

מלים אחדות על עלויות ותעריפים

מושגי יסוד בכלכלה נתפסים לעתים כשפת חידות. במאמר הזה אנסה להציג ולהסביר מונחים אחדים; במיוחד, עלויות ותעריפים. ההצגה היא בעזרת דוגמה מתחום ההנדסה ובנתונים מקורבים. הדוגמה "תיאורטית", לא מעשית והיא מתמקדת בתחום צר; שאלות חשובות רבות נדחות ליום אחר. אולם אפילו במסגרת צרה אפשר להבהיר שבדרך כלל אין ביישום עקרונות כלכליים פתרון יחיד, כזה ראה וקדש, ועם זאת, ההסתכלות הכלכלית מספקת בסיס מושגי וחישובי להצגה והבהרה של חלופות ושיקולים.

הולכת מים בצינור

הדוגמה היא של שני צינורות, של 12 ושל 16 אינטש. נניח שהצינורות הם באורך של 100 ק"מ כל אחד (אינם קשורים) והם מונחים אופקית. חישוב העלות שלהם מוצג בלוח 1. בצינורות זורמים מים בספיקה קבועה וידועה מראש במשך 20 שעות בכל יום ויום. החישובים יהיו לשעה; למשל, מה העלות של הולכת 200 מ"ק מים לשעה בצינור האחד או האחר?

לוח 1: עלות ההון, הצינור, בשקלים

קוטר	השקעה	תשלום לשנה	תשלום לשעה
12 אינטש	40 מיליון	3.36 מיליון	460
16 אינטש	48 מיליון	4.03 מיליון	552

הערות:

אורך הצינורות 100 ק"מ.
 ההשקעה כוללת את עלות הצינור וההנחה בקרקע נוחה.
 התשלום לשנה מחושב לפי 40 שנות קיים ו-8% ריבית.
 התשלום לשעה לפי 20 שעות ביום, 7300 שעות בשנה.

לעלות שני רכיבים, עלות הצינור (ההון) ועלות האנרגיה. אני מתעלם מעלות העבודה וגורמים אחרים. עלות הצינור אינה משתנה עם כמות המים שעוברת. עלות האנרגיה חושבה לפי נוסחת הייז-ווילאמס שמפורטת בנספח והיא משתנה לפי כמות המים שעוברת בצינור. לוח 2 מדגים את החישוב לערכים אחדים של הספיקה. למשל, בצינור של 12 אינטש, עלות ההון קבועה לכל הספיקות, 460 ש"ח לשעה (לפי לוח 1). סכום עלות ההון והאנרגיה היא העלות הכוללת.

לוח 2: עלויות הולכת המים לערכי ספיקה אחדים

עלות שולית	עלות ממוצעת	עלות כוללת	עלות אנרגיה	עלות הון	ספיקה, מ"ק לשעה	קוטר, אינטש
0.90	2.61	522	62	460	200	12
2.18	2.18	708	248		325	
3.19	2.27	908	448		400	
5.86	2.88	1600	1140		555	
9.00	3.81	2669	2209		700	
0.22	2.84	567	15	552	200	16
0.54	1.89	613	61		325	
0.79	1.66	662	110		400	
1.44	1.50	833	281		555	
2.22	1.57	1096	544		700	

הערות:

עלות ההון, האנרגיה והעלות הכוללת הן בש"ח לשעה.
 העלות הממוצעת והעלות השולית הן בש"ח למ"ק; המספרים מעוגלים.
 דרך החישוב מפורטת בנספח.

העלות הממוצעת היא הכוללת מחולקת בספיקה; בשורה הראשונה $2.61 = 522/200$ ש"ח למ"ק¹.
 העלות השולית היא ההפרש בין עלויות כוללות לשני ערכים עוקבים. לדוגמה,

522.18	עלות כוללת 200 מ"ק לשעה
523.08	עלות כוללת 201 מ"ק לשעה
0.90	הפרש = עלות שולית

הערך 0.90 ש"ח נרשם בלוח 2 (החישוב בלוח נעשה לפי הנגזרת של משוואת הייזן-ויליאמס, אבל גם זה לפי אותו עיקרון של הפרש בין עלויות כוללות עוקבות.)

נוהגים לומר שהעלות השולית היא העלות של ההוצאות המשתנות, וכאן האמירה נכונה מפני שבהפחתת העלויות הכוללות זו מזו (בקטע האחרון) אופסה העלות הקבועה. אבל יש מקרים בהם האמירה לא תתאים. על כן כדאי להיצמד להגדרה המדויקת לעלות שולית שהיא ההפרש בין עלויות כוללות עוקבות.

