מ. לכן שטח הפרוכת היה פי 9.03 גדול יותר (אבל עובי נשאר טפח של 8 ס"מ) ומשקלה 812812 שקל. אם פרוכת היתה מגולגלת על כלונס בקוטר אמת המקדש 51 ס"מ אז נתן לראות כמו בשרטוט שתהיה לה תוספת אורך 131 ס"מ ומשקלה לפי משקל סגולי של בד 0.8 יהיה

$$(38) (40 \times 51 + 131) \times 20 \times 51 \times 8 \times 0.8 / 17.28 = 820,155.6$$

שקל שהם 273.4 ככר. כדי לשאת אותה נדרשו 274 כהנים, כי משא אדם הוא ככר. אומנם גמרא (חולין צ' ע"ב) קוראת למספר 300 כהנים לשון הואי ורבא קורא גוזמא. וי"ל שגוזמא היא 300 במקום 274. וכן לגבי תפוח באמצע המזבח פעמים שהיה עליו כשלוש מאות כור. מקום מערכה היה 24 על 24 אמות הארץ של 51 ס"מ שהם 25.5 אמות תורה של 48 ס"מ. אם היה צבור עליו אפר בגובה אמת התורה אז נפח שלו היה

$$(39) 25.5^2 \times 1/3 \times 40/30 = 289$$

כור. כאן גוזמא לקרוא 300 ל- 289. ולגבי גפן זהב משא 300 כהנים, המשקל מכוון ל- 300 ככר או 900,000 שקל או 1.5 שקל לכל אחד מששים ריבוא בני ישראל. והוא ערך שנת עבודה של יעקב אצל לבן, 1/7 מערך שני צמידים חמשה שקלים ונזם בקע שאליעזר נתן לרבקה. והוא 360 ימי עבודה בשכר גרה ליום. והוא משקל של זהב בנפח שקל ממוצע של בית שני של 14.1 גר')