



משבר המים העולמי ומהפכת המניה החכמה

דו"ח סקירה עולמית והזווית הישראלית | 2026





"WATER IS THE BLOOD OF THE EARTH AND RIVERS ITS VEINS."

Leonardo da Vinci

תוכן עניינים

1	.....	הקדמה מטרת הדו"ח והזווית הישראלית
2	.....	כדור במלכודת הקשר שבין גידול אוכלוסייה, אורבניות ותיעוש למשבר האקלים
4	.....	חם מתחמם לזה! גלי חום ובצורות - ההשפעה שלהם על חיינו בכדור הארץ
7	.....	צימאון עולמי משאב במחסור - היצע מים פוחת אל מול ביקוש גובר
12	.....	פחת (איבוד) המים כמה משמעותית בעיית איבוד המים? מאד!
15	.....	המניה החכמה שלב ראשון והכרחי לניהול יעיל ומתקדם של משק המים
20	.....	נזילות וחסכון מים בישראל - נתוני ארד לשנת 2025
22	.....	נספח רשימת מקורות

יוסטון, יש לנו בעיה!

ארד במספרים



מים זורמים הם הבסיס ליצירת וקיום החיים על כדור הארץ. הקיץ בשנים האחרונות ממחיש לעולם שמים הם לא דבר מובן מאליה. משבר האקלים יצר תמונה ברורה וחדה - מחסור במים. תמונות המחסור לא מגיעות ממדינות מתפתחות ועניות, אלא ממדינות העולם המערבי המפותח. המחסור לא פגע רק בחקלאים לאורך נהר הקולורדו בארה"ב, או באספקת החשמל המבוסס על תחנות כוח הידרואלקטריות בנהר היאנגצה בסין. ספקי מים באירופה, בארה"ב ובמקומות אחרים, לא מצליחים לספק מי שתייה בברזים למאות עיירות. Zero Day - שם הקוד ליום בו יפסיקו לזרום מים בברזי הבתים, הפך מתסריט דמיני למציאות שמאיימת על האנושות.

דו"ח זה נועד לחשוף בפני הציבור בישראל את הקשר בין משבר האקלים לעוצמת משבר המים בעולם, ומקומה של המדידה החכמה במאבק לחסכון במים ובמשאבים.

קבוצת ארד לוקחת חלק חשוב במתן פתרונות לצמצום משבר המים העולמי. הקבוצה שהוקמה בשנת 1941 עוסקת בטכנולוגיות לניהול מיטבי של משק המים. ההבנה שכדי לנהל את משק המים באופן יעיל ומודרני יש צורך בפתרונות מדידה, הובילה את מנהלי הקבוצה ועובדיה לחקור, לפתח ולייצר מדים מדויקים וחכמים יותר. הניסיון הרב שנצבר והיוזמה הישראלית הטיפוסית, אפשרו לקבוצה לפרוץ ולהצליח ברחבי בעולם. כיום מוצרי הקבוצה מותקנים ביותר מ-60 מדינות ברחבי הגלובוס, בסיוע 5 חברות בנות בצפון ודרום אמריקה, אירופה ואסיה.

דו"ח זה נועד לחשוף בפני הציבור בישראל את הקשר בין משבר האקלים לעוצמת משבר המים בעולם, ומקומה של המדידה החכמה במאבק לחסכון במים ובמשאבים. ידע זה נרכש בקבוצת ארד לאור ניסיונה ופעילותה, כמי שמספקת שירותי מדידה לאלפי ספקי מים בעולם. חשוב לומר שמשק המים של ישראל מהווה סיפור הצלחה של ממש וזוכה להערכה רבה בעולם. ראשי המשק והמדינה השכילו להבין את חשיבות המים לחיינו פה, השקיעו תקציבים וקידמו פתרונות טכנולוגיים, שהציבו את ישראל במצב ייחודי שאין בה כיום מחסור במים. כדי להבטיח מים זמינים שנים קדימה, חובה להמשיך להשקיע ולפתח טכנולוגיות חדשות וליישם פתרונות חכמים בשטח. לצד זה חשוב לקדם חינוך לחסכון במים בקרב כלל הצרכנים ובפרט הדור הצעיר.

גבי ינקוביץ,
מנכ"ל קבוצת ארד

"WATER IS THE MESSENGER DELIVERING THE BAD NEWS OF CLIMATE CHANGE TO PEOPLE AROUND THE WORLD."

Jay Famiglietti,
director of the Global Institute for Water Security at Canada's University of Saskatchewan¹.

כדור במלכודת

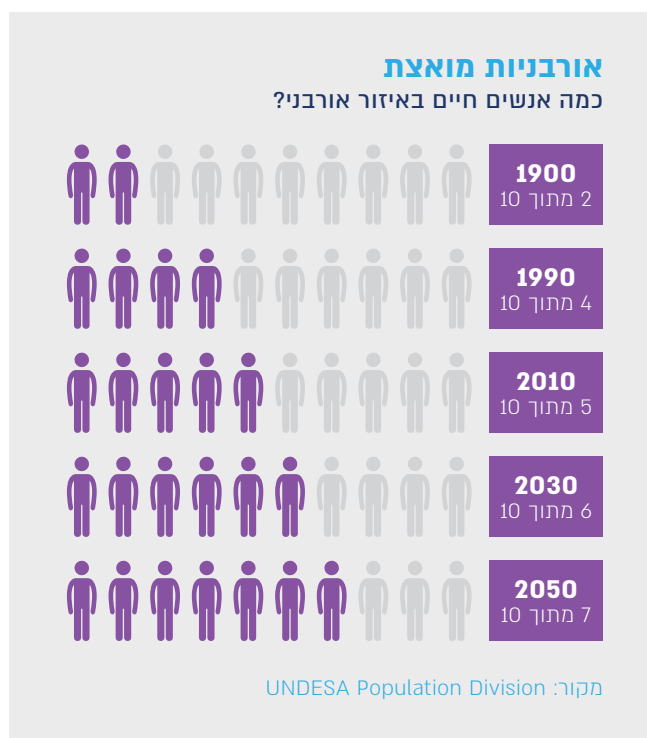
גידול האוכלוסייה אורבניות ותיעוש

על אף שערים ברחבי העולם
מהוות רק 3% מהשטח הקרקעי,
הן צורכות כ-2/3 מצריכת האנרגיה
העולמית, ומייצרות כ-50%
מהפסולת המוצקה בעולם

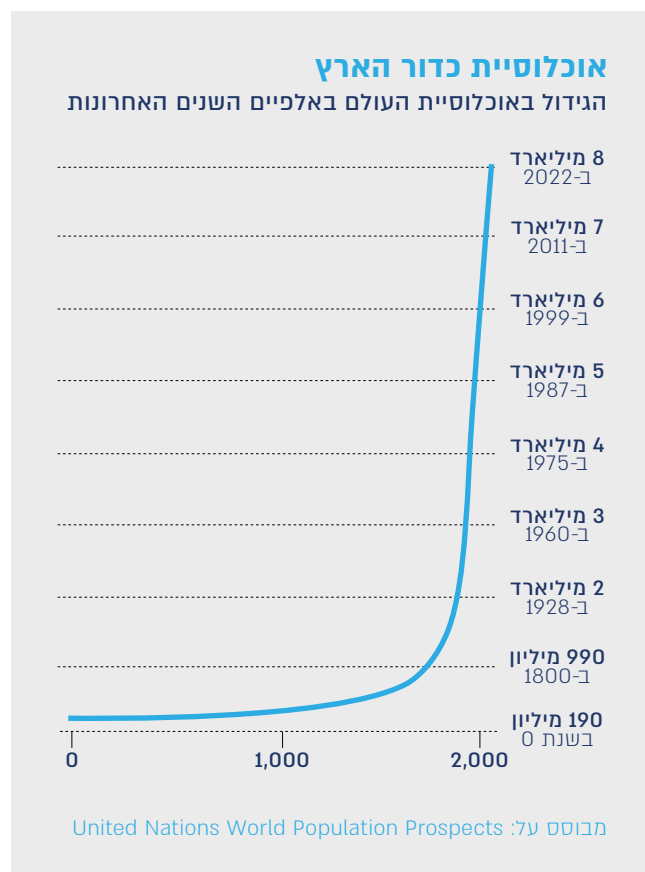
לצד הגידול באוכלוסייה התרחשו שתי תופעות משמעותיות הכרוכות אחת בשנייה ואשר החישו את המשבר. האחת, היא עיור (אורבניזציה) שלה השלכות רחבות. מספר האנשים הגרים בערים כמעט ושילש את עצמו ב-45 השנים האחרונות מ-1.5 מיליארד איש בשנת 1975, ל-4.3 מיליארד אנשים בשנת 2020. אוכלוסיית הערים צומחת בכל רחבי העולם וצפויה להגיע לשיעור של 60% מאוכלוסיית העולם כבר בשנת 2030.

הכדור שלנו הפך במאה השנים האחרונות לצפוף, בזבזני ומזהם. השילוב בין גידול אוכלוסיין, מודרניות וחוסר התחשבות בסביבה, הוביל למה שמכונה משבר האקלים, והפך אותו לאיום קיומי של ממש. המשבר הוא תולדה של מעשי בני האדם ואורח חייהם, כך טוענים מרבית החוקרים והמומחים.

אוכלוסיית העולם הגיעה בנובמבר 2022 ל-8 מיליארד בני אדם. לקח לאנושות אלפי שנים להגיע למספר של מיליארד בני אדם בכדור הארץ. זה קרה בשנת 1805. למיליארד השני לקח לנו כבר 122 שנה (בשנת 1927). מאז זינקה אוכלוסיית העולם, כאשר הגידול של מיליארד בני אדם מהמיליארד ה-7 ל-8, ארך 11 שנים בלבד! צמיחה כה חדה מייצרת עומס עצום על משאבי הטבע שלנו והסביבה.



לצד התועלות שישנן במגורים אורבניים, לצורת חיים זו השפעה משמעותית על משבר האקלים. על אף שערים ברחבי העולם מהוות רק 3% מהשטח הקרקעי, ערים, על התחבורה והבניינים שבהן, צורכות כ-2/3 מצריכת האנרגיה העולמית, מייצרות כ-50% מהפסולת המוצקה בעולם ואחראיות ל-75% מסך פליטת ה-CO2 בעולם.





פליטות גזי חממה לפי סקטורים | 2024



Source: The UNEP's [Emissions Gap Report 2025](#), for the COP30 climate conference in Brazil.