כדאי לשים לב, לכל צינור יש תחום של ספיקות בו העלות הממוצעת יורדת ותחום בו היא עולה. לעומתה, בנתוני לוח 2 העלות השולית עולה עם הספיקה בכל צינור. הספיקה בה העלות השולית שווה לממוצעת היא הספיקה בה העלות הממוצעת נמוכה ביותר. תכונות אלו אפשר לראות גם, ואולי ביתר ברור, באיור 1, אף כי הוא מוגבל בגלל גודל הדף.

באיור, לגראפים של העלויות הממוצעות צורת האות U, הם יורדים משמאל לימין לספיקות נמוכות ועולים לספיקות גבוהות יותר. בנתוני הדוגמה, הגראפים של העלויות השוליות עולים לכל תחום הספיקות. הגראפים של הממוצעות והשוליות נחתכים בנקודת המינימום של הממוצעות.

יתרונות וחסרונות לגודל

תחום הספיקות בו העלות הממוצעת יורדת הוא התחום בו מתקיימים יתרונות לגודל (תשואה לגודל). היתרונות מתקיימים כאן, לכל קוטר של צינור בגלל העלות הקבועה של הצינור עצמו: אותו מספר שקלים, העלות הקבועה (460 ש"ח לשעה לצינור של 12 אינטש) מתחלק למספר הולך וגדל של מ"ק. לכן יש תחום בו העלות הממוצעת יורדת. באורח דומה, בתחום הספיקות בו לעקומת ה-U שיפוע חיובי, מתקיימים חסרונות לגודל: העלות הממוצעת גדלה עם הספיקה. בתחום זה השפעת ההתחלקות של העלות הקבועה כבר קטנה מלהשפיע.

כדאי לשים לב לאיור 1 (וגם בלוח 2): בתחום בו מתקיימים יתרונות לגודל העלות השולית קטנה מהממוצעת, בתחום בו יש חסרונות לגודל, העלות השולית גדולה מהממוצעת. שיעור בית: מדוע העלות השולית קטנה מהממוצעת בתחום בו יש יתרונות לגודל?

עד כה הסתכלנו על יתרונות לגודל בתחום ספיקות בצינור נתון. נסתכל עתה על היבט נוסף. נבחן את הספיקה של 325 מ"ק לשעה; בספיקה זו, העלות הממוצעת בצינור של 12 אינטש היא הקטנה ביותר (2.18 ש"ח למ"ק). כלומר, בצינור של 12 אינטש נגיע לעלות הממוצעת הנמוכה ביותר אם נעביר בו ספיקה של 325 מ"ק לשעה. נדמה שבספיקה זו "משק המים" הוא יעיל ככל שהפיסיקה וההנדסה מאפשרות, יותר טוב אי-אפשר. אבל לא היא, אם עלינו להעביר 325 מ"ק לשעה מוטב שניח צינור של 16 אינטש. בצינור זה העלות הממוצעת בהולכה של 325 מ"ק לשעה היא 1.89 ש"ח למ"ק, פחות מאשר בצינור של 12 אינטש. דבר זה גם מתואר גראפית באיור 1: עקומת העלות הממוצעת של צינור 16 אינטש עוברת בכמות הזו מתחת לעקומת העלות הממוצעת של צינור 12 אינטש.

זו דוגמה נוספת ליתרונות לגודל: בתחום ספיקות מסוים עדיף להשתמש בצינור גדול יחסית. כאן היתרונות לגודל נובעים משני גורמים. האחד הוא הפיסיקה של הצינור שעלותו היא פונקציה של ההיקף ואילו כושר ההולכה הוא פונקציה של החתך; הגורם השני הוא שעלויות ההנחה של צינור בן 16 אינטש אינן שונות בהרבה מאלה של הנחת צינור בן 12 אינטש.

ייתכן שבמעבר לצינורות גדולים במיוחד יתגלו חסרונות לגודל. אינני יודע.

אולי אין צורך להוסיף שיתרונות וחסרונות לגודל אינם מוגבלים רק לצינורות; למשל, העלות הממוצעת של ההתפלה במפעל בכושר של 50 מלמ"ק לשנה קטנה מאשר בזה של 30 מלמ"ק לשנה וקטנה עוד יותר במפעל של 100 מלמ"ק לשנה (בעבודה בקיבולת מלאה). סביר שבמפעלים גדולים מאד מתגלים חסרונות לגודל בגלל הקושי להשתלט והצורך לרכז במקום אחד כמויות גדולות של מי מקור ולפזר כמויות גדולות של מי רכז.

תעריפים

למחירים שני תפקידים בסיסיים, למסור למשתמשים מה העלות שהם גורמים למשק ולאסוף תשלומים שיכסו את עלות הייצור או השירות. למחירים יכולים להיות גם תפקידים אחרים; למשל, מחירי מים נמוכים יחסית מעבירים תמיכה לחקלאות. אנו נעסוק רק בתפקידים הבסיסיים.

