

6.2 כיצד נבקע ים-סוף ?

חציית ים-סוף נחשבת כנס המרשים ביותר שהתחולל במהלך יציאת מצרים. הוא מיוחד בגודלו ובעוצמתו, כי מטרתו היתה להראות למצרים את גדולת ה': וַיִּדְעוּ מִצְרַיִם כִּי אֵין ה', בְּהַכְבֵּדִי בְּפָרְעָה בְּרַכְבוֹ וּבְפָרְשָׁיו.

אך כיצד מים יכולים להבקע ? ברצוני להציע הסבר מדעי לכך¹.

ראשית נבחן את דברי המקרא (שמות יד):

וַיֵּט מֹשֶׁה אֶת יָדוֹ עַל הַיָּם, וַיִּזְלַךְ ה' אֶת הַיָּם בְּרוּחַ קָדִים עֲזָה כָּל הַלַּיְלָה, וַיִּשָּׁם אֶת הַיָּם לַחֲרֵבָה וַיִּבְקְעוּ הַמַּיִם². וַיָּבֹאוּ בְנֵי יִשְׂרָאֵל בְּתוֹךְ הַיָּם בַּיַּבֵּשָׁה, וְהַמַּיִם לָהֶם חוֹמָה מִיַּמִּינָם וּמִשְׂמָאלָם. וַיִּרְדְּפוּ מִצְרַיִם, וַיָּבֹאוּ אַחֲרֵיהֶם כָּל סוֹס פָּרְעָה רַכְבוֹ וּפָרְשָׁיו אֶל תּוֹךְ הַיָּם. וַיְהִי בְּאַשְׁמֶרֶת הַבֹּקֶר, וַיִּשְׁקֹף ה' אֶל מַחֲנֵה מִצְרַיִם בְּעִמּוּד אֵשׁ וָעָנָן, וַיִּהְיֶה אֶת מַחֲנֵה מִצְרַיִם. וַיִּסַּר אֶת אַפְּן מִרְכַּבְתּוֹ, וַיִּנְהַגְהוּ בַכַּבֵּדֶת.... וַיֵּט מֹשֶׁה אֶת יָדוֹ עַל הַיָּם, וַיִּשָּׁב הַיָּם לַפְּנוֹת בְּקֶרֶב לְאִיתָנוּ, וּמִצְרַיִם נָסִים לַקְרָאתוֹ וַיִּנְעַר ה' אֶת מִצְרַיִם בְּתוֹךְ הַיָּם ... לֹא נִשְׁאָר בָּהֶם עַד אַחַד.

אירוע חציית הים נזכר בהרבה מקומות המקרא, וכולם שבים ומתארים תופעה גיאולוגית אדירת מימדים, שנגרמה בגלל זעזוע סייסימי עצום. הארץ רעשה ורעדה כל כך, עד שנדמה שהרים וגבעות יצאו במחולות³. גופי מים גדולים שינו במפתיע את כיוון זרימתם. התחוללו תופעות אקלימיות בקנה מידה עולמי.

❖ ראוך מַיִם אֲלֵהֶם, ראוך מַיִם יַחִילוּ, אף יִרְגְּזוּ תַהֲמוֹת. זָרְמוּ מַיִם עֲבוֹת, קוֹל נָתַנוּ שְׁחֻקִים, אף חֲצִיךְ יַתְהַלְכוּ. קוֹל רַעֲמָךְ בַּגִּלְגָּל, הַאִירוּ בְּרַקִּים תְּבַל, רַגְזָה וַתִּרְעַשׂ הָאָרֶץ... (תהילים עז).

❖ בְּצֵאת יִשְׂרָאֵל מִמִּצְרַיִם, בֵּית יַעֲקֹב מֵעַם לַעֲזָר. הִיְתָה יְהוּדָה לַקִּדְשׁוֹ, יִשְׂרָאֵל מִמְּשֻׁלוֹתָיו. הַיָּם רָאָה וַיִּנְס, הִיִּרְדֵן יָסַב לְאַחֹר. הַהַרִים רָקְדוּ כְּאֵילִים, גִּבְעוֹת כִּכְבֵּי צֶאֱן. מַה לָּךְ הַיָּם כִּי תִנּוֹס, הִיִּרְדֵן תִּסַּב לְאַחֹר. הַהַרִים תִּרְקְדוּ כְּאֵילִים, גִּבְעוֹת כִּכְבֵּי צֶאֱן ? מַלְפָּנֵי אֲדוֹן חוֹלֵי אֶרֶץ, מַלְפָּנֵי אֱלֹהֵי יַעֲקֹב (שם קיד).