התופעה השנייה שהתרחשה היא תיעוש צומח ומתרחב שהחל במהפכה התעשייתית במאה ה-19, וצבר תאוצה משמעותית ב-50 השנה האחרונות. המגורים בערים לצד העלייה ברמת החיים ותרבות הצריכה, חייבו האצת הקמתם של מפעלים שונים, מחשבים ותקשורת, תחבורה מאסיבית, תיירות מודרנית, בנייה נרחבת ותעשייה מתקדמת. במצב שכזה כלכלת העולם נשענת כמעט לגמרי על השימוש בדלקים מבוססי פחמן (דוגמת פחם, נפט וגז טבעי) על מנת לספק את צרכי האנרגיה העצומים הדרושים לה. אלה פולטים לאטמוספירה כמויות הולכות וגדלות של גזי חממה ומביאים לעליית הטמפרטורות בכדור הארץ. המרכזי מבין גזים אלו הוא פחמן דו-חמצני, אשר יותר ממחצית הגידול בפליטתו התרחש מאז 1970, בעיקר כתוצאה מהתחבורה, התעשייה וייצור החשמל, תחילה במדינות באירופה ובצפון אמריקה ובהמשך גם באסיה. במקביל, גבר קצב כריתת היערות והרס שטחי טבע, שהיו יכולים לספוג חלק מגזי החממה, ונוצרה פגיעה קשה ביכולת המערכת הטבעית להתמודד עם הגידול ברמות הפחמן הדו-חמצני.

חם, מתחמם, לוהט!

אחת ההמחשות המשמעותיות של העלייה בטמפרטורה היא גלי חום ובצורות. על פי דו"ח של אמנת האו"ם למאבק במדבור (UNCCD), Drought in numbers 2022, מאז שנת 2000, מספר ומשך הבצורות עלה ב-29% ברחבי העולם. בצורות מהוות רק 15% מאסונות הטבע - אך גרמו למספר ההרוגים הרב ביותר, והרגו כ-650,000 בני אדם בין השנים 1970-2019. אנו על מסלול עלייה במשך תקופת הבצורות וחומרת הנזק שהן גורמות, לא רק על חברות אנושיות, אלא גם על המערכות האקולוגיות שבהן תלויה הישרדותם של הצמחים ובעלי החיים בעולם.

מאז שנת 2000, מספר ומשך הבצורות עלה ב-29% ברחבי העולם. בצורות מהוות 15% מאסונות הטבע, אך גרמו למספר ההרוגים הרב ביותר והרגו כ-650,000 בני אדם בין השנים 1970-2019.

העלייה החדה בריכוז האטמוספרי של גזי חממה, הובילה למשבר האקלים העולמי, שהוביל בין השאר לעלייה בטמפרטורות בכדור הארץ. בין השנים 1850-1900 לשנים 2011-2020, עלתה הטמפרטורה העולמית ב-1.1 מעלות צלזיוס. עליה זו היא אחת הסיבות לעלייה באירועי מזג אוויר קיצוניים דוגמת שיטפונות ובצורות, שלהם השפעה על הסביבה ועל חייהם של מיליוני אנשים. התחזיות הן שהתדירות והעוצמה של אירועי קיצון אקלימיים יגברו בהתאם לעלייה בטמפרטורה הגלובלית. מחקר שנערך לאחרונה העריך כי אסונות טבע הקשורים למים, משיטפונות ועד בצורות, עלולים לעלות לתמ"ג העולמי 5.6 טריליון דולר בין 2022 ל-2050.



Climate change expresses itself through water. Already, 9 out of 10 natural disasters are water related. Jan 25, 2021

בתמונה: שריפה בקליפורניה, אוגוסט 2020

Photo by: Jaden Schaul

9 מתוך 10 אירועי משבר אקלים קשורים במים

סופות הוריקן, טורנדו וטייפון קטלניות
 "קתרינה", ניו אורלינס 2005, "סנדי", ניו יורק 2012, "היאן", פיליפינים 2013; "איאן", פלורידה 2022

גלי חום קיצוניים הגורמים לשריפות ענק וזיהום אוויר ולבצורות קשות
 מע' אירופה 2003, רוסיה 2010, אוסטרליה 2019/20, קליפורניה ארה"ב 2018-2020, הוואי 2023.

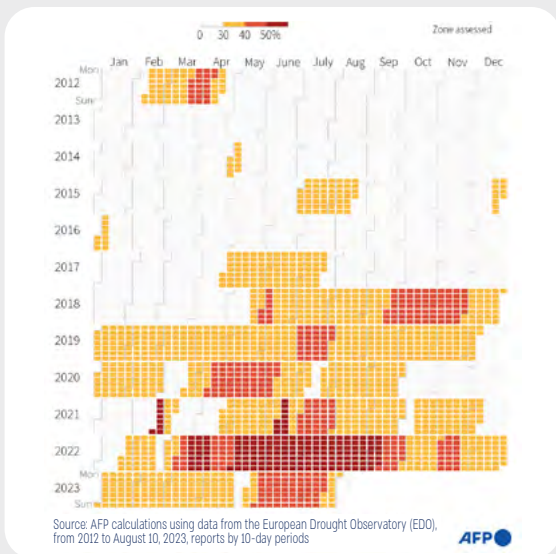
גלי קור קיצוניים הגורמים לאירועי שלג חריגים
 אירופה 2009-10/12, ירושלים 2013, ארה"ב 2019/21

הצפות ושיטפונות רבי עוצמה
 אנגליה 2014, ונציה 2019, גרמניה ובלגיה 2021, פקיסטן 2022

צונאמי קטלני
 דרום מזרח אסיה 2004; יפן 2011; אינדונזיה 2018

אירופה: בצורת ארוכות, תכופות וקשות יותר

שיעור השטחים באירופה ואזור הים התיכון המושפעים מבצורת (2012-2023)⁸



בארה"ב הטמפרטורות הגבוהות משפיעות בעיקר על מדינות המערב והדרום. דו"ח First Street's analysis מראה כי המדינות שצפויות לראות את העלייה הגדולה ביותר ברצף ימים עם גלי חום הן טקסס, לואיזיאנה, ארקנסו, מיזורי ופלורידה⁹. גלי חום ממושכים וקיצוניים הפוכים ערים כמו פיניקס אריזונה, ולאס וגאס נבאדה, לכמעט בלתי ניתנות למחיה במהלך הקיץ. שריפות יער ניצתות כעת כל השנה, כאשר יערות ושטחי מרעה הפכו לדליקים יותר מאי פעם. בתקופות של בצורת, עשוי לרדת גשם, אך הוא אינו מצליח לשנות את המחסור שקיים. מחקר שנערך בשנת 2022 מצא כי תקופת היובש הנוכחית, שהחלה בשנת 2000, היא הגרועה ביותר מזה 1,200 שנה¹⁰.

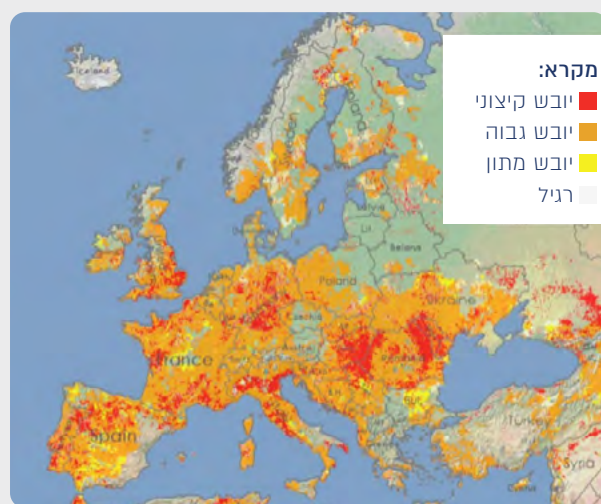
על פי Drought Monitor US נכון ל-12 באפריל 2022, עם סיום תקופת החורף, 90% מהקרקעות במערב ארה"ב נמצאו בצורת מתונה או גרוע מכך. האידוי המואץ לא תרם למצב האגמים והנהרות. תחילת חורף 2022/3 גם היא לא בישרה טובות. נכון לדצמבר 2022, 85% משטח קליפורניה היו במצב של בצורת קשה ו-40% של בצורת קיצונית. מאז נפתחו שערי שמיים וקליפורניה חוותה שתי מערכות גשם ושלג משמעותיות, שהובילו אותה, נכון ל-11 באפריל 2023, לשיפור משמעותי בתמונת הבצורת¹¹. אבל אל נטעה, השיפור בכמות השלגים והזרימה החזקה בנחלים, לא יכולים לתקן נזק של שנים. יתרה מכך, השלג הרב צפוי להיות מופשר מהר, מה שיגרום למיליון מהיר מדי של המאגרים, ושחרור (איבוד) של מים מהם כדי למנוע הצפות. המשמעות היא שיידרשו עוד מספר שנים ברוכות ויציבות כדי לתקן את המחסור, בעיקר בכל הקשור לטעינת מי התהום.

אירופה כמה שזה נשמע מוזר למרביתנו, נמצאת במצב קריטי. תנאי הבצורת משפיעים על כ-60% מהאיחוד האירופי ובריטניה, ומחריפים כתוצאה מגלי החום הנגרמים משינויי האקלים ברחבי היבשת. כך עולה ממחקר של The European Drought Observatory, אשר בחן את המצב במדינות אירופה בסוף יולי 2022.

יתרה מכך, מומחים טוענים כי חלקים מדרום אירופה עלולים להפך למדבריים ככל שההתחממות תימשך. ערעור האקלים באזור הים התיכון יוביל לזליגת המדבר מדרום ספרד ופורטוגל, ממרוקו אלג'יריה וטוניסיה, צפונה תחילה לעבר סיציליה וטורקיה.

תמונת הבצורת באירופה, אוגוסט 2022

47% משטח אירופה במצב אזהרה, 17% במצב קיצוני



source: European Drought Observatory, 11/08/2022

עפ"י דו"ח שהתפרסם באיטליה ע"י ה-CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) שנת 2022 היתה החמה והיבשה ביותר מאז 1800, כאשר 10 חודשי השנה היו החמים מאז ומעולם באיטליה עם ירידה של 30% בכמות הגשמים. הדו"ח מראה גם שבין 6% ל-15% מאוכלוסיית איטליה גרים באזורים בהם ישנם תנאי בצורת קשה עד קיצונית. קיץ 2023 אמנם לא שבר שיאים אך המגמה נמשכת במלוא עוצה.

"Europe presents a live picture of a warming world, and reminds us that even well-prepared societies are not safe from impacts of extreme weather events"

WMO Secretary General Petteri Taalas



מאגר אנטרפנאס המתייבש, גוודלחרה, קסטייה לה מנשה, ספרד

הדבר הראשון שהגשם שוטף הוא את הזיכרון של הבצורת

התקשורת ומצבו בכי רע. התמעטות הגשמים פוגעת ביכולת הטעינה החוזרת של הטבע את האקוויפרים, ומאידך, שאיבות המים המתוקים הולכות וגדלות בהתמדה ברחבי העולם. מי התהום הולכים ומדלדלים, כאשר יותר מ-30% ממערכות מי התהום הגדולות בעולם מסווגות כ"במצוקה"¹³. אקוויפר Ogallala נמצא מתחת ל-7 עד 8 מדינות במישורים הגדולים במרכז ארה"ב בין המיסיסיפי להרי הרוקי. הוא משקה את החקלאות הנרחבת שגדלה מעליו. לפי חוקרים מאוניברסיטת סטנפורד ואוניברסיטאות אחרות, 40% עד 70% מהאקוויפר ייעלם ב-50 השנים הבאות¹⁴. גם באירופה מסתתר מתחת לפני האדמה משבר קריטי. ניתוח צילומי לוויין של מים תת קרקעיים, חושף מגמה של ירידה בכמות מי התהום ביבשת (למעט בסקנדינביה). לפי החוקרים, היקף איבוד המים שחל ב-20 השנים האחרונות הוא עצום - כ-84 ג'יגה טון, ששווים לכמות המים באגם אונטריו בקנדה (שגדול יותר מפי 100 מהכנרת הישראלית)¹⁵.

