

# גלובס לתעשייה

גיליון מס' 5 | דצמבר 2013



## עיצוב דמותו של המהנדס העתידי







**מצד אחד,  
יש לך כבר מקום בתעשייה**

## **מצד שני, לא הגיע הזמן להתקדם?**

**אורט בראודה מזמינה אותך להתקדם  
בתעשייה, עם תואר שני במגוון תכניות:**

**• ביוטכנולוגיה • הנדסת תכנה • הנדסת מערכות • הנדסת תעשייה וניהול\***

\*התכנית נפתחה בהיתר המל"ג. הענקת התואר מותנית באישור המל"ג.

**הבחירה של  
התעשייה**



**אורט בראודה**  
המכללה האקדמית להנדסה



**braude.ac.il | \*9099**



שני אילוני

**קוראים יקרים,**

ממשלות רבות באירופה, בארה"ב ובמזרח הרחוק משקיעות תקציב ניכר בחינוך הטכנולוגי, במחקר ופיתוח ובהקמת תשתיות לאומיות לקידום התעשיות המקומיות.

בארץ מתעורר, מזמן לזמן, דיון ציבורי בצורך בחינוך טכנולוגי והשכלה הנדסית עדכנית, המותאמת לשינויים המואצים בתעשייה ובמגזר העסקי.

כדי לספק את דרישת התעשייה למהנדסים בעלי כישורים כגון תקשורת, עבודת צוות ואתיקה, מציעה המחלקה לחינוך ומדע בטכניון קורסי בחירה ב"מיומנויות רכות". אך כמוהם כטיפה בים הכישורים הדרושים, וספק אם המוסדות להשכלה גבוהה יוכלו לשאת לברם בנטל זה.

בתכנית E-Vision נטלה חברת כתר חלק במעמסה והקנתה למהנדסים ערכים כגון עבודת צוות וחשיבה המצאתית, והוציאה מהנדסים סקרנים ונועזים בקבלת החלטות ובפתרון בעיות מחוץ לקופסה. החזון של ארגון "מהנדסים ללא גבולות" למען אוכלוסיות חלשות, הוא להכשיר מהנדסים עם מודעות הנדסית וחברתית. בהקשר חברתי זה ראוי לתהות מדוע אין יותר סטודנטיות במקצועות ההנדסה? ומה צריכה מערכת החינוך לעשות היום, על מנת שתלמידים ותלמידות יהפכו בכוח העת למהנדסים המוכנים לאתגרי העתיד? נכון יהיה להתחיל מהאבחנה בין הקניית כישורים לבין הקניית ידע ומיומנויות.

אולם קפיצת המדרגה הטכנולוגית הצפויה מחייבת חשיבה, בעזרת כלים של עתידנות, על אופייה של ההשכלה הגבוהה. בעתיד הקרוב היא תתאפיין בעבודה

של קבוצות חוקרים מורכבות, מתחומי דעת שונים ואף סותרים, בצירוף אנשי מוסר ורוח, אשר יעבדו בסירגיה על אותו פרויקט. הקשר בין אמנות ורוח, מדע וטכנולוגיה יהיה נחוץ ואף הכרחי, כי "כל הידע שלנו מתחיל מתחושות".

על אף שישראל היא מושא לקנאה בהישגיה המדעיים והטכנולוגיים, קיימים לבטים באשר למינון המיטבי של המרכיבים התיאורטיים והמעשיים בתכנית הלימודים בהנדסה; בין המרכיבים הריסציפלינריים לבין השכלה כללית רחבה. הכשרת המהנדסים צריכה להיות מחוברת לצרכים של מדינת ישראל ולכן יש לכוון את דור המהנדסים החדש גם למחקר באקדמיה וגם לעבודה בתעשייה.

המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה מקיימת כבר שני עשורים מודל ייחודי, של ההתמחות בתעשייה או במחקר כחלק מתכנית הלימודים האקדמית. עם גיבוש תכנית החומש החדשה ומתוך ראיית המגמות העתידיות, שוקדת המכללה על אסטרטגיה של טיפוח "המהנדס האינטלקטואל" והקניית יכולות כגון: זיהוי והצבה של בעיה, יצירתיות, יוזמה וראייה אינטגרטיבית, ייצור ידע חדש ולא רק יישום ידע קיים.

על כל אלה תוכלו לקרוא במהדורה זו, כמו גם להתרשם ממשאל בין אנשי תעשייה ואקדמיה אודות המהנדסים של היום ומהנדסי המחר. קריאה נעימה ומחכימה.

**שני אילוני, מנהלת שיווק, יו"ר כנס תעשייה-אקדמיה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה**  
ishani@braude.ac.il



5

## מהנדסים שאלון

מהן התכונות הנחוצות למהנדס, האם הבוגרים בארץ אכן מצוידים בהן ועוד \* בכירים באקדמיה ובתעשייה המקומית משיבים

**הכשרת מהנדסים**  
התמודדות עם אתגרי העתיד בתעשייה מחייבת התארגנות משמעותית בכל מערכת החינוך ועם דגש עיקרי לאקדמיה

9



8

## איכות החינוך

על החזון של המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, להצמיח מהנדס אינטלקטואל, בעל השכלה רחבה, יכולת לימוד עצמי וחשיבה ביקורתית



12

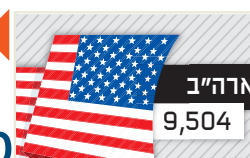
## הסבה להנדסה

יואב לימד גיטרה, דניאל היה מנהל לוגיסטי ומאיר עיצב תאורה \* שלושתם מספרים על ההסבה שביצעו למקצועות הנדסה שונים

## המהנדס בארץ ובעולם

מהם הבדלי השכר בין המהנדס בישראל ועמיתיו בעולם, ואילו עוד פערים עולים בהשוואה בינלאומית סביב המקצוע

10



**כישורים רכים**  
על המיומנויות המיוחדות שהכשרת מהנדסים צריכה לכלול, בנוסף לכישורים המדעיים וההנדסיים

16



14

## נורית אזהרי

איך ייראה המהנדס העתידי, עד כמה נחוץ המבחן הפסיכומטרי ומה עם פיתוח האקדמיה בפריפריה \* ריאיון מיוחד עם פרופ' רוזה אזהרי



18

## נשים מהנדסות

יו"רית המועצה הלאומית לנשים במדע במשרד המדע ובוגרת הנדסת מכונות צעירה - על שילובן האיטי של נשים במקצועות ההנדסה

## חזון מפלסטיק

ראש תכנית E-Vision בחברת כתר פלסטיק מספר כיצד היא סייעה לגייס בוגרי הנדסה צעירים ולהכשירם לעבודה בגישה ייחודית

17



**הנדסה חברתית**  
ראש "מהנדסים ללא גבולות" בישראל מספר על הפעילות יוצאת הדופן של הארגון והחזון ארוך הטווח שלו

22



20

## ריאיון מהעתיד

פרופ' דן פסיג, עתידן וראש מגמה באוניברסיטת בר אילן, בשיחה על עולם ההנדסה והטכנולוגיה בעוד כמה עשרות שנים



26

## אמנות, מדע וטכנולוגיה

החיפוש אחר היופי הוא התכונה הנפוצה ביותר ב"שלוש התרבויות" - אמנות, מדע וטכנולוגיה

## השמת מהנדסים

סמנכ"ליות משאבי אנוש, מנכ"ל סניף ישראלי של חברה בינלאומית ומנכ"לית חברת השמה מדברים על תהליך גיוס מהנדס

24



**מערכת:** שני אילוני, מנהלת שיווק, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה | **פרסום:** פובליסיס

**גלובס:** עורך: שי שבתאי | עריכה: רוני חזקיה | עיצוב גרפי: מרינה מנוקיאן | מנהל ייצור: עמי אוחנה | מנהל הפקה: סולי מור | עיבוד מחשב: יפה שילה | הדפסה: כספים מבית גלובס בע"מ  
משנה למנכ"ל סחר: מוטי בר-זיו | מנהלת מסחרית: אורית פטורי | צילום שער: Imagebank/thinkstock



## "בעידן שבו המידע זמין, הידע הולך ונעלם"

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "רקע תיאורטי עמוק במדעי הבסיס מתמטיקה ופיזיקה, ובנושאי הליבה חשמל ומכניקה, כולל יכולת ניסיונית וחישובית המבוססת על רקע יישומי חזק במדעים החישוביים והניסיוניים. שני תחומי התמחות רלוונטיים לפחות – אנרגיה, זרימה, תכן, חומרים, חזק, שיטות נומריות וסביבה".

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד. "הבוגרים בתחומי ההנדסה הרב-תחומיים אינם מצוידים בידע הנדרש ממהנדס מומחה".

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח. "מהנדס בתחומי פיתוח חייב להיות בעל יכולת חקר עצמאית הנרכשת בדרך כלל בתואר שני מחקרי. מהנדס פיתוח נדרש גם לרקע עמוק מצד אחד, ומצד שני לידע רב-תחומי נרכש – בתואר שני רב-תחומי או עצמאית. מילת המפתח היא יכולות פעולה ולימוד עצמי".

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים.

"השכלה מדעית והשכלה כללית הן דרישות קדם למהנדס מוצלח. לצערי, השלב המאוחר שבו מתחילים בארץ לימודי הנדסה, והראייה התועלתנית של הסטודנטים וקובעי המדיניות השלטת, וכן השיקולים התקציביים גורמים לזלזול בחשיבות השכלה הכללית הרחבה לצד ההתמקצעות. בעידן שבו המידע זמין, הידע הולך ונעלם והדבר משפיע לרעה על יכולתנו השכלית בפתרון בעיות מורכבות".

הערה אישית.