❖ קוֹל ה' עַל הַמַּיִם, אֶל הַכַּבֹּד הַרְעִים, ה' עַל מַיִם רַבִּים. קוֹל ה' בַּכַּח, קוֹל ה' בְּהִדְר. קוֹל ה' שִׁבְר אֲרָזִים וַיִּשְׁבֵּר ה' אֶת אֲרָזֵי הַלְּבָנוֹן. וַיִּרְקְדוּ כְּמוֹ עֵגֶל, לְבָנוֹן וּשְׂרִין כְּמוֹ בֶן רְאֵמִים. קוֹל ה' חֲצַב לַהֲבוֹת אֵשׁ. קוֹל ה' יַחִיל מַדְבָּר, יַחִיל ה' מַדְבַּר קִדְשׁ (שם כט).

❖ אֶרֶץ רַעֲשָׁה גַם שְׁמַיִם נִטְפוּ גַם עֲבִים נִטְפוּ מַיִם. הַרִים נָזְלוּ מִפְּנֵי ה', זֶה סִינֵי מִפְּנֵי ה' אֱלֹהֵי יִשְׂרָאֵל.

שים לב שהמקרא מתאר רעידת אדמה בקנה מידה אדיר, שנמשכה זמן רב.

¹ זוהי השערה בלבד, שכן אין דרך אמפירית להוכיח אותה. ובכל זאת, היא נשענת על עקרונות מדעיים מוכחים.

² יש המשערים כי הרוח היא שגרמה לבקיעת המים. לא רק שאין לכך היתכנות (הדבר הוכח בניסויים), אלא שהרוח היתה מעיפה את האנשים. ובנוסף, הרוח נשבה בכיוון הלא נכון (ממזרח למערב), דהיינו בניגוד לכיוון החציה.

³ המילים מחול, יחילו ו- חולי נגזרות מהשורש ח-ו-ל. מוטיב הריקוד נזכר במפורש: הַהַרִים רָקְדוּ כְּאֵילִים. שורש זה מתאר גם פחד: הַאֲוִתִי לֹא תִירָאוּ נְאֻם ה', אִם מִפְּנֵי לֹא תַחִילוּ ? (ירמיהו ה), וכן: לְבִי יַחִיל בְּקִרְבִי וְאִימוֹת מוֹת נִפְלוּ עָלַי (תהלים, נה). שני הפירושים מתאימים לתיאור האירוע הקטקליסמי, שבו הארץ כולה גם רקדה משמחה וגם רעדה מפחד.

6.2.1 צונאמי

ליבת כדור הארץ עשויה ממאגמה לוחטת ועל פניה צפה מעטפת כדור הארץ, הבנויה מהלוחות הטקטוניים. לוחות עצומים אלה (בסדר הגודל של יבשות), אינם קבועים במקומם אלא "שטים" באיטיות על פני המאגמה. אזורי המגע בין הלוחות מועדים לפורענות, כי בגלל החיכוך התנועה אינה רציפה אלא מתרחשת ב"קפיצות", וכשקפיצה כזו מתרחשת, האנרגיה שהצטברה באזור המגע משתחררת בבת אחת, ונגרמת רעידת אדמה. אם רעידת האדמה מתרחשת בקרקעית הים (או בסמוך אליו), נוצר גל צונאמי.