הטמפרטורות הגבוהות מהמוצע, גורמות בין אם באירופה בארה"ב או באזורים אחרים לאידוי מואץ של המים הנאגרים, ולהמסה מהירה של השלג בהרים. לשתי תופעות אלו השלכה ישירה עם ההיצע המדלדל של המים המתוקים הזמינים לבני האדם בנהרות ואגמים. הבצורות וגלי החום שחווה אירופה גרמו לכך ש-60% מהנהרות בה אינם בריאים כיום, למרות הרגולציה של האיחוד האירופי שנועדה להגן ולשקם את מקורות המים המתוקים ולהבטיח שכולם יגיעו למצב טוב עד 2027¹². ובזמן

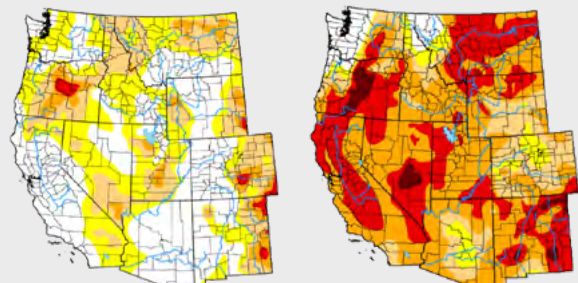
הבצורות וגלי החום שחווה אירופה גרמו לכך ש - 60% מהנהרות בה אינם בריאים כיום

שהתקשורת עסוקה לרוב בהתייבשות הנחלים והאגמים המספקים תמונות דרמטיות, המצב של האקוויפרים (מאגרים תת קרקעיים), מקור המים הגדול ביותר, נמצא רחוק מן העין

תמונת הבצורת במערב ארה"ב

אפריל 2023

אפריל 2022



בצורת קשה	לא
בצורת קיצונית	יובש חריג
בצורת יוצאת דופן	בצורת מתונה

Source: US Drought Monitor, Western US

צימאון עולמי

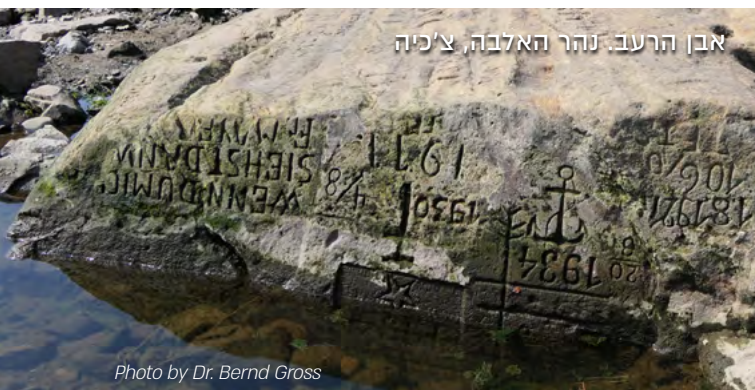


Photo by Dr. Bernd Gross

hunger Stones. Elbe River. Czech Republic.

אחת ההמחשות היוזאוליות שצדה את עין התקשורת, הייתה בנהר האלבה הזורם מצ'כיה דרך גרמניה עד הים הצפוני. הסלע שבתמונה הוא מהבצורת שהיתה באזור בשנת 1616, והוא שוב נחשף לאור הירידה במפלס הנהר בקיץ 2022. על הסלע חרוטות המילים:

**"Wenn du mich siehst,
dann weine"**

ובתרגום חופשי:

**"If you see me,
then weep"**

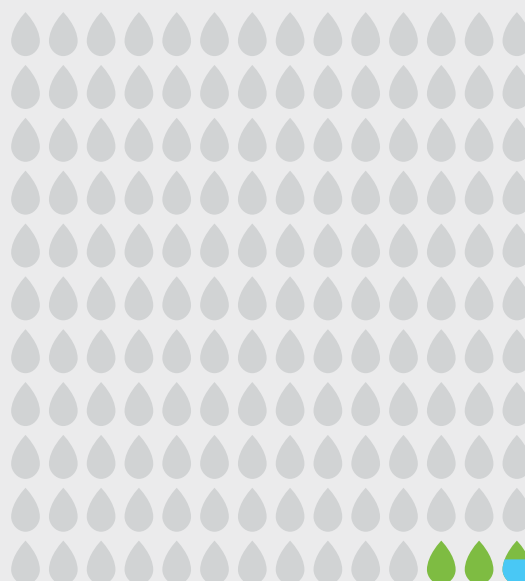
נוספים מהאוקלוסייה¹⁹. המשמעות היא שמספר האנשים החווים מחסור מים חלקי יגדל עוד יותר עד לשישה מיליארד בני אדם בשנת 2050. ביבשת אירופה, שנהנתה במשך אלפי שנים משפע של מקורות מים טבעיים, ההערכות מדברות על כך שכ-35% משטח האיחוד האירופי יהיו תחת מחסור מים גבוה מתמשך עד שנת 2070.

לצד הנתונים הסטטיסטיים היבשים, ישנה רשימה הולכת וגדלה של ערים תחת איום של תרחיש 'יום אפס' (Zero Day) פוטנציאלי כפי שחוותה קייפטאון שבדרום אפריקה בשנת 2018. צ'נאי שבהודו, ראתה את ארבעת המאגרים שלה מתייבשים ב-2019 למרות שהעיר מועדת להצפות. בברזיל, אספקת המים של סאו פאולו הגיעה ב-2015 למרחק של 20 יום ממחסור במים ליותר מ-20 מיליון תושביה. בכפר קמפלס (Campelles) שבקטלוגניה ספרד, כמו גם לכפרים נוספים, הוגבלו בקיץ 2022 המים הזורמים לכמה שעות ביום. העירייה הציבה דליי מים מלאים מדי יום בחמישה מוקדים בכפר למקרי חירום. תרחיש זה חוזר על עצמו גם באוגוסט 2023 בקטלוגניה כמו גם בעיירות בדרום צרפת. דוגמאות אלה היו תמרורי אזהרה בולטים למחסור המחרף במים ולהשפעות שינויי האקלים על אספקת המים העולמית. קיץ 2022 בארה"ב, אירופה וסין והסיקור התקשורתי לו זכה, הוא זה שהצליח להביא את הנושא לתודעה הציבורית ובתקווה לפעולה מצד מקבלי ההחלטות בעולם.

כל עלייה של מעלת צלזיוס אחת בטמפרטורה הנגרמת על ידי ההתחממות הגלובלית, צפויה להביא להכחתה של **20%** במשאבי המים ולהשפיע על **7%** נוספים מהאוקלוסייה.

על אף שמים מכסים 71% מכני כדור הארץ, פחות מ-3% מהם הם מים מתוקים. מתוך אחוז קטן זה כחצי אחוז בלבד זמינים לבני האדם, כאשר היתר נמצאים בקרחונים, עמוק מדי בכדור הארץ או פשוט מזוהמים¹⁶. המשמעות היא שמים הם משאב במחסור נכון להיום, לכשני מיליארד אנשים על כדור הארץ אין גישה למי שתייה בטוחים¹⁷, וכמחצית מהאנושות (3.6 מיליארד אנשים) חווה מחסור מים חמור לפחות חודש אחד בשנה¹⁸. ומה התחזית לעתיד? ובכן כל עלייה של מעלת צלזיוס אחת בטמפרטורה הנגרמת על ידי ההתחממות הגלובלית, צפויה להביא להכחתה של **20%** במשאבי המים ולהשפיע על **7%**

מים בכדור הארץ



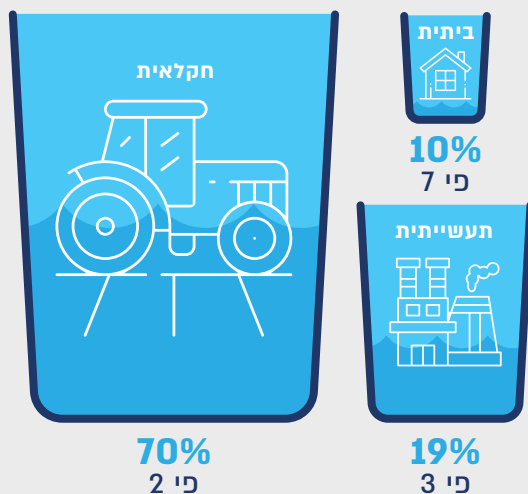
● אוקיינוסים ● קרחונים ● מים מתוקים זמינים

מקור: USGS, US Department of the Interior



נהר פו המתייבש, איטליה יולי 2022

התפלגות צריכת המים בעולם והגידול ב-50 השנים האחרונות



ממוצע כלל עולמי

ביקוש גובר

מעבר להשפעות של משבר האקלים על התדלדלות מקורות המים הטבעיים, בני האדם הם הגורם העיקרי למחסור במים. המים בכדור הארץ נמצאים תחת לחץ הולך וגובר של עלייה באוכלוסייה והביקוש הדרוש להשבעת, לא רק הצימאון, אלא בעיקר התיאבון של אוכלוסיית העולם למזון ולצריכת מוצרים מתועשים.

טרם נדון בשאיבות המים המוגברות, חשוב להבין שבני האדם מזהמים לא רק את האוויר באטמוספירה אלא גם את מקורות המים המדולדלים ממילא. הזיהום נגרם משלל גורמים כגון: שפכים לא מטופלים הכוללים כימיקלים, שאריות תרופות ומתכות כבדות, דשנים וחומרי ריסוס לחקלאות המחלחלים למי התהום ולנחלים, ופסולת מוצקה, בעיקר מפלסטיק, המייצרת בין השאר מיקרו חלקיקי פלסטיק במים. יותר ויותר מקורות מים אינם ראויים יותר לשתייה במיוחד במדינות הלא מפותחות.

מעבר להשפעות של משבר האקלים על התדלדלות מקורות המים הטבעיים, בני האדם הם הגורם העיקרי למחסור במים.