"אחת הדרכים להתמודד עם הבעיות שציינתי, היא שיפור יכולות הלימוד העצמי בבית הספר התיכון והפסקת ההתמקצעות המואצת בשלב התיכון. המפתח לכך הוא הקטנת מספר התלמידים בכיתה, שיפור מהותי בתנאי המורים כדי למשוך כוח אדם מעולה להוראה, שיפור התשתיות, הגדלת הדרישות מהתלמידים, האדרה של ההשכלה ככלי אנושי וכלכלי מהמעלה הראשונה ושילוב ספורט תחרותי ואמנות בבתי הספר בשעות אחה"צ". ■



פרופ' אבי זיפרט, הפק' להנדסה, אוני' ת"א

# ארגז הכלים של מהנדס העתיד

מגזין "גלובס לתעשייה" הפנה לבכירים באקדמיה ובחברות תעשייה שאלון זה, בניסיון לנתח ולאפיין את התכונות הנדרשות מבוגר הנדסה במוסד אקדמי שייתן מענה לתעשייה בעתיד. שאלנו אותם האם בוגרי המוסדות האקדמיים בארץ מצוידים בכלים הנחוצים לשם כך, ומה חסר להם אם לא, על השוני בדרישות ממהנדסים בתפקידי פיתוח לתפקידים אחרים, ועל תפיסתם את המושג "המהנדס האינטלקטואל" • תשובותיהם המלאות לפניכם

## "נדרשת העמקה בהבנה התרבותית הבינלאומית"

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "המציאות שבה אנו חיים – של סביבה עסקית מאוד תחרותית, משתנה בצורה מהירה ולא ניתנת לחיזוי – מחייבת חברות גלובליות לייצר יתרון דרך פריצות דרך טכנולוגיות, תגובה והסתגלות מהירות לשינויים ויכולת הבנה תרבותית גבוהה. כל הפרמטרים הללו נדרשים בסופו של יום מהמהנדסים עצמם – יצירתיות, חשיבה מחוץ לקופסה, לימוד מתמיד, עדכנות טכנולוגית, יכולת ורצון להילחם על הרעיונות שלהם, הבנה ומוכנות לקבלת תרבויות שונות ויכולת להתאים את עצמם לסביבה. בנוסף, קיימת חשיבות רבה לשיתוף פעולה וידע עם גורמים פנימיים וחיצוניים".

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד. "ארגז הכלים הניתן כיום במוסדות האקדמיים נותן מענה טוב מאוד בהיבטי הידע והיכולת הטכנולוגית. בראיית, עולם תוכן שדורש התייחסות מעמיקה יותר באקדמיה, הוא ההבנה התרבותית הבינלאומית. אנו באורבוסק, כחברה גלובלית, משקיעים בכך משאבים ואנרגיה כחלק מהליך הבנייה וההתפתחות של המהנדסים בחברה. תהליך זה כולל הדרכות, מפגשים עם מבקרים מחו"ל, ונסיעות לחו"ל לפגישות עם ערוצי ההפצה והלקוחות והשתתפות בכנסים רלוונטיים".



זובב שמח, סמנכ"ל פיתוח, אורבוסק

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח.

"ישנו הבדל מהותי המתייחס לתפקידו הייחודי של מהנדס הפיתוח ביצירת הערך הבסיסי של המוצר המפותח. על כתפי מהנדס הפיתוח מוטלת האחריות להמציא ולפתח מוצר חדשני, אשר יאפשר להתחרות בסביבה העסקית ולהביא לרווחיות לחברה. מהנדסים יצירתיים ובעלי יכולת לחשוב מחוץ לקופסה הם אלה שמביאים איתם את פריצות הדרך והחדשנות".

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים.

"השכלה רחבה, שמייצרת הבנה ויכולת טכנולוגית גבוהה, יחד עם הבנת הסביבה העסקית והתרבותית שבה פועלות חברות גלובליות, נותנת בסופו של יום ארגז כלים שלם יותר המתאים לאתגרי העתיד. בנוסף, השכלה רחבה מעניקה יתרון למהנדסים שיתפסו בעתיד מקום בשררת הניהול, גם הטכנולוגי, בארגון". ■

## ארגז הכלים של מהנדס העתיד (המשך מעמוד 5)

### "לא מעט סטודנטים עשו 'פרויקטונים' מינימליים"

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד. "לכוננים חסר ניסיון בעבודה בפרויקטים - לא מעט פעמים סטודנטים עשו 'פרויקטונים' מינימליים כדי לקבל תואר. חסרים הבנה וחיבור בין דיסציפלינות. פעמים רבות מהנדסים צעירים אומרים 'בחרתי במקצוע כי השכר בתחום גבוה', ולעתים הם לא מצליחים להפריד בין טפל לעיקר."

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח. "ברמה האישית יש הבדל גדול בינם לאחרים, אבל לא ברמת ההשכלה."

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים. "השכלה רחבה בכל תחום היא יתרון, אבל אני מכיר אינטלקטואלים שהם מהנדסים גרוועים, ולהיפך, כך שבעיניי זו לא דרישה."



יוזב פרץ, מנכ"ל צייס ישראל

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "הבנה מערכתית - בעולם של ימינו אין הפרדה בין הדיסציפלינות השונות. כל מערכת משלבת מספר דיסציפלינות, ומהנדס חייב להבין קצת מהכול ולהתמקצע בתחום מסוים; ניסיון פרויקטים - הדרך טובה ביותר להטמיע השכלה היא עשייה, ולכן פרויקטים גדולים ומשמעותיים מהווים דרך מצוינת להטמיע ידע; עבודת צוות - בעולם של ימינו אין 'פרויקטים של איש אחר', ולכן עבודת צוות היא המפתח להצלחה; אהבת המקצוע וסקרנות - מהנדס טוב הוא כזה שמתחבר ואוהב את מה שהוא עושה; מקצוענות - מהנדסים צריכים לדעת לשאול שאלות ולענות בצורה תמציתית ופשוטה."

### "לחשוב איך לעשות ולא 'למה לא'"

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "יצירתיות וחשיבה מחוץ לקופסה; Can do Attitude, כלומר היכולת לגרום לדברים לקרות, לחשוב איך לעשות ולא 'למה לא'; יסודיות, הקפדה על הפרטים; עבודת צוות מעולה עם הצוות המקומי וגם ברמה הגלובלית."

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד. "הם מצוידים רק באופן חלקי. חסרים להם לימוד ותרגול יותר פרקטי ויותר קרוב לבעיות הנדסיות של 'העולם האמתי' וחיי היומיום."

"חסרים להם לימוד וניסיון בשיתופי פעולה הנדסיים ברמה הגלובלית, שאותם רוכשים בתואר שני במינהל עסקים, אבל לא בהנדסה."



שחר בר-אור, מנכ"ל סנדיסק ישראל

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח. "מהנדסי הפיתוח נדרשים להתמודד עם אתגרים טכנולוגיים מורכבים יותר ורחבים יותר מאשר בתפקידים אחרים. הטכנולוגיה הופכת יותר מורכבת ונדרשת העמקה לשכבות עמוקות יותר בכל דור שלה. אחרים יכולים להסתפק בהבנה יותר כללית של הבעיה. ההבדל הוא בעיקר ברמת העומק הנדרש."

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים. "מקצועות הנדסיים מדיסציפלינות שונות תורמים מאוד לעבודת המהנדס. לדוגמה, מדעי המחשב, חשוב שלמהנדס תהיה גם הבנה בהנדסת חשמל, בפיזיקה ובמכונות - ולהיפך."

"לרוב הפתרון לא יבוא רק מדיסציפלינה אחת, ולכן צריך גם מהנדסים מפונקציות אחרות וגם מהנדסי מערכת, ובעיות מסוימות זה אפילו הכרחי. אמנם יש צורך בהבנה מולטי-דיסציפלינרית, אבל מקצועות שרחוקים מדי מהנדסה, כגון אמנות ופילוסופיה - האפקטיביות שלהם מוטלת בספק."

### "המהנדס צריך להבין כי הוא עוסק בבני אדם ולהיות מודע לכך שהוא פועל לקידום האנושות"

יומיומית של טכנולוגיות ויישומים חדשים איתם יצטרך להתמודד כמהנדס במהלך הקריירה שלו."

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח. "מהנדס פיתוח חייב להיות מסוגל לזווג תהליכים ולשכלל את הקיימים, להיות בעל ראייה של כלל הפעולות בארגון ומסוגל להשתלב בהן בנקל. על כתפיו מוטלת האחריות על איכות המוצרים והטכנולוגיה המפותחים במפעל, והוא הסמכות הבכירה שמלווה את המוצר - מתחילת תהליך המו"פ, דרך עיצוב תכונותיו ועד שיווקו ללקוח."

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים. "כל אדם צריך לשאוף להיות בעל נקודת מבט רחבה, ואני מוצא קשר ישיר בין איש תרבות להצלחה. הכרת העולם, רכישת בסיס ידע רחב והיכולת לרתום זוויות מבט או דרכי פעולה, שאינן בהכרח הברורות מאליו, יעזרו למהנדס בהשראה לפתרונות יצירתיים. הכרת ההיסטוריה של התעשייה תתרום לעיצוב וגיבוש של מהנדס מוכשר יותר, ובהכירו את טעויות העבר לא יחזור עליהן."



תא"ל (מיל') מיכאל דיין, מנכ"ל טמבור

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "ראשית, עליו להיות בעל ערכים, שמבין כי הוא עוסק בבני אדם ומודע לכך שהוא פועל לקידום האנושות. מהנדס טוב חייב להיות מקצועי, יסודי ומעמיק. בשגרת עבודתו יידרש לראייה מרחבית, להפרדה בין עיקר לטפל ולאינטגרציה בין גורמים ומשתנים שונים. לבסוף, יודקק ליכולת הסתגלות במרחב משתנה וללמידה של תחומים חדשים במהירות, במציאות המקצועית היום, לפיכך יהיה חייב לשכלל את דרך עבודתו ובמקרה הצורך - להמציאה מחדש."

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד.

"הכלים האקדמיים הניתנים לסטודנטים להנדסה טובים בבסיסם, אולם לעתים החיבור בין התיאוריה לפרקטיקה אינו מספק ויוצר פער המקשה עליהם להשתלב במהירות בשוק העבודה. חיווק שיתוף הפעולה בין התעשייה הקיימת ועובדי העתיד יעלה את רף המקצועיות והמקצוענות ויקל עליהם בכניסה מהירה לשוק העבודה. בעולם הטכנולוגי, המשתנה ללא הרף, יש לתת לסטודנטים את הכלים להתמודד עם למידה

## "חסרה הבנה עסקית" אצל בוגרי האקדמיה

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "כיום בעולם הגלובלי לא מספיק להיות מומחה בתחום ספציפי. התחרות והשינויים שאותם עוברות חברות מחייבים את המהנדסים להשתנות ולהתפתח יחד עם עסקי החברה. חשוב לשמור כל הזמן על רמה מקצועית גבוהה, וכן להיות בעלי יכולות בינאישיות גבוהות. המהנדסים של היום כבר אינם עובדים בצוות אחד קבוע, אלא משתפים פעולה עם מחלקות שונות, במדינות שונות ומתרבויות שונות."

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד.