¹ אילו הקפדתי, הייתי צריך לכתוב שהעלות הממוצעת (והשולית) היא בש"ח למ"ק לשעה. כי אם למשתמש במים אין בריכת אגירה, אז חשובה לו לא רק הכמות אלא גם הספיקה – מה הקצב בו באים המים.

נתחיל ממסירת המידע. אם הולכת המים בצינור של 12 אינטש היא 199 מ"ק לשעה, וצרכן מגדיל את השימוש שלו במים במ"ק אחד לשעה, הוא מעלה את העלות מזו של 199 לזו של 200 מ"ק לשעה. כלומר, הוא מוסיף לעלות של הולכת המים בצינור 0.90 ש"ח לשעה. באופן סימטרי, אם צרכן מקטין צריכה, מ-200 ל-199 מ"ק לשעה, הוא חוסך למשק המים 0.90 ש"ח לשעה. על כן קביעת מחיר של 0.90 ש"ח למ"ק מוסרת לצרכנים, כולם, מה העלות למשק הלאומי של צריכת המים שלהם או כמה יוכל המשק הלאומי לחסוך אם המשתמשים יימנעו מצריכה ("בשוליים", מ"ק אחד). הצרכנים ישתמשו במים רק אם תרומתם במשקיהם תהייה שווה או גדולה מ-0.90 ש"ח למ"ק. הם "יפנימו" את העלות למשק הלאומי כעלות למשק הפרטי. (כאן רק נרמז הקשר שבין עלות הספקת המים לכלכלת הייצור החקלאי או שימוש אחר, לא ארחיב.)

כאמור, התפקיד הבסיסי השני של המחירים הוא לכסות עלויות וכאן מתגלה קושי. אם הספיקה היא 200 מ"ק לשעה והצרכנים משלמים, לפי העלות השולית, 0.90 ש"ח למ"ק, ספק המים יאסוף 180 ש"ח לשעה. אולם ההוצאה שלו היא 522 ש"ח לשעה (לוח 2). בספיקה זו של 200 מ"ק לשעה, גבייה של מחיר שנקבע לפי העלות השולית לא תאפשר כיסוי עלויות. לעומת זאת, אילו המחיר היה נקבע לפי העלות הממוצעת, 2.61 ש"ח למ"ק, הייתה הגבייה הכוללת מכסה במדויק את העלות הכוללת. כדאי להציץ, באיור 1, בכמות של 200, גרף העלות השולית של 12 אינטש נמצא מתחת לעקומת העלות הממוצעת.

בדומה לכך, אבל בכיוון השני, בספיקה של 400 מ"ק לשעה, גבייה לפי העלות השולית, במחיר של 3.19 ש"ח למ"ק, תיצור עודפים אצל ספק המים, מפני שהעלות הממוצעת היא רק 2.27 ש"ח למ"ק.

ספק מים אמור לכסות את העלויות שלו; לא פחות ולא יותר. ולכן נראה שפתרון פשוט הוא לקבוע, בכל ספיקה, מחיר מים ששווה לעלות הממוצעת. אבל זה לא פשוט; למשל, אם בספיקה של 200 מ"ק לשעה נקבע מחיר של 2.61 ש"ח למ"ק, הצרכנים עלולים לקחת פחות מ-200 מ"ק לשעה, ויהיה הפסד ייצור במשקים. ושוב, בגלל הקיצור, לא ארחיב כאן.

הערה לסיכום

אני מקווה שהחישובים שהוצגו הבהירו את מושגי העלות, הממוצעת והשולית. הם גם הדגימו, אמנם באורח מכני, שביישום עקרונות כלכליים אין אמת אחת ויחידה. כך, אני שותף לדעה (ואחרים יחלקו) שהמחיר הנכון למים שמספקת חברת מקורות ייקבע לפי עלות הספקת המים המותפלים שהיא העלות השולית, בעוד שהמחירים בתאגידי המים והביוב ראוי שייקבעו לפי עיקרון העלות הממוצעת.

רגולציה, אסדרה, בקביעת מחירים צריכה להיעשות באופן מקצועי ועצמאי, במנותק ממעורבות יום-יומית של פוליטיקאים. ובכל זאת, רגולטור שקובע מחירים -- אצלנו מועצת רשות המים -- צריך להתחשב גם בשיקולים ציבוריים ופוליטיים. למשל, סביר להניח שאילו היו נקבעים לתאגידים מחירים ייחודיים ושונים ממקום למקום, לכל תאגיד מחיר שיישקף את עלות השירות שהוא מספק, היו התעניינות ומעורבות הציבור בערים מעודדת יעילות. אולם מחירים ייחודיים נתקלו בהתנגדות פוליטית חריפה (כסלו, כרמי, 2010).