יכולים להיווצר שני סוגי צונאמי, בהתאם לכיוון תנועת הלוחות:

❖ אם הלוחות מתקרבים זה אל זה, יוצר צונאמי "עולה". הלוח האחד הולך ודורס את השני, וגורם לו לשקוע כלפי מטה, אלא שהלוח הנדרס גורר איתו את קצה הלוח הדורס, ההולך ומתכופף מטה, תוך שהוא צובר אנרגיה (בדומה ללוחית קפיצית מכופפת בכח). בשלב מסוים, הכח האלסטי גובר על כח החיכוך שבין הלוחות, והקצה המכופף משתחרר ומזנק בפתאומיות למעלה. כל שכבת המים שמעל האזור תנוע גם היא למעלה, ויווצר גל. תחילתו של הגל בתנועה למעלה, דהיינו יוצר רכס על פני המים. כשרכס המים מגיע אל חוף, הוא מציף את החוף.

❖ לעומת זאת, אם הלוחות מתרחקים זה מזה, יוצר צונאמי "נסוג". באופן דומה למתואר לעיל, הלוח העליון הולך ונמתח עקב תנועת הלוח שמתחתיו, עד שהוא משתחרר ומזנק אחורה, ובתנועת הנסיגה נוצר חלל. שכבת המים קורסת מטה, ונוצר גל שראשיתו בתנועה מטה, כלומר יוצר "שקע" במים. כאשר השקע מגיע אל החוף, הים נסוג לאחור. התופעה נקראת **Tsunami Drawback**.

גלי הצונאמי מתפשטים במים ונושאים איתם אנרגיה אדירה. בלב ים, הגל מתקדם במהירות, ואורך הגל (דהיינו המרחק בין רכס אחד לרכס הבא) ארוך מאוד (מאות ק"מ) והזמן בין רכס למשנהו עשוי להיות מספר שעות.

6.2.2 גלים עומדים

גלים נעים בתווך (למשל גלים במים או גלי קול באוויר). בהגיע הגל אל קצה התווך, הוא מוחזר כגל חוזר. הגלים הנעים קדימה **מתאבכים** עם הגלים החוזרים. בכל נקודה, עוצמת הגל המשולב היא סכום שני הגלים. במקומות מסוימים רכס של גל אחד פוגש שקע של גל אחר, ושם הגלים מבטלים זה את זה (התאבכות הורסת). במקומות אחרים רכס אחד יפגוש רכס אחר, כך שהם יעצימו זה את זה ותיווצר התאבכות בונה.

כשתדירות הגל מתאימה (כשאורך התווך שווה לכפולה של חצי-אורך-גל¹) נוצר "גל עומד". הגל החוזר מסונכרן עם הגל המקורי. המים נעים רק מעלה-מטה ולא קדימה-אחורה. שים לב שנקודות הצומת אינן זזות: סכום הגלים בנקודות אלה תמיד שווה לאפס ולכן הן תמיד במנוחה (ראה **סימולציה**).

סרטון זה ממחיש גלים עומדים במים. מחולל הגלים, הנמצא בקצה המרוחק של התעלה, מכה במים בקצב הנקבע ע"י מבצע הניסוי. בקצב המתאים נוצרים במים גלים עומדים.



¹ ראה הסבר מלא בויקיפדיה.





איור 602: עמודים של מים

ניסוי אחר מראה כיצד **מים יכולים לעמוד כעמודים זקופים**, אם רק יתקיימו התנאים המתאימים. הרעדת הקערה מחוללת גלים שפוגעים בדפנות ונהדפים כגלים חוזרים. במקומות בהם מתרחשת התאבכות בונה נוצרים רכסים.

בתדרים מסויימים מתרחשת התאבכות בונה של יותר משני גלים ונוצרים רכסים גבוהים במיוחד ונוצרים

עמודי מים!

זה כנראה ההסבר לכך שהמים נערמו ונעמדו (ניצבו):
וּבְרוּחַ אֶפְיֹךְ נִעְרְמוּ מַיִם נִצְבּוּ כְמוֹ נֵד נְגִלִים (שמות טו).

6.2.3 מימדי הים האדום



הים האדום הוא שלוחה ארוכה היוצאת מהאוקינוס ההודי. הוא חלק מה**בקע הסורי-אפריקני**, ומשתרע לאורך קו המגע בין הלוח הערבי לבין הלוח האפריקאי, ההולכים ומתרחקים זה מזה.