נעמה זמיר, סמנכ"לית משאבי אנוש, אנזימוטק

"חסרה הבנה עסקית אצל בוגרי האקדמיה. העבודה שמבצעים המהנדסים, בין אם בצד של הייצור ובין אם בצד של הפיתוח, מחייבת עבודה צמודה עם אנשי השיווק והמכירות. הדבר מחייב הבנה עסקית של התחומים שבהם פועלת החברה."

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח.

"אצלנו באנזימוטק אין הברדל. אנו מצפים מהמהנדסים שלנו להיות מקצועיים, חדים וחריפים, בין אם הם עובדים במעבדה, במפעל או במכירות.

"למהנדסים חייבת להיות הבנה טובה של התחום העסקי והמדעי שבו פועלת החברה, על מנת שיוכלו לתרגם את המידע המקצועי שאותו הם פוגשים לפוטנציאל רווח לחברה."

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים.

"חד-משמעית כן. השכלה רחבה מאפשרת פתיחות לידע חדש וליצירתיות. השכלה רחבה אינה בהכרח השכלה פורמלית - בעידן הטכנולוגי של היום ניתן ללמוד בהרבה צורות נוספות."

## "התרגלנו למהר ולפתור דברים בקלות"

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "עומק - ידע, ניסיון והבנה בתחום טכנולוגי ספציפי;

רוחב - כמות הדיסציפלינות השונות שבהן ישנה התמודדות מוצלחת; יכולת דילוג ומעבר בין נושאים שונים; יכולת תפיסת בעיה, ניתוח והצגה; יכולת עבודה בצוות ועוד. כולן תכונות חשובות והיחס בינן משתנה בהתאם לסיטואציה."

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד.

"לישראלים בכלל, ולבוגרי המוסדות בפרט, יש יתרון מובהק בחדשנות ובפתרון בעיות מורכבות, ופער ביכולת לייצר פתרון ותהליך מקיף ויציב שעובד לאורך זמן ולמרות שינויים. היכולת ללמוד נושא, לנתח ולהגדיר בעיה,

ולאחר מכן למצוא לה פתרון מלא ומקיף, דורשת רמת ריכוז גבוהה וסבלנות שלעתים חסרה אצלנו - התרגלנו למהר ולפתור דברים בקלות, באמצעות האמונה ש'יהיה בסדר'."

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח. "השוני שקיים לעתים בין הדרישות, נובע בעיקר מנגזרת של השלב במחזור חיי המוצר על הצורך, בדגש על הדיסציפלינות השונות."



אוהד יאסין, דירקטור, מעבדת סאפ ישראל

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים. "השכלה רחבה מאפשרת ורסטיליות ויכולת תרומה במגוון נושאים רחב יותר, כך שהיא בהחלט דרישה בסיסית. השכלה רחבה היא תנאי הכרחי, אך לא מספיק."

## "השכלה רחבה אינה דרישה הכרחית"

■ התכונות החשובות למהנדס בארגון שלי. "חוש טכני/הנדסי מעשי, הבנה וידע תיאורטיים, יצירתיות, ניתוח והסקת מסקנות, ראייה רחבה, ראייה מערכתית, דייקנות, סדר וארגון, ביקורת עצמית, פתיחות, 'ראש גדול' וכישורים בין-אישיים."

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד.

"חסר להם בסיס הנדסי רחב, בסיס במקצועות הליבה - מכניקה חזק, מעבר חום, ידע בשרטוט ידני, חשיבה יצירתית, תהליכי עיבוד שבבי כולל מעבדה מעשית."

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח.

"הרצון הוא שמהנדסים בתחומים שונים יוכלו להתפתח מתחום אחד לאחר, ולכן הדרישות דומות בכל תפקידי ההנדסה - מו"פ או ייצור."

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים.

"זו לא דרישה הכרחית, אך מצפים לרמה גבוהה שמתבטאת ביכולת אינטלקטואלית והשכלה רחבה."

## "מהנדס פיתוח זקוק למידת יצירתיות רבה"

■ הכשרת בוגרי האקדמיה לקראת אתגרי העתיד. "לא ניתן משקל מספיק לתפיסה מערכתית ולצורך הגובר באינטגרציה בין תחומי הנדסה שונים. יצירת האינטגרציה מצריכה מיומנויות מגוונות כולל מיומנויות רכות."

■ מאפיינים ייחודיים למהנדס פיתוח.

"מהנדס פיתוח זקוק למידה רבה יותר של יצירתיות שעיקרה ליצור יש מאין. מהנדסים במקצועות אחרים צריכים גם הם יצירתיות אך יותר לשם פתרון בעיות."

■ השכלה כללית רחבה למהנדסים.

"כיום בתחומי הנדסה שאינם פיתוח נדרשת פחות מיומנות



שוקי שטאובר, חוקר, יועץ ומרצה

טכנולוגית מעמיקה כי יש יותר 'קופסאות שחורות', כלומר לא מתקנים רכיב מקולקל אלא מחליפים אותו. לכן נדרשת יותר ראיית-על, תפיסה מערכתית, שילוב עם מערכות אחרות ופתיחות להן - לכל אלו מסייעת השכלה רחבה."





ד"ר דורון פארן

# אתגרי העידן החדש של החינוך ההנדסי

התקדמות הטכנולוגיה הביאה למחיקת דרג הביניים, ומהנדסי המחר נדרשים למצב עצמם בשכבת העלית של אלו המייצרים ידע • המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה מאמצת תקן אמריקאי המציב רף גבוה של דרישות

ולא רק יודעים להשתמש בו. בכלל, המעיין ברוחות ממשלתיים (ממגוון מדינות), בכתבי עת ובסיכומי כנסים בינלאומיים, שעניינם הכשרת מהנדסים, ימצא ביקורת רבה על הצרת אופקיהם של מהנדסי העתיד, עקב ההתמקדות היתרה בלימוד הידע הקיים על חשבון פיתוח יכולות של ייצור ידע. הדרישה העכשווית ממהנדסים היא התאמת הידע לצרכים משתנים, חדשים ובלתי-צפויים, והמתודולוגיה הכרוכה בכך קרויה "מדע העיצוב" (Design Science).

כחלק מההתמודדות עם האתגר קמה בארה"ב מועצה ציבורית בשם ABET (ר"ת של "מועצה להסמכה במקצועות הנדסה וטכנולוגיה"), המשותפת לאקדמיה ולתעשייה, שייעודה להציב רף גבוה של דרישות למוסדות האקדמיים המכשירים מהנדסים. מאות מוסדות אמריקאיים, מהשורה הראשונה ומעלה, מתנאים כיום בעמידה בתקני ABET כערוכה לאיכות החינוך ההנדסי שהם מקנים. לב לבו של התקן הוא רשימה של 11 תוצרי למידה, משמע ידע, יכולות ונטיות שבהם מצויד בוגר לימודי ההנדסה. תוצרי הלמידה משתרעים על מנעד רחב של תחומים, ובהם ידע מקצועי, כישורי עיצוב (תכנן), מיומנויות תקשורת ומודעות חברתית ואתית. מאפייני בולט של מגוון זה הוא הרחבתה של יריעת המקצוע הרחוק מעבר למקובל עד לא מכבר.

המהנדסים הישראלים אינם יכולים כמוכנן להישאר מאחור, מה גם שניצני המחסור במהנדסים מעולים ניכרים גם בארץ – ועוד לא הזכרנו את הצורך להתחרות בשוק הגלובלי. חזונה של המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, הוא להצמיח "מהנדס אינטלקטואל", בעל השכלה רחבה, יכולת לימוד עצמי וחשיבה ביקורתית. תקני ABET שאימצה המכללה (בכוונה לזכות בהמשך בתו תקן רשמי) הולמים את האסטרטגיה ככפפה ליד. האתגר העומד בפני המכללה כפול ומכופל עקב הימצאה בפריפריה, כך שהשגתו תביא גם תועלת חברתית מהמעלה הראשונה. ■

הכותב הוא חבר סגל במחלקה להנדסת תעשייה וניהול, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה



(Imagebank/thinkstock: 0173)

כדי להבין מה אפשר לעשות עם מחרשה, למשל. אבחנה זו מוכירה את נבואתו של סימון: נדרשים מעט אנשים עתירי ידע כדי לפתח ולהטמיע טכנולוגיות מתקדמות, שאותן יכולים להפעיל הרבה אנשים עם יכולות בסיסיות.

## 11 תוצרי למידה

אם כך, התופעה שמתרחשת – ושיאה עוד לפנינו – היא של היעלמות האמצע, קרי דרג הביניים. משמעותה של התופעה מרחיקת לכת בכל שטחי הפרופסיה, מעבר למקצוע הניהול שהיה הראשון להיפגע. בעת הזו עובר מרכז הכובד למקצועות ההנדסה, וביטוי מאפייני לכך הוא טענה שנשמעת בחוגי המקצוע בארה"ב ולפיה המהנדס "הרגיל" נהיה קומודיטי – קרי שוק של מוצר בשל.

אם חפץ המהנדס האמריקאי להתחרות בהיצע האדיר של מהנדסים שמקורם בסין ובהודו, ממשיכה הטענה, עליו למצב עצמו באותה שכבת עלית דקה של אנשי מקצוע המייצרים ידע,

בשנות ה-50 של המאה הקודמת החל עידן טכנולוגיית המידע, עם כניסתם של המחשבים הראשונים למגזרים הממשלתי והעסקי. עשור בלבד לאחר מכן פרסם הרברט סימון, שלימים זכה בפרס נובל על מחקריו פורצי הדרך בתחום קבלת ההחלטות, תחזית ברבר השפעת המחשוב על תהליכים ארגוניים. בדיעבד, מדהים להיווכח כיצד פרספקטיבה כה קצרה הספיקה לסימון כדי לבסס הערכה מפוכחת ומדויקת.

מה הייתה אותה תחזית? ובכן, סימון ניבא כי התפתחות הטכנולוגיה תגרע מנחיצותם של מנהלי הביניים, אלו המטפלים בבעיות חוזרות ונשנות או בניואנסים שלהן, משום שבדיוק זה הכיוון שבו תומכת הטכנולוגיה – קבלת החלטות שגרתיות. לעומת זאת תישמר ואף תועצם חשיבותם של המנהלים הבכירים, שכן את הבעיות הלא-שגרתיות שבהן הם עוסקים שום מחשב לא יוכל לפתור.