בבואנו לבחון את הביקוש הגובר של מים מצד בני האדם ניתן לראות כי **חקלאות** מהווה צרכן המים הגדול ביותר ברמה הגלובלית, ושיעורה עומד על כ-70% מכלל צריכת המים המתוקים הגלובלית. הצורך בהשקיית גידולים ובעלי חיים גדל ביותר מ-100% ב-50 השנים האחרונות. במושגים של אדם בודד מדובר על בין 2,000 ל-5,000 ליטרים, שנדרשים כדי לספק את צריכת המזון היומית שלו²⁰. אחרי החקלאות ניצב **סקטור התעשייה**, שצורך כ-19% מהצריכה הכוללת, וגדל ביותר מפי שלושה באותה התקופה. שיעור **הצריכה הביתית** מהווה אמנם נתח קטן מהצריכה הכללית (כ-10%), אולם הוא זה שגדל בצורה החריגה ביותר - 600% על פני אותה תקופת זמן²¹.

המחסור במי השתייה אינו מהווה תרחיש עתידי. המחסור קיים כבר היום גם במדינות רבות במערב. בארה"ב, נהר הקולורדו האדיר הוא מקור אספקת מים חשוב ל-40 מיליון אנשים ב-7 המדינות ויומינג, קולורדו, ניו מקסיקו, יוטה, אריזונה, קליפורניה ונבאדה.



אם נבחן את המקרה של ארה"ב נוכל לראות שאוכלוסייתה גדלה פי 2 ב-50 השנים האחרונות ועומדת כיום על כ-330 מיליון תושבים. בתקופה זו צריכת המים עלתה פי 2²³. כל אמריקאי צורך בממוצע בין 300 ל-380 ליטר ביום. עד 2100 אוכלוסיית ארה"ב צפויה לצמוח בעוד 200 מיליון תושבים²³. חשבון פשוט מראה שיהיה צורך בעוד הרבה מים. **המון מים.**

מטחי החקלאות בעולם מגדלים מספוא, בעיקר סויה, למאכל בהמות. **70%**

מחקר מספטמבר 2022 של Verisk Maplecroft מצא שגלי חום גורמים כבר היום לסיכון גבוה ליבולים חקלאיים ב-20 מדינות כולל ענקית החקלאות - הודו. אבל, בשנת 2045 הסיכון יתרחב ל-64 מדינות (כולל ארה"ב, סין וברזיל) שמייצגות 71% מהחקלאות ותעשיית המזון העולמית²⁶. כשמחברים זאת לנתון שעד שנת 2050, ייצור המזון העולמי צפוי לגדול ב-60% עד 27100%, בהשוואה לרמות בשנת 2005, כדי לעמוד בקצב הצריכה של בני האדם – העתיד לא מבשר טובות. הפגיעה בביטחון המזון מתקיימת גם באירופה העשירה ובימינו ולא רק כתרחיש עתידי. צפון איטליה הידוע בחקלאות העשירה והענפה בו, נפגע קשות מהבצורת המתמשכת, והחקלאים שם מסתכנים באובדן של עד מחצית מהתפוקה החקלאית שלהם, כאשר הנזקים כבר צפויים לעלות על מיליארד אירו.

לצד הצורך הגובר במזון והמחסור במים זמינים להשקיה, ניצבת אחת המכשלות של ענף החקלאות והיא חוסר היעילות שבאה לידי ביטוי בשיטת ההשקיה. ברחבי העולם, 85 אחוז מהשדות המושקים, משתמשים עדיין בהשקיית הצפה כפי שנעשה בעת העתיקה. שיטה זו גורמת לבזבז מים גדול²⁸. זה לא קורה רק במדינות מתפתחות.



The World Meteorological Organization, first State of Global Water Resources report, November 2022

הנהר ניזון משני מאגרים אדירים - אגם מיד (Mead) ואגם פאוול (Powell) הנמצאים ברמות שפל ומצטמקים בהתמדה. הנהר פשוט מתייבש כתוצאה מהשילוב של משבר האקלים ושייבות יתר. לפי פרסום של מרכז המחקר של הקונגרס, משנת 2000 פחתה תפוקת הנהר ב-25%. מי הנהר משמשים לא רק לצריכה פרטית, תעשייה ואנרגיה אלא בעיקר לחקלאות שאחראית לבדה על בין 70% ל-80% שאיבת המים הכוללת. החקלאות באגן הקולורדו מהווה מקור אספקה חשוב למזון לבני אדם ובעלי החיים בארה"ב וקנדה. המחסור במים גורר פגיעה ישירה בחקלאות, ובעצם מהווה סיכון לביטחון המזון בצפון אמריקה. בימים אלו ישנו ניסיון פדרלי להציל את הנהר ע"י קיצוץ צריכת המים של המדינות מהנהר באמצעות עריכת הסדר חלוקה חדש. הדבר מייצר מתח רב בין המדינות במיוחד כלפי קליפורניה העשירה שזכתה היסטורית לנתח משמעותי.

נהר הקולורדו הוא מקור אספקת מים ל-40 מיליון איש, אך משנת 2000 פחתה תפוקת הנהר ב-25%

המחשה נוספת שהמחסור בנהר הקולורדו משפיע על כל תחומי החיים היא השפעתו גם על תוכניות הפיתוח והבניה באזור. תוכניות לאכלוס עתידי של 800 אלף אנשים באזור White Tank Mountains מערבית לפיניקס שבאריזונה, עלולות להיעצר במידה והיזמים לא יציגו מקור מים חדש לתמיכה בפיתוח, כמו יבוא מים ממדינות שכנות או טיהור מים קיימים שאינם ראויים לשתיה²⁴. הכנסת שיקולי מקורות מים בהליכי תכנון הבניה, וכתוצאה מכך עיכוב בהתחלות בניה, מהווה אחת הסיבות לעליית מחירי הדיור באזור²⁵.

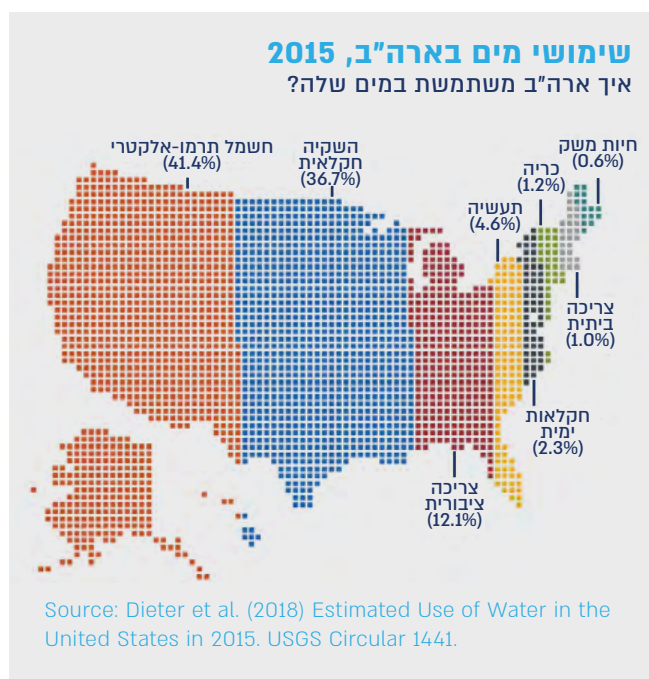
חקלאות

כאשר אנו מביטים על מגזר החקלאות המהווה את צרכן המים העיקרי בעולם (כ-70% מכלל צריכת המים בממוצע עולמי), מתברר ששבעים אחוז משטחי החקלאות בעולם מגדלים מספוא, בעיקר סויה, למאכל בהמות. כלומר, שבעים אחוז לא מיועדים כלל להאכלת בני אדם באופן ישיר, אלא להאכלת בעיקר פרות שאותן יאכלו בני האדם. הפרות מזיקות לאוזון יותר ממכונות ושותות יותר ממים מבני אדם, אבל הביקוש לבשר רק ממשיך לעלות וכך גם הצורך במים להשקיית השדות.



ממבט על מפת חלוקת שימושי המים בארה"ב (נכון ל-2015), ניתן לראות כי ייצור חשמל תרמו אלקטרי עושה שימוש ב-41.3% מהמים בה³⁵. למרות שרק אחוז קטן מהם מתבזבזים, הצורך בכמות עצומה של מים, מונע שימוש במים אלו לצרכים אחרים.

בשנת 2050 61% מהתחנות לייצור הידרו אלקטרי ברחבי העולם יהיו באזור תחת איום גבוה וקיצוני של בצורת, שיטפון או שניהם יחד.



תחנות כוח אלו מוקמות על אגמים, מאגרים ונהרות שונים בעולם, ומייצרות כבר יותר ממאה שנה חשמל ירוק בצורה יציבה. המדינות המובילות בייצור הידרו אלקטרי הן סין (בפער גדול), קנדה, ברזיל, ארה"ב ורוסיה. שינוי האקלים מייצר סיכון של ממש לפעילותן הסדירה הן בשל בצורות ומחסור במים, והן בשל שיטפונות. מחקר שפורסם בשנת 2022 מצא כי בשנת 2050 61% מהתחנות לייצור הידרו אלקטרי ברחבי העולם יהיו באזור תחת איום גבוה וקיצוני של בצורת שיטפון או שניהם יחד³⁶.

בארה"ב לבדה ישנן קרוב ל-1,500 תחנות לייצור חשמל הידרו אלקטרי. הן היוו מקור חשמל אמין מעל 100 שנה (הראשונה הוקמה בשנת 1891). נכון לשנת 2021 ייצור הידרו אלקטרי אחראי ל-6.3% מסך ייצור החשמל בארה"ב, שהם 31.5% מהאנרגיות המתחדשות (בייצור של מעל 1MW)³⁷. 44% מהייצור ההידרו אלקטרי מתקיים בקליפורניה, אורגון וואשינגטון. מכיוון שמאגרי המים העיליים במערב ארה"ב מתדלדלים, הייצור ההידרו אלקטרי שם נמצא כיום תחת איום גבוה.

אם בישראל כבר עשרות שנים השקיה חקלאית נעשית באמצעות מערכות השקיה בלבד, אז בארה"ב 28% מהשדות עדיין מושקים בשיטת הצפה. באריזונה למשל, 89% מהשקיית שדות נעשית בצורה של הצפה, ובמדינות אגן נהר הקולורדו המתדלדל, ישנם 24 מיליון דונם (שטח קצת יותר גדול ממדינת ישראל) שממשיכים לבזבז מיליארדי ליטרים מדי שנה כתוצאה מהצפת שדות²⁹.



תמונה: Midjourney

חוסר היעילות בהשקיית החקלאות מתקיים גם באירופה. ספרד היא המדינה השלישית בהיקף הקרקע החקלאית באיחוד האירופי, והחקלאות בה אחראית על 70%-80% מצריכת המים הכוללת. נכון לשנת 2020, 23% מהשדות החקלאיים עדיין מושקים שלא במערכות השקיה יעילות³⁰. אירופה ככלל צורכת מים רבים לחקלאות שלה. בעוד שרק כ-9% מכלל האדמות החקלאיות באירופה מושקות, חקלאות ייעור ודיג עדיין מהווים כ-60% מכלל צריכת המים באירופה. באביב, אחוז זה יכול לקפוץ אל מעבר ל-60% כדי לסייע ליבולים לגדול לאחר השתילה, במיוחד פירות וירקות מבוקשים ויקרים, כמו זיתים או תפוזים, הדורשים מים רבים כדי להבשיל³¹.