נספח: משוואת הייזן-ויליאמס²

החישוב נעשה לפי ההתאמה של משוואת Hazen-Williams לחישובים כלכליים שהציג רן מוסנזון (1986) ומשולבות בו הנחות מספריות שמוסנזון הציע.

משוואת הייזן-ויליאמס

$$J = 162900 * D^{-4.87} * (Q/C)^{1.852} \quad (1)$$

במשוואה

J הפסד עומד במטרים לק"מ

D קוטר הצינור באינטשים

Q הספיקה במ"ק לשעה

C מקדם החיכוך, נניח 140.

האנרגיה הדרושה להעלות מ"ק (טון) לגובה מטר היא 1/367.2 קו"ש. בהנחת מקדם נצילות של 75%, האנרגיה הדרושה היא 1/275.4 קו"ש. הספק האנרגיה הדרוש לאורך של ק"מ הוא JQ , מחיר החשמל שקלים לקו"ש. על כן עלות האנרגיה בשקלים לשעה היא

² במשוואה זו השתמשה גם אור גולדפרב בניתוחים של משק המים. בלימוד המשוואה ומשמעותה נעזרנו רבות ביעקב ורדי ז"ל שסבלנותו ויסודיות הסבריו האירו את דרכנו במשך תקופה ארוכה.

$$VC = PJQ / 275.4$$

$$= 0.031 * D^{-4.87} * Q^{2.85} \quad (2)$$

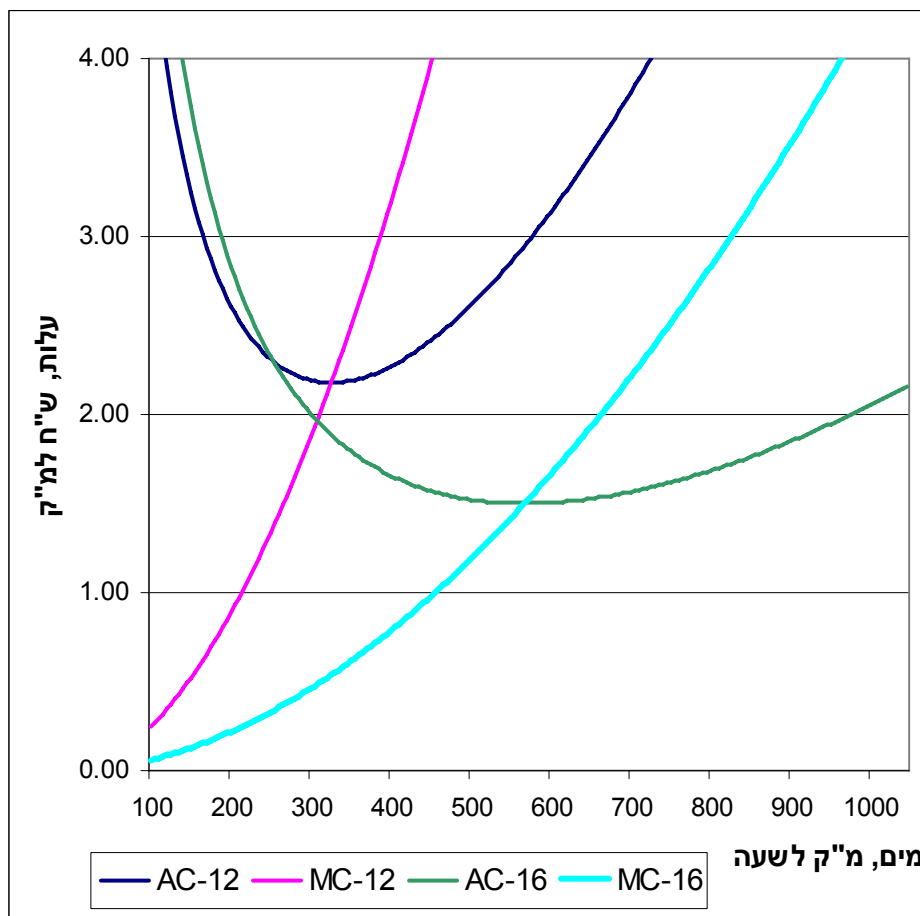
בבניית משוואה (2) שולבו ההנחות הבאות:
 עלות החשמל 0.40 ש"ח לקו"ש

עלות המשאבה 25% מעלות החשמל והיא נוספת למחיר החשמל.

מראי מקום

כסלו, יואב ואיתי כרמי, 2010, "התעריפים החדשים בתאגידי המים והביוב", הנדסת מים, בדפוס.

מוסנזון, רן, 1986, תקציב משק המים – מבט כולל ורב שנתי, משרד האוצר, אגף התקציבים.



איור 1: עלויות שוליות וממוצעות

הערה: AC עלות מוצעת, MC עלות שולית.
 המספרים מציינים את קוטר הצינור.