לפיכך, סיכם סימון, יתכנסו הארגונים העתידיים למבנה דו-שכבתי – שכבה דקה וצרה של ניהול בכיר, ותחתיה שכבה רחבה של תפעול. חזונו צדק: בשנים האחרונות הולכים ומתרבים הממצאים בדבר היעלמותו של מעמד הביניים, בחברה בכלל ובארגוני עבודה בפרט.

מצער, אם כי לא מפתיע, שהמחקרים הדנים בעניין "מגלים את אמריקה", ואינם מאזכרים את נבואתו המוקדמת של סימון, משל בחידוש מרעיש עסקינן; אולם כך או כך התופעה מתממשת. חוקר הארגונים הנורבגי לארס גרוס, בספרו על הארגון העתידי (פורסם ב-1999), היטיב לזהות את שתי המגמות הסותרות שנושאת בחובה ההתקדמות הטכנולוגית: מחד נדרש פחות ידע מאשר בעבר כדי להגיע לאותן תוצאות (למשל, כדי לקבל רגרסיה סטטיסטית באקסל מספיק לדעת פחות סטטיסטיקה); אך מאידך נדרש הרבה יותר ידע כדי להבין מה אפשר להפיק מהטכנולוגיה, שלא לדבר על עצם פיתוחה. אם נמשיך את הדרוגמה, צריך הרבה יותר ידע רב-תחומי כדי להבין לעומק מה ניתן לעשות עם רגרסיה סטטיסטית, לעומת הידע שנדרש

תואר "מוסמך במדעים" (M.Sc.) בהנדסת תעשייה וניהול\* מקנה כלים לפתרון בעיות הנדסיות מורכבות וליישום הידע בארגון, מיומנויות בפיתוח מודלים מורכבים, ניתוח אירועים וניתוח נתוני שדה.

\*התכנית נפתחה בהיתר המל"ג; הענקת התואר מותנית באישור המל"ג

הבחירה של התעשייה  
אורט בראודה  
המכללה האקדמית להנדסה  
braude.ac.il | \*9099

כשחושבים על תואר שני  
בהנדסת תעשייה וניהול  
חושבים אורט בראודה





חיים רוזו

# האם אנו ערוכים להכשרת המהנדסים שיענו לצרכים העתידיים?

מהם העוגנים אשר צריכים להנחות אותנו בעיצוב חינוך המהנדסים, מדוע אין לצפות למהנדסים אשר יענו על כל הדרישות, וכיצד ניתן לפרק את הבעיה לגורמים נפרדים ולמצוא מענים חלקיים ומקבילים

המהנדסים הבנה בתהליכים כלכליים עם מודעות למשמעויות עסקיות ופיננסיות של הפעילות ההנדסית. באפיון מהנדס העתיד הגדרנו, כנראה, את הקבוצה הריקה. לא קיימים היום וגם אין לצפות למהנדסים שיענו על כל הדרישות.

## הקניית כישורים, ידע ומיומנויות

לכן, בבואנו לענות על שאלת המפתח מה אנו נדרשים לעשות היום במערכת החינוך כדי להנך את מהנדס העתיד, נצטרך לפרק את הבעיה לגורמים ולמצוא מענים חלקיים ומקבילים. נכון יהיה להבחין בין הקניית כישורים לבין הקניית ידע ומיומנויות. כישורים כגון עבודת צוות, יכולת ורצון ללמידה עצמית, חשיבה יצירתית ומודעות עסקית הם נושאים שיש להטמיע בתלמידים בעודם בבית הספר היסודי. זו אינה רק מטלה של האקדמיה. כישורים אלו עשויים להיות נכס חשוב בעולם המחר ולא רק בעולם התעשייתי.

באשר להקניית ידע ומיומנויות מקצועיות, יש להגדיר שני מסלולי הכשרה: הראשון, הכשרה מקצועית פרטנית וספציפית החודרת אל לב הטכנולוגיה. מסלול זה יכשיר מהנדסים מקצועיים מאוד ומעמיקים אבל ב"רוחב סרט" צר; והשני, הכשרה מערכתית המאפשרת פיתוח וניתוח מערכות מולטי-דיסציפלינריות והבנה וניתוח של מערכות ברמת העל.

האקדמיה היום עדיין מתמקדת בעיקרה במסלול הראשון, למרות שהצורך בתכנון מולטי-דיסציפלינרי ומערכתי זוהה לפני שנים. ההשכלה הגבוהה עשתה מעט בנידון, הקימה חוגים משולבים בודדים ומציעה לימודי הנדסת מערכת במקומות בודדים ובהיקפים מוגבלים. האוניברסיטאות, שבהן המחקר עדיין מאוד חד-דיסציפלינרי, חייבות להתארגן במהירות לשינוי הן ברמת המחקר והן ברמת ההוראה. דווקא המכללות האקדמיות ההנדסיות היו ראשונות לזהות את הצורך וליישם הפתרונות. צורך נוסף, אשר אותו תצטרך האקדמיה לאמץ: הקמת מערך הכשרות והסמכות למהנדסים לאורך כל הקריירה המקצועית, שיאפשרו למהנדסים לסגור פערים אל מול הטכנולוגיות והטכניקות ההנדסיות המתפתחות.

לסיכום, ההתמודדות עם אתגרי העתיד בתעשייה מחייבת התארגנות משמעותית בכל מערכת החינוך אבל עם דגש עיקרי לאקדמיה. האקדמיה אינה יכולה להיצמד לתזה, שתפקידה לתת בסיס הנדסי מוצק לסטודנטים ומכאן התעשייה ומכוני הכשרה ייעודיים יעשו את השאר. האקדמיה - קרי האוניברסיטאות והמכללות - חייבת לתת מענה כולל הן בהקניית כישורים והן בתחום המיומנויות.

אין לצפות, ובצדק, מן האקדמיה ליזום מהלך כזה. המערכת החינוכית הלאומית צריכה להנחות, והאקדמיה - לבצע. הכותב הוא סגן הנשיא למצוינות הנדסית וטכנולוגית באלביט מערכות, וחבר המועצה הלאומית למחקר ולפיתוח

והן בצורך להשקעות מ"פ גבוהות. שחיקה זו רק מחדדת את הצורך בפתרונות ייחודיים, איכותיים וחדשניים. גיוון תחומי העיסוק: משקים אשר ישאפו לצמיחה בתעשייה הטכנולוגית לא יוכלו להתבסס על מיקוד בתחום עסקים בודדים. התעשייה הישראלית צמחה בעיקרה סביב תחום ה-ICT. המשך הצמיחה יחייב גיוון הפורטפוליו. האם תחומים אלו יגיעו מתחום מדעי החיים, מתחום האנרגיה, מפרוטוניקה ואולי מרובוטיקה? אלו שאלות שקשה לענות עליהן בביטחון. שיתופי פעולה: הגלובליזציה בשווקים ועלויות הפיתוח הגבוהות והתכופות יחייבו תעשיות ליותר שיתופי פעולה, חלוקת שווקים ובמיוחד שיתוף בסיכוני ובעומס פיתוח. תהליכים אלו יחייבו שילוב צוותים בחברות שונות לאותה משימה. היכולת לעבוד בצוות אחד, לגשר על מרחקים ועל פערי תרבות ולייצר תקשורת בונה, יהיו אתגרים משמעותיים.

## ריכוז אתגרים

לאן מובילות מגמות אלו מנקודת המבט של רמות המהנדס אשר יעמוד במרכז העשייה התעשייתית? ריכוז האתגרים שצוינו לעיל ותרומם לרמת המהנדס הבודד יביאו אותנו להבנה שנידרש למהנדסים ברמה מקצועית גבוהה מאוד, תוך התמחות ספציפית בתחומי טכנולוגיה חדשים. במקביל יידרש המהנדס ליכולת מערכתית גבוהה מאוד, להבנת צורכי לקוחות וליכולת שילוב טכנולוגיות לכדי מכלול אינטגרטיבי.

נידרש למהנדסים בעלי רצון ויכולת למידה עצמית מתמשכת, בעלי יכולת חשיבה יצירתית "מחוץ לקופסה", פתוחים לשיתופי פעולה ושיתוף בידע עם גורמים בתוך המפעל, עם האקדמיה ועם גורמים תעשייתיים על פני הגלובוס. בנוסף, נצפה מן

סוגיית דמותו של מהנדס העתיד נשמעת כסוגיה אקדמית, המנסה לחזות תהליכים עתידיים ולהעריך מגמות בנושאים תעסוקתיים.

המענה לסוגיה זו הוא המפתח להתמודדות עם שאלה אקטואלית מאוד ובעלת חשיבות עליונה: מה אנו נדרשים לעשות במערכות החינוך, מחר בבוקר, כדי שהמהנדסים אשר יגיעו לשוק העבודה בעוד חמש שנים ויותר, יענו לצרכים העתידיים. שאלה זו נדרשת לתשובות ברורות ואופרטיביות. ה"לקוח" העיקרי של בוגרי ההנדסה הוא התעשייה. לפיכך ננסה לבחון את צורכיה בעשורים הקרובים, תוך דגש על התעשייה הטכנולוגית, שכן די ברור, לפחות בישראל, שתעשייה זו תמשיך להיות מובילה ודומיננטית.

תחזית צרכים מכילה תמיד רמת אי-ודאות, כל שכן בתחום כל כך דינמי ובלתי צפוי כמו עולם התעשייה הטכנולוגית. למעשה, הסיכוי לחזות במדויק את אופי התעשייה, את תחומי פעולתה וכישורי מהנדסה קטן מאוד ומחיר הסיכון לטעות הוא גבוה. עם זאת נראה שלכל כיווני ההתפתחות הפוטנציאליים יש עוגנים משותפים, שצריכים להנחות אותנו בעיצוב חינוך המהנדסים:

**דינמיות גבוהה:** הן בסביבה הטכנולוגית והן בצורכי השוק והתנהגותו. בעשורים הקרובים תימשך המגמה של "התפוצצות טכנולוגית". בתחומים רבים דורות טכנולוגיים מתחלפים מדי שנים ספורות. די אם נבחן את הזרעים הנזרעים היום באקדמיה בתחומים כמו ננוטכנולוגיה, פוטוניקה, מדעי החיים ועוד. הדרושים החדשים מאפשרים יישומים שלא היו קיימים קודם. עובדה זו מייצרת הזדמנויות שיווקיות חדשות וקהלי יעד חדשים. וזה כמובן מאייץ עוד את הספירה הטכנולוגית.