אנרגיה

מים ואנרגיה קשורים זה בזה בקשר בל ינתק. ההערכה היא שבין 5%-7% מעלות התפעול הכוללת של תשתיות מים ושפכים מקורה בשימוש באנרגיה³². אבל מעבר להיות משק המים צרכן האנרגיה ככל הנראה הגדול ביותר, גם משק האנרגיה תלוי בצורה משמעותית במים. ברחבי העולם ייצור והפצת אנרגיה קשורים לכ-10% מצריכת המים ול-3% מכלל השימוש בהם³³. ככל שהביקוש למים ולאנרגיה יגדל, הקשרים ביניהם יתעצמו. מים קשורים לייצור חשמל בין אם בייצור חשמל הידרו אלקטרי, ובין אם בקירור תחנות כוח תרמו אלקטריות וגרעיניות. מכיוון ש-87% מייצור החשמל בעולם מבוסס על תחנות כוח שכאלו (הידרו, תרמו וגרעין) המחייבות אספקת מים גדולה ויציבה, התלות של ענף האנרגיה במים היא אדירה. בישראל, תחנות הכוח התרמו אלקטריות עושות שימוש במי הים התיכון לקירור. אבל 33% מתחנות הכוח התרמו אלקטריות ו-15% מתחנות הכוח הגרעיניות בעולם, עושות שימוש במים מתוקים למטרה זו³⁴.

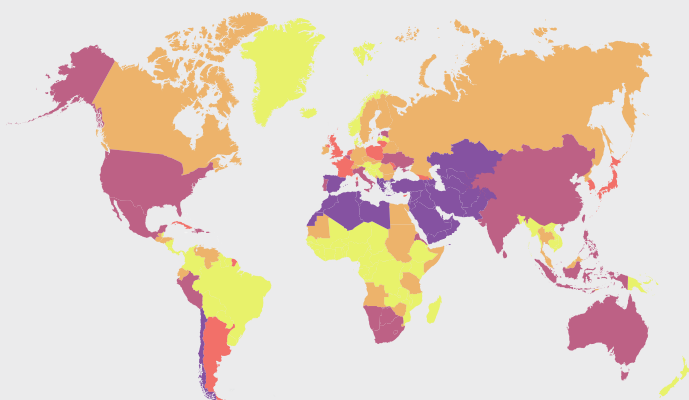
מים - היצע וביקוש



על אף הכפלת הייצור למיליון מכוניות, צריכת המים לא תגדל. הפתרון טמון בהקמת מתקן טיהור ומחזור של המים במפעל והטמעת מגוון טכנולוגיות מתקדמות.

הביקוש הגובר לצד ההיצע הפוחת של מקורות המים הזמינים, מובילים לתחזית פסימית לגבי מצב המים בעתיד. בחינה של מצוקת המים במדינות שונות בעולם בשנת 2040 מראה תמונה עגומה הכוללת 33 מדינות במצב של משבר מים קיצוני⁴⁴.

מצוקת מים בעולם בשנת 2040 יחס ביקוש להיצע



■ נמוך (<10%)
■ נמוך עד בינוני (10-20%)
■ בינוני עד גבוה (20-40%)
■ גבוה מאוד (>80%)
■ גבוה מאוד (>80%)

Source: World Resources Institute

בשנת 2021 קליפורניה נאלצה להפסיק את פעילות תחנת הכוח באגם Oroville בשל ירידת מפלס המים לרמה שלא ניתן להפיק בה חשמל. אבל מקרה זה הוא רק דוגמה אחת, שכן משנת 2019 פחת ייצור החשמל ההידרו אלקטרי במדינה זו ב-62%. המשמעות הישירה היא הגברת הייצור בגז³⁸ על כל ההשלכות על הסביבה ועל המחיר לצרכנים.

מהעבר השני של העולם, בסין, מפעלים בדרום מערב המדינה הפסיקו את פעילותם בקיץ 2022, לאחר שבצורת ממושכת גרמה לירידה משמעותית במפלס נהר היאנגצה. מחוז סיצ'ואן חווה משבר אנרגיה קשה, שכן 80% ממקורות האנרגיה בו מבוססים על ייצור הידרו אלקטרי. כאשר גלי חום ושיטפונות מציפים את שדות האורז במחוזות שונים בסין, העולם חווה עליה משמעותית במחיר האורז. זו רק דוגמה לערעור ביטחון המזון העולמי, שלו השפעה מכרעת על כלכלות רבות.

כלכלה

כמעט כל פן של הכלכלה כרוך במים ומושפע ממשבר המים העולמי. כאשר מפעלים בסין מפסיקים פעילות בגלל משבר אנרגיה שנגרם ממחסור במים, שרשרת האספקה העולמית נפגעת וההשפעה הכלכלית מורגשת בכל יבשת. כאשר מפלס הנהרות באירופה בשפל, תחבורת הנהרות מתקשה לשנע סחורות וחומרי גלם, וגוררת נזק ישיר לענף שמגלגל 80 מיליארד אירו.

לתחום התיירות שהולך וגדל בעשורים האחרונים יש השפעה ניכרת על צריכת מים. אם ניקח לדוגמה מלון גדול, צריכת המים הממוצעת בו פר חדר מאוכלס עומדת על בין 380 ל-1,500 ליטרים ביום, הרבה מעל הצריכה הפרטית הממוצעת³⁹.

תעשיית האופנה גם היא אחת הצרכניות הגדולות של מים כשהערכות מדברות על כ-4% מהצריכה הגלובלית הכוללת⁴⁰. מעבר לכך, אזורי הייצור מרוכזים במספר מדינות כמו סין, הודו, פקיסטן, בנגלדש וטורקיה. אזורים אלו נמצאים תחת איום של בצורות ושיטפונות שצפויים רק להתגבר ולייצר קושי בייצור בשנים הבאות⁴¹.

גם לעליה בדיגיטליזציה העולמית השפעה על צריכת המים. גוגל פרסמה כי במהלך 2021 עשתה שימוש ביותר מ-12 מיליארד ליטרים לקירור מרכזי הדאטה שלה (Data Centers), 80% מזה בארה"ב והיתר ברחבי העולם⁴².

תעשיית הרכב היא צרכן מים גדול גם כן. מפעל טסלה דרומית לברלין שבגרמניה ממחיש יפה את סיפור הבעיה והמורכבות. המפעל הוא צרכן מים אדיר – כ-1.4 מיליארד ליטרים בשנה שהם שווים לצריכה של עיר בת 30 אלף תושבים. אבל האזור סובל מהתדלדלות מי התהום. בשנתיים האחרונות התקיימו דיונים לגבי הרחבת המפעל. הרחבת המפעל עדיין לא הסתיימה לאור תנאי הבצורת ששררו באזור גם בשנה שעברה. גורמי ממשל מנסים לסייע לטסלה לאתר מקורות מים חדשים ושינועם למפעל⁴³. "הצורך הוא אבי ההמצאה" אמר אפלטון ואכן לפי מה שמסתמן בחודשים האחרונים, טסלה מתכוונת להתחייב כי

פחת (איבוד) מים

כמה מים הולכים לאיבוד? קשה לכמת את הבעיה למספרים מדויקים. שיעור פחת המים משתנה ממדינה למדינה משלל סיבות. לפי מחקר של ה-International Water Association שפורסם בשנת 2019, איבוד המים העולמי עומד על 126 מיליארד קוב בשנה.

באחוזים ההנחה הרווחת היא שיעור פחת עולמי ממוצע של כ-45%. במילים אחרות כשליש מהמים שספקי המים השונים בעולם שואבים - הולכים לאיבוד. לפי כלכלני הבנק העולמי המשמעות הכספית הישירה של פחת המים בעולם היא כ-\$39 מיליארד, כאשר הנזק הכולל לספקי המים מוערך ב-\$141 מיליארד בשנה⁴⁶.

לצד הביקוש הגובר והידלדלות מקורות המים הטבעיים, קיימת סיבה נוספת למחסור במים והיא - פחת מים. פחת מים הוא שם כולל למספר כשלים אשר יוצרים מצב בו מים הנשאבים מטופלים ומובלים, הולכים לאיבוד כתוצאה מנזילות או שאינם משולמים ע"י הצרכנים.

שיעור פחת מים, מדינות ה-EU וישראל 2018

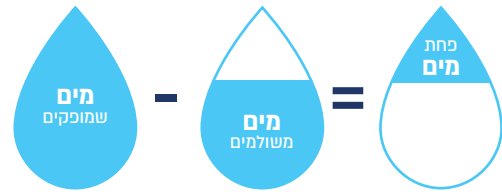


Source: Eur Eau. Europe's Water in Figures - An overview of the European drinking water and waste water sectors

* נתוני הפחת של ישראל הינם נכון לשנת 2021

התיישנות צנרת המים בערים היא גורם עיקרי לפחת מים כתוצאה מנזילות, ומהווה קושי בניהול רשתות אספקה עירוניות. אך פיצוצי צנרת ונזילות נגרמים לא רק כתוצאה מצנרת ישנה, אלא גם מפגיעות לא מתוכננות של עבודות תשתית בכבישים ואף ממזג אוויר קיצוני. באזורים קרים הבדלי הטמפרטורות עלולים לגרום לפיצוץ הצנרת. לרובנו פיצוץ צינור מעלה תמונה של זרם מים גדול מתפרץ וזורם מעל פני הכביש לעבר פתחי הביוב. אולם מקרים אלו אינם הרוב. מרבית אירועי הפיצוץ או נזילות מתרחשים מתחת לפני הכביש, וההערכות הן ש-30-50% מהן הן נזילות קטנות שקשה לזהות.

כשליש מהמים שספקי המים השונים בעולם שואבים - הולכים לאיבוד.



ניתן לחלק את הגורמים לפחת מים ל-3 קטגוריות:

- **פחת פיזי** – נזילות, פיצוצי צנרת, הצפת מאגרים.
- **פחת מסחרי** – חיוב חסר הנגרם כתוצאה ממונים ישנים או גניבות מים.
- **פחת מאושר** – מים המשמשים לצרכי תפעול של התאגיד (דוגמת שטיפת קווים), כיבוי אש, שימושים ציבוריים דוגמת מזרקות (רלוונטי במדינות בהן השימוש הציבורי אינו משולם ע"י העירייה/הרשות).