באזור מתרחשות בד"כ רעידות אדמה חלשות עד בינוניות, אך לעיתים רחוקות גם חזקות.

צורתו המיוחדת ומימדיו של הים האדום הם שאיפשרו את חציית הים. נשים לב תחילה לעובדות הבאות:



איור 603: הבקע הסורי-אפריקני. המקור: ויקיפדיה.

מיצרי באב-אל-מאנדב מחברים את הים לאוקינוס.

משם יוצאת הזרוע הראשית, וליד האי טיראן היא מתפצלת לשני מפרצים: מפרץ סואץ הנוטה מערבה ומפרץ אילת, מזרחה.

שים לב לאורכים (המדוייקים!) של גופי המים הללו:

❖ מבאב-אל-מאנדב עד טיראן: **1,920** ק"מ.

❖ אורך מפרץ סואץ: **300** ק"מ.

❖ מפרץ אילת מתחלק לשני קטעים:

← מטיראן ועד פי-החירות: **120** ק"מ

← מפי-החירות ועד אילת: **60** ק"מ.

כל המרחקים הם כפולות שלמות של 60 ק"מ !

6.2.4 בקיעת הים

עתה הגיעה השעה לקשור את הקצוות, ולראות כיצד התרחשה בקיעת ים-סוף.

האירוע התחיל בזעזוע סייסמי אדיר, שגרם לצונאמי באוקינוס ההודי. בגלל התרחקות הלוחות, הצונאמי היה מהסוג ה"נסוג" (מה לך הים כי תנוס?) ולכן חלק ממימי הים האדום "נמשכו" החוצה אל האוקינוס ההודי. בכך ירד מפלס המים, כך שהגשר התת-ימי נחשף ואפשר היה לעבור עליו.

אך כיצד יכולים המים לעמוד כחומות משני צידי המעבר, ומדוע החומות לא קרסו?

כזכור, המקרא מציין שהארץ רעדה כל כך, עד שההרים נראו כמרקדים. קצב הרעידה ומימדי הים-האדום איפשרו יצירת גלים עומדים, שהדהדו בכל גופי המים והשתמרו לאורך זמן שהספיק לחציית הים.

הרעידה היתה באורך גל שהתאים בדיוק¹ ליצירת גלים עומדים בים האדום ומפריציו². הגשר התת-ימי נמצא בדיוק בנקודת צומת של הגל העומד, ולכן במקום זה לא היתה שום תנועה של המים. העם עבר על פני הגשר החשוף, בעוד שבשני אגני המים שלצידיו עולים ויורדים רכסי המים!

וכיצד שב הים לאיתנו? הצונאמי הנסוג משך בתחילה את מימי הים האדום אל האוקינוס ההודי. אך לאחר כמה שעות, רכס הגל הגיע אל מיצרי באב-אל-מנדב. רכס זה, במהלך תנועתו צפונה, לא רק שהפר את האיזון העדין שאיפשר את הגלים העומדים בכל מקום שהגיע אליו, אלא שגם העלה את מפלס המים חזרה לרמתם המקורית, ואף יותר³. בסופו של דבר הוא הגיע אל הגשר התת-ימי והציף אותו בעוצמה רבה.

¹ מה צריך להיות אורך-הגל בכדי שיווצר הדהוד? צריך שמספר שלם של מחצית אורך-הגל ייכנסו ב- 60 ק"מ.

² המיצרים שימשו כדופן של האגן, שממנה הוחזר הגל. בנוסף, הם תפקדו כמבודדים: הם מנעו תנועת כמויות גדולות של מים בזמן קצר מצד אל צד, דבר שהיה מביא לבריחת אנרגיה מאגן אחד למשנהו, ודעיכת אפקט הגל העומד. מיצרי טיראן בודדו את מפרץ אילת (המכיל מעט מים) מהזרוע של הים האדום (המכילה הרבה יותר מים). מיצרי באב-אל-מאנדב בודדו את הים האדום מכמות המים האדירה שבאוקינוס ההודי.

³ עפ"י תיעוד ערבי קדום, בזמן חציית ים-סוף גל גדול שטף את כל חופי הים האדום, כולל את העיר מכה.