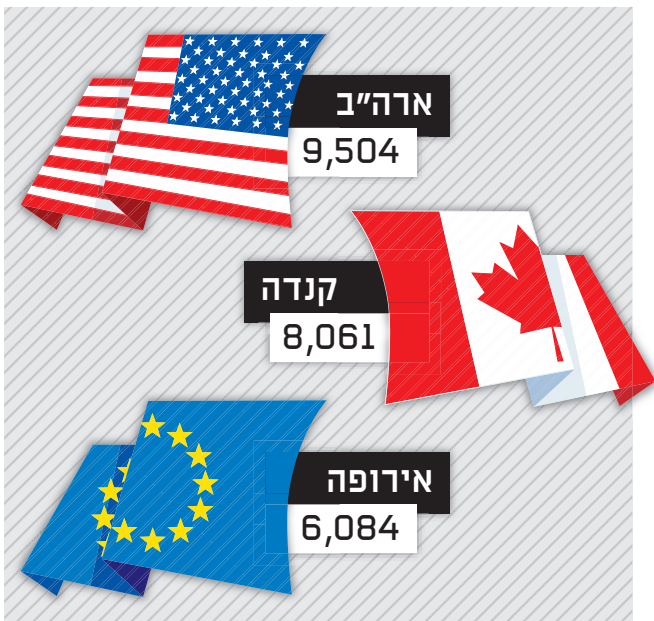
**מולטי-דיסציפלינריות גבוהה במוצרים עתידיים:** התעשייה הישראלית הצליחה תמיד במוצרים ובמערכות המשלבים דיסציפלינות, במידה רבה בזכות יכולת המהנדסים שלנו לראייה מערכתית מורכבת. כעת אנו במסלול שבו השילוב הטכנולוגי עולה מדרגה. די לבחון מוצר המוני כמו סמארטפון, המכיל בנפח קטן אלקטרוניקה מתקדמת, תכנה, אלגוריתמים מורכבים, אופטיקה חדשנית, מנגנוני מיקרו מכניקה וצגים על בסיס אורגני. השילוב הטכנולוגי נעשה ברמת המוצר וגם ברמת הרכיב המיניאטורי. המגמה הזו תלך ותתחזק.

**תחרותיות גבוהה מאוד:** הגלובליזציה בשוק הלקוחות, הספקים והמתחרים, היוניק החד ברמה הטכנולוגית והתעשייתית של המדינות המתפתחות וקיצור אורך החיים של מוצרים חדשים מייצרים רמת תחרות גבוהה מאוד בשוק. זו גוררת אחריה צורך בפתרונות חדשניים, ברמה טכנולוגית והנדסית גבוהה מאוד, בגמישות רבה וביכולת להציג פתרונות בשלים בלוחות זמנים קצרים מאוד. התחרות הגבוהה שוחקת את שולי הרווח בתעשייה הטכנולוגית, ומתבטאת הן בשחיקה במחירי המוצרים



## הבדלי השכר בין המהנדס

כמה מרוויח מהנדס לא ישראלי



Material Performance: 1177

# "במדינות מפותחות כמו קנדה וארה"ב השכר לפעמים כפול משכר מהנדס בישראל"

מדוע המהנדס הישראלי מרוויח פחות מהקולגות שלו בחו"ל, האם יש הבדל ברמת הלימודים בארצות השונות, ובאילו תחומים כדאי להתמקצע היום כדי להרוויח יותר מחר? בכירים בתחום ההנדסה מזהירים מפני פגיעה ברמת המהנדס וקוראים להסדיר את נושא הרישיון בתחום האזרחי • ומה משרד הכלכלה אומר על הפערים / שירי דובר

### בישראל?

"יש תחומים חדשים יחסית, ויש כאלה שהיו בתרדמת ועכשיו שב ועולה הביקוש להם. בתחומים החדשים, הייתי אומר שכל מה שקשור לאיכות הסביבה – דהיינו טיהור שפכים, מיחזור פסולת ושימושים שניוניים, וכמובן בנייה ירוקה – הוא תחום מתפתח. תחום שני הוא התפלת מים. שני התחומים הללו הם ללא ספק התאמה של ישראל למגמות בינלאומיות".

### "יהיו חסרים מומחים, בגלל שכולם הולכים להיי-טק"

ד"ר אליק גרויסמן, יו"ר אגודת מהנדסי הכימיה בלשכת המהנדסים, מסביר גם הוא כי לצד ההתאמה לעולם, בישראל קיימים תחומים מפותחים ופופולריים יותר מאחרים, וזאת כמובן בהתאם לצרכים ולדרישות. גרויסמן, אשר עובד כמהנדס כבר משנת 1973, היה עד להתפתחויות בתחום. לדבריו, התעשייה הפטרוכימית בישראל מפותחת, ושורשיה העמוקים ניטצו כבר בשנות ה-30 של המאה הקודמת. "בין היהודים שהגיעו מגרמניה בשנים 1934-1935 היו הרכה מאוד כימאים, והאנגלים ששלטו אז בארץ ראו והבינו כי טוב – גם לרפואה וגם למערכות לחימה".

אם מדובר בתחום ותיק ומוביל, השכר גבוה בהתאם? "בוודאי שלא", מגיח גרויסמן, "מובן שלא ניתן להשוות בין מהנדס מכונות, מהנדס בניין ומהנדס כימיה, אבל הנתונים האחרונים שראיתי מראים כי במדינות המפותחות כמו קנדה, ארה"ב ובאירופה – השכר גבוה לפעמים פי 2 מזה שבישראל. במשך 22 שנים הייתי מהנדס קרוויה, ובאירופה השכר גבוה פי 2. אבל זה גם תלוי במומחיות, בסוג התעשייה ובוותק של המהנדס". יש הבדלים בין רמת הלימודים בישראל לזו שבמדינות אירופה?

צילומים: רמי חכם ופיר מנדלבאום



דני מריאן (מימין) ועמנואל ליבין

סבור שהמהנדס הישראלי לא נופל מרמתו של עמיתו שבחו"ל, אך ככל שהדבר נוגע לתגמול, ההבדל לדבריו הוא גדול ומשמעותי. "בתחום התכנון שחרם של מהנדסים הוא נמוך משמעותית מזה שבחו"ל, והדבר דורש תיקון". הוא מבקש להדגיש כי מדובר במקצוע בעל חשיבות מהותית. "בהנדסה אזרחית מתכנן יכול לעבוד גם ב'משפחות' האחרות, אבל מה'משפחות' האחרות כבר אי אפשר להגיע לתכנון. יתרה מכך, מי שעוזב את התחום, לא יוכל לחזור אליו", הוא אומר, "מה שקורה הוא שבשל שכר הטרחה הנמוך בתכנון, מהנדסים עוזבים את התחום ואז נוצר חוסר שעלול להוריד את הרמה. חשוב מאוד להקדים ולתקן את זה. בגרמניה למשל, יש מחיר מינימום לתכנון שמסייע לשמור על רמת מחירים גבוהה. כאן זה עובר הפוך – עושים מכרז ומחפשים את מי שעלותו נמוכה. אחרי מאבקים רבים הוחלט, כי פרויקטים בהיקף כזה לא יוכלו להיות מושתתים רק על בסיס מחיר. הרעיון הזה מיושם, אבל לא בכל המקרים – למשל בחברות עירוניות. זו רק אחת מהדוגמאות לבעייתיות הקיימת". מהם תחומי ההנדסה שלדעתך הביקוש להם צפוי לגדול

« « « "ישראל יכולה להתגאות במהנדסים שמתפתחים כאן", אומר דני מריאן, יו"ר איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות בלשכת המהנדסים, האדריכלים והאקדמאים במקצועות הטכנולוגיים בישראל, "אני יכול להעיד שבתחום שלי לפחות, המהנדסים הישראלים לא שונים מעמיתיהם בחו"ל, ורבים מהמהנדסים שלנו אף עובדים בפרויקטים החשובים ביותר בעולם". עם זאת, מריאן סבור כי קיימים כמה הבדלים בין המהנדסים בארץ ועמיתיהם בחו"ל, ויש סיבות להבחנה. הוא מזכיר כי קיימות ארבע משפחות עיקריות שלפיהן ניתן לחלק את העוסקים הנרסה: תחום התכנון, תחום הביצוע, ניהול פרויקטים ופיקוח, ועובדי החברות ציבוריות.

ההבדל הראשון שמריאן מציין הוא הנושא הרגולטורי והרישוי. "אנחנו מנסים להניע רגולציה בנושאי הנדסה אזרחית, ובכלל. במצב הנוכחי, מהנדס אזרחי מחויב ברישיון להנדסת מבנים, וזה אומר שתחומים אחרים – תכנון צמתים ורמזורים למשל – לא מחייבים החזקת רישיון מסוים. לפני 11 שנה קראה הממשלה למסד את נושא הרישוי. הכוונה היא שלמהנדס בביצוע פרויקט יהיה רישיון ספציפי להנדסת מבנים, ולמהנדס שמתכנן צמתים יהיה רישיון משלו, כך שלא נסתפק בהכשרה כללית להנדסה אזרחית. זה נושא שחשוב לטפל בו מהר, היות שהוא רלוונטי לשלום הציבור, ויפה שעה אחת קודם".

### כיצד מתנהל נושא הרישוי במדינות ה-OECD?

"לא רק שזה קיים במדינות אלו, אלא שם גם מקפידים על שמירת כשירות. כלומר, אם בארץ מי שקיבל רישיון צריך להקפיד לשלם אגרה כדי לשמור עליו, בחו"ל יהיה עליו להוכיח אחת לכמה שנים שהוא עובר השתלמויות, בדיוק כמו רופא. אנחנו תומכים בכך וסבורים שיש ליישם זאת גם כאן בישראל". אי אפשר לדבר על הבדלים בלי להתייחס לעניין השכר. מריאן



## כמה מרויח המהנדס הישראלי



מקור: משרד הכלכלה

ובכל זאת, על אילו הבדלים אתה יכול להצביע? "בארץ הציפיות ממהנדסים הן שונות. דורשים מהם ורסטיליות ויכולת לעבור ממקצוע אחד לשני. הרי זה חלק מהתרבות הישראלית. אנחנו מצפים ממהנדסים שיידעו גם לפתח וגם לתכנן, ובאותה המידה גם לתחזק. בכל מקרה, הרעיון בהנדסה הוא להמשיך לתת את מקצועות הליבה, ועם זאת להמשיך לרוץ קדימה. הרי מי אחראי על קצב ההתפתחויות הטכנולוגיות בעולם? המהנדסים".