נזילות מצנרת הן אולי הגורם המשמעותי ביותר לפחת המים. היקף המים שהולכים לאיבוד בכל נזילה, מעבר לגודל השבר ולחץ המים, הוא פונקציה של 3 גורמים: הראשון והחשוב ביותר הוא המודעות לקיומה של נזילה. זמן זה הוא לרוב הארוך ביותר ולכן אחראי לאיבוד המים הרב ביותר. הגורם השני הוא איתור מקום הנזילה. שלב זה מחייב שימוש בטכנולוגיות ברמות שונות במטרה להגיע למיקום הנכון של הנזילה, במידה ואין אינדיקציה חיצונית גלויה לעין. השלב השלישי הוא התיקון עצמו.



איטליה, ובמיוחד צפונה של המדינה, נחשב לאורך ההיסטוריה כאזור עשיר במים הניזון מהרי האלפים העשירים בשלגים, נהרות, אגמים ומי תהום. מצב הידרולוגי זה הוביל למציאות שבה אין הכרח לנהל רשת אספקת מים יעילה וחכמנית, לא מצד הצרכן ולא מצד ספקי המים. אחת ההשלכות היתה התיישנות של צנרות המים, כך שכיום כ-55% מצנרת המים באיטליה היא מעל גיל 30 ומועדת לנזילות מרובות⁴⁸. מעבר לכך גם מדי מים שהותקנו נותרו למשך שנים רבות, גם אחרי שהיה ברור שאינם מודדים יותר במדויק את המים הנצרכים.

באיטליה שיעור פחת מים בין הגבוהים באירופה – 42% (משמע מתוך 100 ליטרים מים שנשאבים ומטופלים רק 58 ליטרים מחויבים בתשלום).

באיטליה שיעור פחת מים בין הגבוהים באירופה – 42% (משמע מתוך 100 ליטרים מים שנשאבים ומטופלים רק 58 ליטרים מחויבים בתשלום)⁴⁹. כמו במדינות רבות תעריף המים הנמוך גרר שתי השלכות משמעותיות. האחת, הצרכן האיטלקי הפך למשתמש המים הבזבזן ביותר באירופה (אחרי שווייץ). הצריכה היומית הממוצעת לאדם באיטליה עומדת על 220 ליטר (לשם השוואה בישראל הממוצע עומד על כ-100 ליטר). ההשלכה השנייה היא שמחיר המים הנמוך אינו מהווה תמריץ לספקי המים להיכנס להשקעות כספיות עכשוויות לצורך השגת חסכון עתידי.

קבוצת ארד פועלת בשוק האיטלקי באמצעות חברת ה-**WaterTech**, הנחשבת לאחת החברות המובילות בתחום פתרונות המדידה באיטליה. בשנים האחרונות רשמה החברה צמיחה משמעותית, בין היתר הודות להשקעות רחבות היקף שבוצעו בשוק המים האיטלקי במסגרת תקציבי תמיכה ייעודיים שהעמיד האיחוד האירופי. **WaterTech** מספקת מדי מים למרבית תאגידי וספקי המים הפועלים באיטליה, ומהווה שותפה מרכזית בפרויקטי פריסה רחבי היקף של מדי מים חכמים, בערים מובילות כגון מילאנו, טורינו וערים נוספות.



WaterTech



לאורך השנים, כיוון שמחיר המים היה נמוך מאוד, במרבית המדינות לא טופל נושא הפחת. כיום, בעיקר בשל משבר המים ועליית המחירים, ישנה ערנות גבוהה הרבה יותר לכך גם בערים וגם במגזר החקלאי. יותר ויותר רשויות מים ממשלתיות מתוות מדיניות מחייבת, לצמצום פחת המים אל מול ספקי המים שבאחריותן. הספקים נדרשים לפעול לשיקום המערכות, שחלקן התיישנו וניזוקו עם הזמן, וברבות מהן מבוצעות תוכניות יעול המבוססות על סקרי מים. בחלק מהמדינות, דוגמת ישראל ובריטניה, רשויות המים פועלות במדיניות של מקל וגזה הפחתת שיעור פחת המים ע"י ספק המים תקנה לו תגמול כספי. מאידך, אי עמידה ביעד שנקבע משמעותה הטלת עיצום כספי.

נכון להיום, הערכות מדברות על

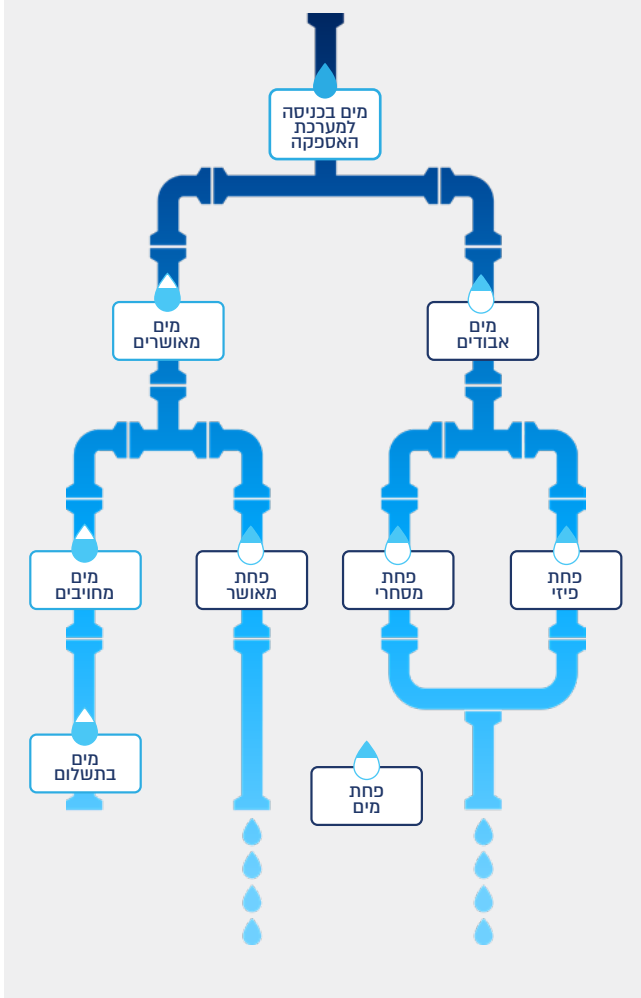
קרוב ל - 300,000 פיצוצי צנרת מים בשנה בארה"ב לבדה

על אף שמחצית מפחת המים העולמי מקורה במדינות מתפתחות, בעיית פחת המים נפוצה מאד גם במדינות מפותחות. בבריטניה, עפ"י הערכת רשות המים בה (Ofwat), חברות המים באנגליה ובוויילס איבדו כתוצאה מדליפות בצנרת יותר ממיליארד קוב בשנת 2021 שהם כ-3 מיליון קוב ביום⁴⁷. באירופה האיחוד האירופי משקיע מאמצים לקבל תמונה אמיתית של היקף התופעה. במדינות רבות אין מדידה ותיעוד, כך שמקבלי ההחלטות תלויים בהערכות. נכון להיום ההערכות מדברות על פחת ממוצע בשיעור של 20% במדינות האיחוד האירופי.

השלכות הפחת על ספקי המים



גורמי פחת המים ברשת האספקה



מהעבר השני של האוקיינוס, מערכות אספקת המים בארה"ב כוללות קרוב ל-3.5 מיליון קילומטרים של צנרת, המובילים כ-150 מיליון קוב מים ביום (מתוך כמיליארד קוב לכלל השימושים כולל אנרגיה וחקלאות). הגיל הממוצע של הצנרת, נכון לשנת 2020, עומד על 45 שנה, שזו עליה משמעותית לעומת הגיל הממוצע נכון לשנת 1970 שעמד על 25 שנה⁵⁰. תוצאה ישירה לכך היא שנוכח להיום הערכות מדברות על קרוב ל-300 אלף פיצוצי צנרת מים בשנה, מה שגורר פגיעה בשירות, הגברת סיכוני זיהום ובזבז כספי רב לתחזוקה שוטפת. לפי ה-EPA (הרשות האמריקאית להגנת הסביבה) פחת המים המוערך בארה"ב עומד על כ-4 מיליארד קוב מים בשנה שיכלו להספיק ל-11 מיליון בתי אב. ה-EPA גם מעריך כי יש צורך בהשקעה של \$744 מיליארד בעשור הקרוב לכלל צרכי משק המים בארה"ב. לפי ה-American Water Works Association הסכום הנכון יותר עומד על טריליון דולרים⁵¹. בראיה עולמית פרסום של ה-OECD משנת 2018 הראה כי ברמה גלובלית פער המימון הנדרש למשק המים עד לשנת 2030 עומד על 7 טריליון דולר⁵².

נדרשות אם כן החלטות, השקעות ופעולות רבות לצמצום פחת המים. אחת הדרכים הראשונות והיעילות ביותר להתמודדות היא התקנת מדי מים חדשים מדויקים וחכמים.

מניה חכמה



מערכת מניה חכמה בנויה משלושה חלקים: מד מים חכם, התקשורת האלחוטית לאיסוף והעברת הנתונים ומערכת ניהול המידע.

“אם אינך יכול למדוד את זה, אינך יכול לנהל את זה.”

פיטר דרוקר

מד המים החכם

מד המים הוא הלב הפועם של מערכת המניה החכמה. תפקידו העיקרי למדוד בצורה מדויקת את כמות המים אותה צורך הצרכן. מד המים החכם משדר, בצורה אלחוטית, את הצריכה כמו גם מידעים נוספים דוגמת התראת חשד לנזילה, באם ישנה תקלה (מד עצור), ניסיון לחבלה במד ועוד. נתונים אלו חשובים לספק המים לצורך ניהול יעיל של אספקת המים לצרכנים. לצד מדי המים הביתיים קיימים גם מדים ראשיים המיועדים לצנרת בקטרים גדולים יותר ובספיקות מים גבוהות. מדים אלו מותקנים באשכולות של מדים כמו בהזנה הראשית של בניין משותף, ובמיקומים שונים ברשת האספקה העירונית.

בשנים האחרונות יותר ויותר מדי מים בטכנולוגיית מדידה אולטרה-סונית (גלי קול) מותקנים על ידי ספקי מים בעולם. למדים אלו מספר יתרונות בהשוואה למדי המים המכניים המסורתיים. ראשית, אין בהם חלקים נעים, מה שמקטין למינימום את התחזוקה וממקסם את אמינותם. מעבר לכך הם בעלי צריכה נמוכה של אנרגיה, כך שהסוללה שלהם יכולה להספיק לשנים רבות. כמו כן הם מספקים דיוק גבוה של המדידה בזרימות נמוכות וגבוהות ותומכים במדידה דו-כיוונית.

ספקי מים ברחבי העולם נמצאים תחת לחץ עצום של לעשות יותר בתקציב פוחת. הם נדרשים להפחית עלויות תוך שיפור רמות השירות ואיכות המים, התמודדות עם הצפות ביוב, מי שיטפונות וצריכת אנרגיה גבוהה. כל זה נעשה כאשר הביקוש למים גדל, אבל הרשת עצמה מיושנת, בלתי גלויה ומורכבת מחלקים ישנים וחדשים, מה שמקשה על הניהול והתפעול.