למהנדסים בישראל יש במה להתגאות? "בישראל יש פיתוח משמעותי והעולם כולו שמח ללמוד מאתנו. כל תחום מערכות הנשק והגילוי - כאן זה הבית שלהם. אנחנו יצרנו את המערכות האלו. איך בעולם לא פיתחו לפנינו את

פרי: "בארץ הציפיות ממהנדסים הן שונות. דורשים מהם ורסטיליות ויכולת לעבור ממקצוע אחד לשני. הרי זה חלק מהתרבות הישראלית. אנחנו מצפים ממהנדסים שיידעו גם לפתח וגם לתכנן, ובאותה המידה גם לתחזק"

כיפת ברזל? משום שאנחנו היינו צריכים אותה. הגיאופוליטיקה המיוחדת של ישראל היא שיצרה את הצורך. ולשם כך צריך מהנדסים מהליגה הלאומית, ומדובר על מקומיים כמוכר".

במי שהיה וראה, יש הבדלי שכר בין מהנדסים בישראל וחו"ל? "מהנדס בחו"ל יכול להרוויח 120-160 אלף דולר בשנה. בארץ מתחילים בכ-10,000 שקל ברוטו. המדינה לא יודעת לתת הכשרה בכל התחומים, ולפעמים באמת נאלצים ללמוד בחו"ל. נכון, יש הרבה תחומים שאין בארץ, אבל גם לא צריך את הכול - הכי חשוב זה שיהיה מענה מתאים".

עמנואל ליבן, יו"ר ארגון מהנדסי המכונות והתעופה בלשכת המהנדסים, מאשר גם הוא את קיומם של פערי שכר, אך טוען כי קיימים הבדלים גם בתוך אירופה, וגם בינה לארה"ב. בנוגע לישראל, מציין ליבן כי חבל שמהנדסים כבר לא זוכים לתואר מקצועי (אנג') כבעבר וכמקובל במדינות שונות, והוא בעיקר מצר על כך שצפוי מחסור עתידי במהנדסי מכונות, רכב ועוד. "כולם נוהרים למקצועות זוהרים", טוען ליבן, "על המדינה לעודד מקצועות שכאלה, אחרת ניאלץ להמתין דור - 20-30 שנה - עד שנוכל לצמצם את הפערים". לדבריו, הנטייה, לדאבון כולנו, היא בינלאומית. "קראתי שבארה"ב האנשים הטובים מגויסים על ידי חברות בורסאיות, אבל זה שם ואנחנו לא אמריקה".

גם מיכל צוק, המשנה למנכ"ל משרד הכלכלה והממונה על תחום התעסוקה במשרד, מודעת להפרשי השכר. "בתחום ההנדסה האזרחית יש אינדיקציה לכך שהשכר לא מתנהג כמו המחסור. יש ביקוש, ומצד שני השכר נמוך". לדבריה, יכולות להיות לכך סיבות שונות, אך קיימת החלטת ממשלה בנושא, וצוות בראשותה בוחן בימים אלה את הדרכים לצמצום הפער. ■

"בקלות. אני מרצה על זה ומאמין שמדובר בתהליכים מקבילים" (ראו מאמר בנושא בעמ' 26, הערת המערכת). ומה המקצועות שלדעתך יתעוררו בקרוב בישראל? "תחום איכות הסביבה, שאותו אנו כבר רואים והוא לא חדש במיוחד. לפני 15 שנים חלה עלייה בביקוש למקצועות הביוטכנולוגיה, וגם זה השתנה. מה שמתעורר היום בישראל הוא הצורך במהנדסי גז טבעי".

זו מזמנה עולמית? "בעולם זה התפתח מזמן, התחום קיים 60 שנה כמעט במקומות כמו הולנד ואנגליה, ולכן הביקוש הגובר אצלנו הוא מקומי". נכון לעכשיו מביאים ארצה מהנדסים מחו"ל בתחום הגז? "בוודאי, ומשלמים להם הרבה כסף. מה שצריך הוא להכשיר כאן דור חדש".

יש מקצועות הנדסה שיש להם ביקוש בחו"ל והמומחים נמצאים כאן?

"יש לי סטודנטים שעברו בהולנד באנגריות חדשניות. יש בישראל פוטנציאל עצום, יש טכנולוגיה, אבל משום מה אין ידע. אחד התפקידים שלנו בלשכת המהנדסים הוא להראות שיש פוטנציאל ולדרחוף את זה".

### "הציפיות ממהנדסים בארץ שונות"

"קשה להשוות בין הארץ לנעשה בחו"ל - לא רק בסוג ההכשרה, אלא בעיקר בציפיות", אומר ד"ר אמיר פרי, יו"ר אגודת מהנדסי הבטיחות בלשכת המהנדסים. "העולם של היום הוא כל כך רחב ומגוון, ונדרשת רמת התמחות מאוד מדויקת. כשמהנדס מגיע לעבודה, מה שיש לו ביד זה בעיקר כלי חשיבה. זה נכון בישראל ובכל ארגון בעולם - המהנדס צריך להשתלב ולהתמחות כמעט לאורך כל החיים".

"לא, אני לא רואה היום כל הבדל. התבדלים שאני זוכר היו כשהגעתי ארצה ממוסקבה, שם למדו לעומק תיאוריה ופרקטיקה. אבל בסך הכול - אנחנו מדברים היום על אותה רמת לימודים. אתה יכול להעריך אילו אנשי הנדסה יהיו חסרים כאן בעתיד הקרוב?"

"מומחים. המצב כיום הוא שכמות הצעירים שאמורים להיות מומחים בעתיד רק הולכת ופוחתת. היום כולם רוצים להרוויח יותר, ולכן הולכים להיי-טק. מעדיפים להיות מהנדסי תוכנה, במקום לפנות להנדסה הקלאסית".

מריאן: "לפני 10 שנה ניסו למסד את נושא הרישוי, כלומר שלמהנדס יהיה רישיון ספציפי להנדסת מבנים, ולמהנדס שמתכנן צמתים יהיה רישיון משלו. זה נושא רלוונטי לשלום הציבור, וחשוב לטפל בו בהקדם"

אז מה הפתרון?

"צריך לשוב ולמשוך מהנדסים למקצועות האלה באמצעות שכר גבוה, זה ברור. בנוסף, מה שאני עושה כשאני מלמד זה לחנך ליצירתיות. אני מאמין שצריך אספקטים הומניסטיים, כמו אמנות, ולחבר אותם להנדסה". אפשר לחבר בין הנדסת מכונות ליצירה מוזיקלית?

# רוצים

רוב המהנדסים עוברים במסלול במשרה חלקית בזמן הלימודים, סיום התואר, אך חלק מהם תאורה בקולנוע, מוזיקאי ומנהל הקריירה שבה בחרו, ולעשות אותם לתחום ואם הם שלמים

## דניאל גלמן, 32, ממנהל לוגיסטי למהנדס תכנה

"לפני שהצטרפתי לחברת פריזון, הייתי במשך שנתיים מנהל לוגיסטיקה בחברת LR Group (חברה שמתמקדת בייזום וניהול פרויקטים רחבי היקף, במדינות ושוקים מתפתחים), בתפקיד שכלל רילוקיישן באנגולה. בשבע השנים האחרונות אני עובד כאמור בפריזון נטוורק, שמפתחת יישומי אינטרנט וסרגלי כלים, בתפקיד מנהל מחלקת בדיקות תכנה".

**מהם ההבדלים העיקריים שאתה רואה בין הקריירות?**  
"התפקיד שונה לחלוטין. כמנהל לוגיסטי שאחראי על הרבה תחומים, כולל רווחת הפרט, עברתי מהבוקר עד הערב, כולל סופי שבוע. אנשים לא הפסיקו להתלונן על כל נושא, והרגשתי כמו פוליטיקאי שחייב לתת תשובות נכונות לאדם המתאים. כל הזמן הראש היה עסוק בעבודה. כיום אני יותר מספק תפוקה, ולא מתעסק ברווחת הפרט".

**מהם הקשיים העיקריים שבהם נתקלת עם המעבר?**  
"הקושי העיקרי הוא המנטלי. בעבודה הקודמת היינו אחראים על פיתוח תשתיות למדינה. אלו היו פרויקטים ארוכי טווח שמעורבים בהם המון גורמים. העבודה בפיתוח תכנה היא תהליך זריז יותר, עם שרשרת קצרה יותר של אנשים שעובדים עליה".

**האם אתה שמח על השינוי?**  
"מאוד. אני מאוד מחובר לתחום התכנה, אוהב את החברה, ובעיקר מגיע כל בוקר עם חיוך על הפנים. הסיפוק הוא גבוה וגם המשכורת טובה".

**האם אתה עדיין קשור או מתעניין בקריירה הקודמת?**  
"לא. אני אוהב מאוד את מה שאני עושה היום, ולא חושב לרצות על העבר".

**איך הסביבה הקרובה שלך קיבלה את השינוי?**  
"בתמיכה גדולה מאוד. אני ילד שגדל על מחשבים, והעולם הזה תמיד היה סביבי. ההורים שלי אמרו לי, 'תעשה את מה שאתה אוהב, וככה תוציא מעצמך את הטוב ביותר'".

**האם היית ממליץ לאחרים לבצע שינוי קריירה?**  
"זה תלוי באופי של כל אדם. מי שקם בבוקר ומרגיש לא שייך למה שהוא עושה, לא מרגיש מיצוי או סיפוק, ובכלל מתלונן על



יואב שדה: "השכר בהיי-טק גבוה יותר משכר אמן בסדרי גודל משמעותיים. זה מאפשר להתקיים בכבוד, וכתוצאה ישירה מכך הרבה זמן התבונה במהלך השבוע, כזה שנהגתי בעבר לנצל להשלמת הכנסה"

## יואב שדה, 33, ממורה לגיטרה למהנדס תכנה

"לפני שהפכתי למהנדס תכנה, עברתי כמורה לגיטרה במתנ"סים, וביצעתי עבודות שמירה ואבטחה במשך חמש שנים וחצי. לאחר שלמדתי קורס מקצועי בפיתוח במכללת ג'ון ברייס, הצטרפתי בשנת 2009 לחברת קליקסופטוור בתפקיד איש תמיכה, ומשנת 2011 אני מהנדס".