טכנולוגיות מידע ותקשורת (Information and Communications Technologies) (ICTs) ממלאות תפקיד חשוב בקידום וניהול תשתיות המים והפיכתן לחכמות. אימוץ טכנולוגיות חכמות נמצא במגמת עליה בשנים האחרונות – על אף שקצב ההטמעה בסקטור המים נמוך מסקטורים אחרים דוגמת אנרגיה, תחבורה ותקשורת. אחד ממרכיביה של רשת המים החכמה היא מערכת מניה חכמה (קריאה מרחוק). מערכת זו מהווה פתרון טכנולוגי חדשני ומדויק למדידה, פיקוח וניהול של צריכת המים בזמן אמת.

בשנים האחרונות צובר פתרון זה תאוצה ברחבי העולם, שכן הוא מקנה לספק המים מגוון של יתרונות:



	הגדלת הכנסות
	באמצעות מדידה מדויקת ואמיתית
מצצום כחת המים	יעילות תפעולית ואופטימיזציה
	של רשת האספקה (דוגמת ניהול לחצים ושאיבות וחסכון בכוח אדם)
ניהול טוב יותר	שיפור השרות לצרכנים
של הצריכות	(צפייה אונליין בצריכה, קבלת התראות על חשד לנזילה)
הפחתת הסיכון	
לאירועי זיהום	

מדידה אולטרה-סונית

מדידת מים אולטרה-סונית בדיוק גבוה תוך עמידה בתקנים שונים, היא פעולה הנדסית מורכבת. מדי מים אלו, דוגמת מדי הסונטה והאוקטב של ארד, כוללים לפחות שני מתמרים (Transducers) פייזואלקטריים המחוללים שתי סדרות של פולסים אולטרה-סוניים, הנשלחות בכיוונים הפוכים במים הזורמים דרך המד. הפיזיקה והמתמטיקה מאפשרות לנו להשתמש בהפרש "זמן המעוף" (Time of Flight) ToF במורד ובמעלה הזרם למדידת קצב הזרימה של המים.



מד אולטרה-סוני מסוג סונטה

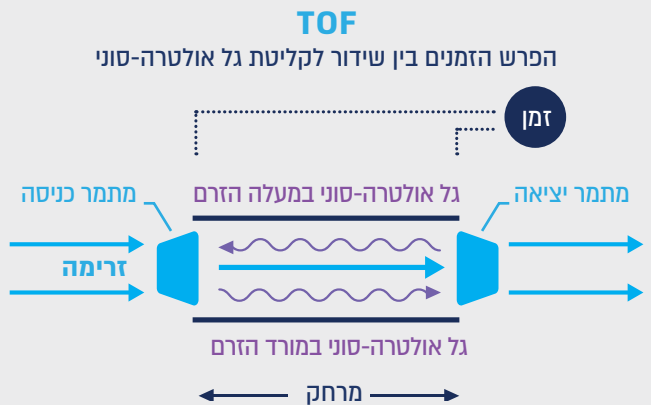
תקשורת לאיסוף והעברת מידע

בתחילת דרכן פעלו הרשתות החכמות בטכנולוגיית AMR (Automatic meter reading). בשיטה זו המונים החכמים משדרים את המידע באופן אלחוטי, והמידע נאסף על ידי נציגים של ספק המים מדי חודש/ חודשיים. הנציגים צועדים או נוסעים ברחובות העיה, עם ציוד תקשורת אשר "מלקט" את הנתונים אודות צריכת המים של הלקוחות השונים (השיטה נקראת באנגלית walk by או drive by). שיטה זו מחליפה את הקריאה הישנה שמבוצעת פיזית מבית לבית.

אחת הטכנולוגיות המובילות בעולם היא ה-LoRa שהינה פרוטוקול פתוח, הפועל בשיטה טכנולוגית ייחודית ויעילה ברצועת תדרים Unlicensed. השידור בטכנולוגייה זו הינו בהספק נמוך של כ-25 מילי וואט (כעשירית ההספק המקסימלי של טלפון סלולרי).

הפתרון הטכנולוגי המתקדם יותר נקרא AMI (Advanced meter Infrastructure), איסוף המידע מהמונים בשיטה זו נעשה באמצעות תקשורת על בסיס רשת תקשורת RF ייעודית או סלולרית. המידע שמשודר מהמונים נקלט ע"י רכזות הפזורות במרחב העירוני או הכפרי. משם הוא מועבר לרוב בצורה סלולרית למערכת מחשוב ייעודית בענן לשימוש ספק המים המקומי. שיטה זו מאפשרת ניטור רציף של הנתונים ליצירת תמונת מצב בזמן אמת של הצריכות ומצב רשת האספקה. הדור החדש של המערכות (דוגמת תקשורת LoRa) מאפשר גם תקשורת דו כיוונית עם מדי המים, ובכך מתאפשר לבצע עדכוני פרמטרים גרסאות ואבטחה באם נדרש.

תכנון הגיאומטריה של המד (המשטחים הפנימיים שבמגע עם המים) הוא עניין מורכב בפני עצמו, שחייב לכלול שני אספקטים: מעבר האות האולטרה-סוני בתווך המימי ושדה הזרימה באזור המדידה. תכנון מוצלח מאפשר להשיג דיוק גבוה בכל מצב של התקנה וזרימה ובטווח טמפרטורות רחב.



לצד התכנון וכדי להגיע לכדי דיוק מקסימלי בתנאי אמת, מבצעים במעבדה מיוחדת (מבדקה) לכל מד מים כיוול ומציאת מקדמי הקיזוז שלו. מקדמים אלו מביאים בחשבון השהיות שיכולות להשפיע על המדידה ברמת המד הבודד, כמו השהיות זמן של המתמרים, רכיבי אלקטרוניקה אחרים וכבלים. הצבת הפרמטרים שנמדדו בטבלה תרמו דינמית, מאפשרת לנו לגלות תכונות נוספות של המים הזורמים במד כגון צמיגות, צפיפות וטמפרטורה.

מעבר לכל הטכנולוגיה והחדשנות שנדרשות לתכנון וייצור, לכל מד יש את החותמת הפיזיקלית שלו המוטמעת בתוכנה שבו עוד במפעל הייצור, והכל כדי לוודא שהמדידה תהיה מדויקת ואמינה לשנים רבות.

LoRa[®] טכנולוגיית תקשורת

לצד פתרונות IoT לעיר החכמה הדורשים זמן תגובה מהיר (Critical IoT) או העברת כמות רבה של נתונים (Broadband IoT), עלה צורך במענה לפתרונות IoT נרחבים ודלי הספק (Massive IoT). טכנולוגיות ה-LPWA (Low Power Wide Area) שפותחו למטרה זו, מאפשרות העברת מידע מועט לטווח רחוק עם צריכת אנרגיה מינימלית ובעלות נמוכה.

אחת הטכנולוגיות המובילות בעולם היא ה-LoRa שהינה פרוטוקול פתוח, הפועל בשיטה טכנולוגית ייחודית ועילה ברצועת תדרים Unlicensed. השידור בטכנולוגיה זו הינו בהספק נמוך של כ-25 מילי וואט (כעשירית ההספק המקסימלי של טלפון סלולרי). הפרוטוקול הפתוח מאפשר אי-תלות בספק כזה או אחר, גמישות מרבית בפיתוח ובהרחבת יישומים קיימים, וקיומן של רמות שונות של הפעלה. חוזקות אלו הובילו להקמתן של יותר מ-181 רשתות תקשורת מנוהלות (Operators) הפרוסות ב-157 מדינות, ומספר רב של פתרונות מוכחים מבוססי לורה.

קבוצת ארד פורסט בימים אלו רשת לורה ארצית שתשמש מעבר למדי המים, גם לתשתיות חיוניות נוספות במסגרת העיר החכמה.

אלם מעבר ליתרונות הטכנולוגיים, הסיבה שהפכה את טכנולוגיית ה-LoRa לפתרון מוביל, נעוצה בארגון ה-LoRa Alliance. הארגון מגדיר את פרוטוקול ה-LoRaWAN ודואג לפיתוח מתמיד של הפרוטוקול, רמת אבטחה גבוהה וסטנדרטיזציה. הארגון שנוסד בשנת 2015, כולל למעלה מ-500 חברות מרחבי העולם לרבות חברות סלולריות, יצרני סנסורים, חברות טכנולוגיות בינלאומיות וספקי תוכנה שונים.

קבוצת ארד פורסט בימים אלו רשת לורה ארצית שתשמש מעבר למדי המים, גם לתשתיות חיוניות נוספות במסגרת העיר החכמה. הקבוצה מתמחה בטכנולוגיות תקשורת נוספות דוגמת NB-IoT ו-CAT-M לטובת לקוחותיה בעולם.



ניהול המידע מהמדים

תוכנת המדים הנקראת MDM (Meter Data Management), מנהלת את המידע הנקלט מהמדים, ונמצאת בליבת ההתנהלות של ספקי המים. התוכנה מתממשת למערכות ייעודיות שונות לאספקת נתונים שוטפים מהמדים, ומייצרת תובנות חשובות הנדרשות לניהול רשת אספקת המים. תובנות אילו מוצגות בצורה ויזואלית נוחה וידידותית למשתמש, בין אם הוא עובד של תאגיד מים ובין אם צרכן קצה.

אחד הכלים החשובים בתוכנת ה-MDM הוא מודול לניהול פחת. מודול זה מאפשר את מימוש המבנה ההידראולי של הרשת בקבוצות לוגיות הנבדקות בזמן אמת. התוכנה מאפשרת לספק המים ואף ללקוחות מאושרים ליצור מגוון רחב של קבוצות, החל מקבוצות פחת משותף פיזי (דוגמת פחת משותף בבניין מגורים) ועד לקבוצות DMA אזוריות או קבוצות לוגיות לכל מטרה.



harmony™



In God we trust. All others must bring data.

Dr. W. Edwards Deming

ממשקים אלו כוללים נתוני השוואה, הגדרת התראות ועוד. שיתוף הצרכן במאמצי החיסכון מקבל דגש מצד רשויות המים בעולם, וחברות הזנק רבות נוסדות בנישה זו במטרה לייצר שינוי בהרגלי הצריכה לטובת חסכון במים ובכסף.

טכנולוגיות המנייה החכמה הופכות לסטנדרט בעולם המים, ומביאות איתן את מהפכת המידע – יותר נתונים נאספים כיום מאי פעם ואיכותם טובה יותר. כתוצאה מכך מתאפשר שימוש בטכנולוגיות נתונים מתקדמות דוגמת ניתוח נתונים (Data Analytics) ואינטליגנציה מלאכותית (Artificial Intelligence). טכנולוגיות אלו מאפשרות ניתוח עומק לזיהוי דפוסים ואף חיזוי של אירועים עתידיים דוגמת צפי לפיצוץ צנרת.