**מהם ההבדלים העיקריים שאתה רואה בין הקריירות?**  
"ישנם כמה הבדלים בולטים: ראשית, השכר בענף ההיי-טק גבוה יותר משכר אמן בסדרי גודל משמעותיים. זה מאפשר להתקיים בכבוד, וכתוצאה ישירה מכך הרבה זמן התפנה במהלך השבוע, כזה שנהגתי בעבר לנצל להשלמת הכנסה. בנוסף, העבודה שהפסקתי להתקיים ברוחק עזרה לי 'לצאת אל העולם' - ליהנות ולהכיר צורת חיים שונה משמעותית, כמו מגורים בתל אביב, שאותה לא הייתי מכיר אילו הייתי עסוק בהשרדות".

**הבדל נוסף הוא שענף התכנה מספק פירבקים מהירים ומיידיים, בניגוד לרוב התעשיות, לרבות מוזיקה. לבסוף, מוזיקה אינה מקצוע בעל נתיב התפתחות מסומן וברור, לטוב ולרע, בעוד בהיי-טק ישנן דרכים אופייניות שבהן אדם יכול לבחור ולהתפתח".**

**מהם הקשיים העיקריים שבהם נתקלת עם המעבר?**  
"תקופת המעבר, שבה צריך להמשיך להתקיים כמוזיקאי ובמקביל ללמוד פיתוח תכנה, היא לא קלה, במיוחד כפן הכלכלי. מה גם שאף אחד לא מבטיח לך שתקבל עבודה אחרי כן. מעבר לכך מרובר בתקופה נפלאה, שלמרות מאמצי ההסתגלות, מובילה ללמידה והתחדשות".

**האם אתה שמח על השינוי?**  
"מאוד. העבודה בתחום ההיי-טק מותאמת לצדדים החזקים שלי, מה ששיפר את איכות החיים שלי, הן מבחינה רגשית והן מבחינה חומרית. לעומת זאת, במוזיקה היה לי כישרון, וזה מסתכם בערך בזה".

**האם אתה עדיין קשור או מתעניין בקריירה הקודמת?**  
"יש לי נוסטלגיה לעיסוק במוזיקה, אבל אני מנגן לעתים רחוקות ורוב הזמן לעצמי".

**איך הסביבה הקרובה שלך קיבלה את השינוי?**  
"לצד אנחות הרווחה, היה גם פחד שאחמיץ את מטרתי בחיים. החשש הזה קינן גם אצלי בשנה שבה קיבלתי את ההחלטה, שהייתה גם השנה האחרונה שבה למדתי ברימון. יותר מאוחר הבנתי שהיי מוזיקאי אינם מתאימים לי, וגם במשפחה החשש שאאבד את היעוד שלי התפוגג עם הזמן".

**האם היית ממליץ לאחרים לבצע שינוי קריירה?**  
"אני חושב שאסור להישאר במקום בחיים שמאמלל אותך, ואם המקום הזה הוא קריירה שבה בחרת בטעות, דרוש שינוי".  
**מהו ההערבך הפרופיל המתאים להסבה להנדסה?**  
"אני לא מכיר פרופיל כזה, אך יש תכונה משותפת של מוזיקאים ומהנדסי תכנה, שאני יכול לסמן כמועילה מאוד, והיא יצירתיות".

**האם היית שוקל שינוי נוסף? אם כן, לאיזה תחום?**  
"שפות זה תחום שמעניין אותי, אבל כמו מוזיקה זה לא מתאים לי כאדם".



## מאיר עוזיאל, 45, ממעצב תאורה למהנדס בקרת איכות

"לפני שהגעתי לתחום בקרת איכות (QA) עבדתי כמעצב תאורה בקולנוע, טלוויזיה והפקות וידאו שונות. ביליתי כ-7 שנים בטלוויזיה החינוכית, ולקחתי חלק בהפקות 'הכל אנשים' עם מודי בר-און, 'בקריאה ראשונה' עם אבירמה גולן, 'ספורטיווי', 'הוזה', 'שערורייה' ועוד. כמו כן, ביליתי כשנתיים בימיו הראשונים של ערוץ 2 באולפני הרצליה, בתכניות הרגל של הערוץ, ובנוסף עבדתי בסרטי קולנוע ישראליים ובינלאומיים. בארבע השנים האחרונות אני בתפקיד QA Director, מוביל את תחום בדיקות התכנה בלייברסון, שמונה מעל 40 איש, ואת תחום ניהול התצורה".

**מהם ההבדלים העיקריים שאתה רואה בין הקריירות?**  
 "העיקרי שבהם הוא מעבר מסביבת עבודה שדורשת התמקדות ביכולות אמנותיות, לתחום בקרת האיכות שבו אני נדרש ליכולות לוגיות מורכבות, להבנה טכנולוגית של הפרויקטים שבהם אני מעורב ולהובלה של מנהלים, בודקי תכנה ואנשי פיתוח. המעבר לתחום היה די טבעי מבחינתי, מאחר שתחום המחשבים היה קרוב לליבי מאז ומתמיד, עוד מהימים שבהם התקנה של חלונות 3.1.1 דרשה 16 דיסקטים והמון המון סבלנות. מובן שגם פוטנציאל השכר היה פקטור בבחירה".

**מהם הקשיים העיקריים שבהם נתקלת עם המעבר?**  
 "לעשות שינוי קריירה בגיל 30 זהו צעד לא פשוט כלל. בתחום הבריקות בשנת 1999 נאלצתי להתחיל במשכורת רעב, ולחזור אחורה מבחינה כלכלית. עבדתי ימים ולילות, סופי שבוע וחגים, כדי ללמוד, להתפתח ולייצר את הידע הנדרש כדי להצליח בתפקיד".

**האם אתה שמה על השינוי?**  
 "כן. אני נמצא בתפקידי ניהול בכירים בעשור האחרון ומעורב בתכנון האסטרטגיה של החברות שבהן הייתי שותף, ובעיקר מאותגר מקצועית ומותח את היכולות שלי כל פעם מחדש".

**האם אתה עדיין קשור או מתעניין בקריירה הקודמת?**  
 "לא. זו הייתה האהבה הראשונה שלי, ואני מודה על ההזדמנות שניתנה לי לחוות חוויות שונות כמעצב תאורה. אף על פי שצילומי קלטת הילדים 'דיג דיג דוג', עם אותם השירים במשך 3 ימים, יכולה להיחשב חוויה מסוג אחר", הוא אומר בחיך.

**איך הסביבה הקרובה שלך קיבלה את השינוי?**  
 "המשפחה הקרובה נבהלה בהתחלה - לעבור מסטטוס עצמאי לשכיר ולרדת ברמת ההכנסה כך באמצע החיים, זה סיכון לא פשוט. עם זאת, אשתי עמדה לצדי לאורך כל הדרך, בעיקר בשנה הראשונה שהייתה תובענית ומאתגרת".

**האם היית ממליץ לאחרים לבצע שינוי קריירה?**  
 "אני ממליץ לא לפחד משינוי קריירה. השינוי כשלעצמו אינו המטרה. מטרת השינוי צריכה להיות אתגר מקצועי, מבט ארוך טווח קדימה ליכולת להתפתח ולגדול בתחום שבו בחרת, ושינוי בתגמול לטווח הארוך. כל אלו יחד, ובחירה נכונה של מה ארצה לעשות בעשור הנכון, מומלצים מאוד".

**מהו להערכתך הפרופיל המתאים להסבה להנדסה?**  
 "התכונות הנדרשות לאנשי בדיקות משלבות כמה מאפיינים: יצירתיות ויכולת ראייה רחבה, אך גם חשיבה לוגית, שקדנות ומסוגלות לעבודה סייפית ומתישה". ■



מאיר עוזיאל: "המשפחה הקרובה הייתה די מבוהלת - לעבור לסטטוס שכיר ולרדת ברמת ההכנסה באמצע החיים זה סיכון לא פשוט. אבל אשתי עמדה לצדי לאורך כל הדרך, ובעיקר בשנה הראשונה שהייתה תובענית ומאתגרת"

# שינוי?

המוכר של תואר בתחום, עבודה וכניסה מלאה לתפקיד לאחר עברו מסלול שונה לגמרי. מעצב לוגיסטיקה החליטו לעזוב את הסבה להנדסה. בדקנו מה משך עם השינוי / רון שטיינבלט

צילומים: איל צנה



כל שנייה שבה הוא נמצא לעבודה, חייב לבצע שינוי. מהו להערכתך הפרופיל המתאים להסבה להנדסה? "אחד הדברים החשובים זה היכרות עם הסביבה - איך עובד מחשב, עמוד אינטרנט, תכנה או אפליקציה. אחרי שמבינים את זה, הכול בא בקלות. בנוסף, חייבים להיות עם ראש פתוח, להיות מוכנים ללמוד כל הזמן מאחרים, כי אין סוף לחידושים".  
**האם היית שוקל שינוי נוסף? אם כן, לאיזה תחום?**  
 "כן, לתחום הכושר הגופני ותזונה נכונה. זה עולם שמושך אותי ומספק לי הנאה רבה, ולכן אני גם לומד ביתר קלות על התחום". ■

# "המטרה בלימודי ההנדסה צריכה להיות הקניית כלים, ולא רק ידע, למהנדסים שבדרך"

פרופ' רוזה אזהרי היא חברת סגל במחלקה להנדסת ביוטכנולוגיה במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, חברת ועדת הטכנולוגיות במועצה להשכלה גבוהה וחברת הוועדה לתכנון ולתקצוב במל"ג • עם שורת תפקידים כזו מעניין לשמוע כיצד היא רואה את דמות המהנדס העתידי, ואת דעתה בנושאים נוספים שעל הפרק - תקצוב מוסדות לימוד, סף הכניסה ללימודים ופיתוח האקדמיה בפריפריה / אילון פרת



פרופ' רוזה אזהרי: "המכללות מכשירות יותר מ-50% מסך"

"אני לא חושבת כך, כי אם המטרה היא להכשיר את הסטודנטים ללמידה עצמית, אפשר לוותר על שניים-שלושה קורסים של התמחות. קבלת נקודות זכות בגין השתתפות בקורסים כלליים, שאינם קשורים ישירות לתחום הלימוד העיקרי, מתיישבת היטב עם הגישה במל"ג ובות"ת, אשר מעודדת זאת, בין היתר בתמריצים כספיים. בשנים האחרונות מתבצע פיילוט לעידוד ולהגברת קורסים מסוג זה במספר מוסדות ולא מן הנמנע שהוא יורחב בעתיד לכלל המוסדות."