מעבר ליתרונות הרבים של המנייה החכמה לספקי המים, המידע כמו גם ניתוח הנתונים וגזירת תובנות, הם גם נחלתו של צרכן הקצה. צרכנים יכולים כיום להתחבר לנתוני הצריכה שלהם בצורה קלה באמצעות אתר אינטרנט או אפליקציה.



Read Your Meter Pro



ארה"ב

מדי האוקטב גורמים למהפכה בהתנהלות ספקי המים בארה"ב. דוגמה לכך היא העיירה Newhall השוכנת בעמק סנטה קלריטה (Santa Clarita Valley) הממוקם צפונית ללוס אנג'לס. חברת המים Newhall County Water District מספקת שירות ל-22 אלף תושבים, הגרים בבנייני דירות עירוניים לצד חוות חקלאיות ובתים פרטיים. חברת המים סבלה ממצב בעייתי בו היה פער משמעותי בין כמות המים שסיפקה לצרכניה, לבין כמות המים שהם חויבו בפועל ע"י המדים. מעבר להיות המדים ישנים, ועל כן נפגעה יכולת המדידה שלהם, הם לא הצליחו למדוד זרימות נמוכות. בשנת 2021 החלה חברת המים שת"פ עם חברת מאסטר מיטר להחלפת מדי המים הראשיים (בקוטר 8") למדי האוקטב החדשים. מדים אלו הינם אולטראסוניים ללא רכיבים נעים, ועל כן מדויקים לשנים רבות ויכולים למדוד זרימות גבוהות לצד נמוכות. בשלב הראשון הותקנו 9 מדים בכניסות למתחמי דירות ובאשכולים של חוות כפריות. שיפור המדידה היה מיידי. בשנה הראשונה להתקנתם הצליחו המדים לשפר את המדידה הנכונה של הצריכה ב-40%, וכתוצאה מכך הביאו לחיוב בגין מים שנצרכו, אך לא שולמו עד אז, בסך כולל של \$131,000.

קבוצת ארד פועלת בשוק האמריקאי באמצעות חברת הבת Master Meter, הממוקמת במיינספילד טקסס. החברה היא אחת מארבע יצרניות מדי המים המובילות בארה"ב, ומחזיקה בנתח של 10-12% מהשוק האמריקאי. לחברה אלפי לקוחות והיא פעילה במגוון מדינות בראשן טקסס, פלורידה וקליפורניה. אחד המוצרים המובילים של החברה הוא מד האוקטב. מד אולטראסוני זה הנו מוביל שוק בארה"ב ואוחז בנתח של כ-30% מהמדים הראשיים (Bulk).



MASTER METER

מד מים אולטרה-סוני מסוג אוקטב

" The way we looked at it, we are simply measuring the amount of water we were unable to measure before. These meters not only help the bottom line in terms of annual revenue increase, they are also tracking every single last drop that goes through your system "

Mike Alvord
director of operations for the Newhall County Water District

נזילות וחסכון מים בישראל, נתוני ארד לשנת 2025



מדי המים החכמים מאפשרים חסכון לצרכנים מנזילות של כ-140 מיליון ₪

נזילות מים הן אירוע נפוץ במגזר הביתי. מדי המים החכמים מאפשרים יידוע בזמן אמת על נזילה, ועל כן תיקון מהיר לעומת מדי המים המסורתיים. החסכון בזמן עומד על כחודש ימים וכאשר נזילה יומית ממוצעת, לפי נתוני ארד, עומדת על 1,580 ליטר, זה מביא אותנו לחסכון ארצי של כ-14 מיליון קוב בשנה שהם כ-140 מיליון ₪.



30% מהנזילות הן נזילות קטנות שרק מדי מים אולטראסונים יכולים לזהות

מדי אולטראסונים מתבססים על מדידה באמצעות גלי קול, ועל כן הם מדויקים ואמינים יותר לאורך זמן, לעומת מדי המים המכניים המסורתיים. לפי נתוני ארד, 30.37% מהנזילות בשנת 2025 היו נזילות של פחות מ-20 ליטר בשעה, שרק מדי אולטראסוני דוגמת מד הסונטה של ארד יכולים לזהות. נזילות טפטוף אלו שלא זוהו בעבר ע"י המדים המכניים, מאפשרות לצרכן להיות מודע לאיבוד מים זה ולתקן אותו. מדי אלו מותקנים יותר ויותר ע"י ספקי מים בעולם וגם בישראל. מדי הסונטה (ביתי) והאוקטב (ראשי) של ארד, המבוססים מדידה אולטראסונית, נחשבים למתקדמים בעולם. מד האוקטב הנו מוביל שוק בארה"ב, ואוחז נכון לשנת 2024 ב-30% מנתח מוני ה-Bulk (ראשי).



ב-300 אלף בתים בישראל זוהתה נזילת מים

מהפכת מדי המים החכמים, הובילה למציאות שבה כיום ביותר מ-80% מבתי האב בישראל מותקנים מדי מים חכמים. על פי נתוני חברת ארד, בשנת 2025 היו 301,538 אירועי נזילות בבתי אב בישראל. במגזר העירוני זוהתה נזילה בכל בית חמישי (19%), ובמגזר הכפרי, שיש בו צנרת ארוכה ומערכות מים רבות יותר, השיעור מאמיר ועומד על נזילה בכמעט כל בית שני (44%).



יותר מ-1.8 מיליון התראות על חשד לנזילה נשלחו לצרכנים

מדי המים החכמים מאפשרים שליחת התראה בזמן אמת על חשד לנזילה ברמת הבית הבודד. עפ"י נתוני חברת ארד, בשנת 2025 נשלחו 1.8 מיליון התראות לצרכנים. התראות אלו מאפשרות לתושב לפעול לתיקון מהיר של נזילה, ובכך לחסוך מים וכסף רב בחשבון המים שלהם.

ישראל נחשבת למובילה עולמית בשיעור אובדן המים הנמוך שבה – 7% בלבד לעומת ממוצע עולמי של כ-30%. מהפכת מדי המים החכמים תושלם בשנת 2026, כאשר 100% מהמדים המותקנים בישראל יהיו חכמים.

כאשר אנו מביטים על משק המים הישראלי, על גלגוליו לאורך השנים, אנו רואים את ארץ ישראל היפה במיטבה. יוזמה, חלוציות, ניהול נכון ויכולת קבלת החלטות הן רק חלק ממה שמאפיין את ראשי המשק, ספקי המים, התעשייה וכל העוסקים במשאב, שהוא אולי החשוב ביותר שנמצא עבורנו על כדור הארץ. לצד הגאווה הרבה וההערכה לה אנו זוכים בחו"ל, יש לכל העוסקים בתחום מחויבות להמשיך לפתח, לקדם ולעשות למען הדורות הבאים.



רשימת מקורות

1. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/europes-water-crisis-drought-worse-grace>
2. OECD, 2020a
3. UNDESA Population Division, 2019; OECD, 2019
4. OECD, 2019
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021
6. GHD, Aquanomic\$ The economics of water risk and future resiliency
7. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/droughts-europe-july-2022-almost-half-eu-uk-territory-risk-2022-07-18_en
8. <https://www.barrons.com/news/europe-droughts-longer-more-frequent-and-severe-865be6a7>
9. <https://firststreet.org/research-library/hazardous-heat>
10. <http://www.scientificamerican.com/article/western-megadrought-is-the-worst-in-1-200-years/>
11. Fox Weather, March 9, 2023
12. http://wwf.panda.org/.discover/our_focus/freshwater_practice/freshwater_news/?6214416/17-of-Europes-population-faces-high-risk-of-water-scarcity-by-2050
13. A. Boretti and L. Rosa, "Reassessing the projections of the World Water Development Report," npj Clean Water, p. 15, 2019.
14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419318062>
15. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146888/signs-of-drought-in-european-groundwater>
16. Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (Oxford University Press, New York).
17. SDG Report 2022
18. IPCC, AR6, 2022
19. <https://smartwatermagazine.com/news/unece/climate-change-threatens-access-water-and-sanitation-warn-unece-whoeurope>
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations Report, Rome 2019
21. <http://www.wri.org/insights/domestic-water-use-grew-600-over-past-50-years>
22. <https://css.umich.edu/publications/factsheets/water/us-water-supply-and-distribution-factsheet>
23. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/partner-content-americas-looming-water-crisis>
24. <https://www.azcentral.com/story/news/local/arizona-environment/2023/01/11/developers-must-find-new-water-for-homes-planned-west->
25. <https://www.redfin.com/city/14240/AZ/Phoenix/housing-market>
26. <https://www.maplecroft.com/insights/analysis/heat-stress-to-threaten-over-70-of-global-agriculture-by-2045/>
27. <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-resilient-irrigation>
28. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/surface-irrigation>
29. <https://edition.cnn.com/2022/09/19/opinions/water-climate-crisis-farm-drought-israel-siegel/index.html>
30. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Irrigated Area in Spain 2020, 28/05/2021
31. May 2021 Value of Water Services, EurEau
32. Arup; Antea Group; Ellen MacArthur Foundation "Water and Circular Economy A White Paper." 2018
33. <https://www.weforum.org/agenda/2022/09/how-we-manage-our-water-systems-sustainable-impact/>
34. <https://wmo.int/news/media-centre/climate-change-puts-energy-security-risk>
35. Dieter, C. et al. (2018) Estimated Use of Water in the United States in 2015. U.S. Geological Survey Circular 1441.
36. Using the WWF Water Risk Filter to Screen Existing and Projected Hydropower Projects for Climate and Biodiversity Risks, February 22, 2022
37. <https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/>
38. <https://www.ftinstitutional.com/articles/the-economist/americas-reservoirs-are-drying-up>
39. <https://sustainablehospitalityalliance.org/our-work/water-stewardship/>
40. <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>
41. The Water Risks and Opportunities Facing Apparel and Textile Clusters, WWF, 2022
42. <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/our-commitment-to-climate-conscious-data-center-cooling/>
43. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/tesla-search-water-quest-expand-german-gigafactory-2022-12-14/>
44. <https://www.wri.org/insights/ranking-worlds-most-water-stressed-countries-2040>
45. <https://iwaponline.com/ws/article/19/3/831/41417/Quantifying-the-global-non-revenue-water-problem>
46. <https://www.waterworld.com/home/article/14070043/nonrevenue-water-how-much-is-lost>
47. <https://www.theguardian.com/environment/2022/aug/19/water-firms-england-wales-litres-leaky-pipes-ofwat-19/08/2022>
48. <https://fondoambiente.it/il-fai/il-fai-che-vigila/salva-l-acqua/emergenza-idrica-la-dispersione/>
49. <https://www.istat.it/it/archivio/279363>
50. Center for Sustainable Systems, University of Michigan, 2022. "U.S. Water Supply and Distribution Factsheet." Pub. No. CSS05-17
51. Financing Water, Investing in Sustainable Growth, OECD Environment Policy Paper No. 11, 2018
52. םש , םש