**האם זו המגמה בעולם המערבי?**

"בהחלט. בארה"ב ובאירופה סטודנטים להנדסה משלבים בלימודיהם קורסים הומניים, הרבה יותר מאשר אצלנו, כי המגמה היא לתת לבוגרי התואר הראשון בסיס אינטלקטואלי רחב. השגת הפרופסיה אינה, בהכרח, מטרה יחידה בלימודי התואר הראשון, כפי שהיא נתפסת אצלנו, וזה נכון בעיניי."

**איך זה מתיישב עם הרצון להכשיר בוגרים "מעשיים", שיוכלו בסיום הלימודים להשתלב בתעשייה באופן מיידי?**

"בכל סוג של עבודה נדרשת תקופת לימוד ראשונית. שיעורי מעבדה, פרויקטים טכנוניים והתמחות בתעשייה עוזרים למעבר חלק יותר לעולם המעשי. יחד עם זאת חייבים להסתכל גם על הטווח הארוך ולספק לסטודנטים את הכלים לראייה רחבה יותר ולניתוח סיטואציות שונות. עליהם להיות בעלי יכולת להתעדכן כל הזמן בידע חדש ובטכנולוגיות חדשות, בתחומים שהם בחרו ללמוד."

**האם אין חשש שמגמה זו 'תבשיל' את אותם סטודנטים שאינם מתאימים למקצועות הומניים?**

"השאיפה היא שיהיה מגוון גדול של קורסים, כך שכל אחד יוכל למצוא את המקצועות שמעניינים אותו, מתאימים לו והולמים

"אני מאוד מאמינה בזה. לימודי חברה ורוח עוזרים לפתח חשיבה שונה ויכולת התבוננות עמוקה יותר, והדבר מתיישב עם הצורך שהמהנדס העתידי יהיה רחב-אופקים ופתוח בהסתכלותו על נושאים מקצועיים. מערכת ההשכלה הגבוהה לא צריכה להצטמצם בהכשרת בעלי מקצוע בלבד, אלא להנחיל לבוגרים שלנו השכלה ולפתוח בפניהם אופקים חדשים.

"גם פתרונות טכנולוגיים אינם מנותקים מהסביבה שבה הם מיושמים ורבים מהחדושים הגדולים, שלהם אנו עדים בעידן

"לימודי חברה ורוח עוזרים לפתח חשיבה שונה ויכולת התבוננות עמוקה יותר, והדבר מתיישב עם הצורך שהמהנדס העתידי יהיה רחב-אופקים ופתוח בהסתכלותו על נושאים מקצועיים"

המודרני, הם בינתחומיים ביסודם. פריצות דרך מתרחשות דווקא כאשר מישחו יוצא מהנישה שלו ופוגש תחומים אחרים. ידע וראש פתוח הם שילוב מנצח. מעבר לזה אני סבורה שהכשרה כזאת תהפוך את המהנדסים גם לאזרחים יותר טובים ולהורים יותר משכילים, ולכך יש השלכות חשובות על הרוח הבא."

**האם אין חשש שלימוד תחומים בלתי רלוונטיים לבאורה, יבוא על השבון ההכשרה המקצועית של הבוגרים?**

לפרופ' רוזה אזהרי יש מסלול קריירה מרתק ושורת תפקידים חשובים באקדמיה ובציבוריות הישראלית (ראו מסגרת). מתוקף אלו יש לה מזה לומר על "דמותו של המהנדס העתידי", על ההבדל בין "מהנדסי מכללות" ל"מהנדסי אוניברסיטאות", ובעיקר - על מה שהמדינה צריכה לעשות על מנת שהמהנדסים שיוצאים תחת ידה ימשיכו להיות רלוונטיים ומובילים בכל מקום ובכל זמן. פגשנו אותה לריאיון מיוחד.

**איזה סוג של מהנדסים מדינת ישראל צריכה להכשיר?**

"הסביבה הטכנולוגית משתנה במהירות ולכן המטרה בלימודי ההנדסה צריכה להיות הקניית כלים, ולא רק ידע, למהנדסים שברוך. מה שחשוב הוא, לתת להם בסיס חזק במתמטיקה, פיזיקה ובמקצועות היסוד של ההנדסה. הבסיס התאורטי חייב להיות מאוד מוצק כדי שסטודנט יוכל להיכנס למאגר מידע, לפתוח ספר או מאמר ולהתקדם עם החידושים בכוחות עצמו, ללא מתווכים. נדרשות ממנו יכולות כמו עבודה עצמית, גמישות מחשבתית, יכולת לחפש חומר, יכולת לנתח תוצאות וחשוב ביותר: יכולת לברור בין עיקר לטפל במידע הבלתי נדלה, שקיים היום ברשת. בנוסף, הגבולות בין הדיסציפלינות השונות הולכים ומטשטשים, התחומים השונים מאוד מחוברים ושלובים זה בזה וחייבים להקנות לסטודנטים ראייה בין-תחומית, יכולת עבודה בצוות ויכולת לקיים דיאלוג עם מהנדסים מדיסציפלינות אחרות. בהקשר זה המודל שמציעה המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, הוא מצויץ."

**"חיבור לצרכים של המדינה"**

איך את מתייחסת למושג "מהנדס אינטלקטואלי" - האם גם ידע במדעי הרוח והחברה הוא חיוני או שזה מרחיק לכת?





צילום: מקסין נועם

## הסטודנטים לתואר ראשון

את כישוריו.

האם בכך מסתכם האיני מאמין שלך בנוגע להכשרת מהנדסים בישראל?

"הכשרת המהנדסים צריכה להיות מחוברת לצרכים של מדינת ישראל. אנחנו צריכים לכוון את דור המהנדסים החדש גם למחקר באקדמיה וגם לעבודה בתעשייה. במהלך השנים, הן בטכניון והן בפקולטות להנדסה באוניברסיטאות אחרות, הדגש המרכזי בתכניות הלימודים היה להכשיר מהנדסים למחקר. המכללות להנדסה קמו במטרה למלא את הצורך למהנדסים איכותיים לתעשייה, אבל לא פעם בוגריהן ממשיכים ללמוד לתארים גבוהים ונשארים לעבוד כחוקרים ואנשי סגל באקדמיה."

## "הגדלת מכסות, גם למכללות"

באחרונה, בשל המחסור במהנדסים בתעשייה, החליט הו"ת להקצות כ-35 מיליון שקל לטובת הגדלת מכסות לסטודנטים להנדסה באוניברסיטאות. ראשי המכללות האקדמיות מהו על האפליה. מהי עמדתך בנושא זה?  
"ישנם כללי תקצוב שונים למכללות ולאוניברסיטאות וזה נובע מהתפיסה של הו"ת לגבי תפקיד מכללה לעומת אוניברסיטה. מאחר שבתקצוב האוניברסיטאות קיים מרכיב המתייחס למחקר של חברי סגל, הרי מלכתחילה המכללות מתוקצבות בסכומים נמוכים יותר מאשר האוניברסיטאות."

"יש לכך השלכות רבות, שהחשובה שבהן קשורה ליכולת המכללות לגייס סגל אקדמי איכותי להכשרת הדור הבא. כיום המכללות מכשירות יותר מ-50% מהסטודנטים לתואר ראשון, ולכן מן הראוי שאיכות הסגל שמכשיר אותם תהיה הגבוהה ביותר. חברי סגל איכותיים מעדיפים, על פי רוב, לעסוק במחקר

במקביל להוראה. העובדה ששעות מחקר אינן מתוקצבות במכללות, גורמת לכך שמטלות ההוראה המוטלות על אנשי הסגל במכללות רבות יותר מאשר באוניברסיטאות ומותרות להם זמן מצומצם למחקר. צריך לבחון סוגיה זו לעומקה ולהביא לשינוי. לעניין הגדלת מכסות הקבלה לסטודנטים - אני מברכת על כך. הייתי שמחה אם הגדלת המכסות הייתה מתבצעת גם במכללות ולא רק באוניברסיטאות."

מהו הפתרון לתחושת התסכול שנוצרה במכללות, אשר נובעת מאפליה זו?

"אין ספק שהמצב הקיים תורם לתחושת תסכול ועלינו לתת על כך את דעתנו. אני סבורה שהפתרון, לפחות בחלקו, צריך להיות במודלים חדשים של שיתופי פעולה מחקריים בין המכללות לאוניברסיטאות, שיאפשרו את ההתפתחות האישית של חברי הסגל במכללות, בגיבוי ובעידוד המל"ג והו"ת. אחד הרעיונות, למשל, הוא להקים קרן מיוחדת שתתקצב מחקרים משותפים לאנשי סגל מהמכללות האקדמיות ומהאוניברסיטאות."

ואולי הניע הזמן לשנות מיסודה את התפיסה המסורתית שהובילה למצב הקיים. הרי כל מוסד אקדמי הפיץ חיים צריך לטפח בקרבו גם מחקר, וללא תקצוב מתאים דינו להיכשל? "בהחלט, צריך לבחון את הנושא ובמידת הצורך לקבוע קריטריונים אחרים לתקצוב. כחברת סגל במכללה אני יודעת אילו מאמצים נעשים כדי להגביר ולטפח במוסד את הפעילות המחקרית, בין אם בכנסי מחקר שנתיים ובין אם בהקצאת משאבים לרשות מחקר, להמרת שעות הוראה בשעות מחקר, למימון מחקרים ראשוניים שתוצאותיהם יהיו בסיס להגשת הצעות מחקר לקרנות חיצוניות ולשיתופי פעולה מחקריים עם מוסדות בארץ ובעולם."

## "רעיון לא מגובש"

מה לגבי סף הבנייה ללימודים?

"אני מאמינה במתן הזדמנות למועמדים להיכנס למערכת ולהוכיח את יכולותיהם. אין פסול בכך שתנאי הקבלה יהיו נוחים יותר, כדי שיתנו הזדמנות אמיתית למי שמעוניין בה. לא תמיד נתוני הפתיחה מנבאים נכונה את הרמה הסופית שאליה יגיעו הסטודנטים בגמר לימודיהם וההפתעות בהקשר זה הן לשני הצדדים. גישה זאת נכונה כל עוד אין פשרה על רמת הלימודים עצמם, ומי שלא יעמוד ברמת הלימודים לא יוכל להמשיך."

יש לכך משמעות מרחיקת לכת, בין היתר גם בהקשר של הציין הפסיכומטרי? אולי זה מיותר את נחיצותו?

"לדעתי, זה לא רעיון מופרך ואוניברסיטאות מסוימות כבר פרסמו אפיקי קבלה לתכניות לימוד ללא צורך בציין פסיכומטרי. המתכנת הקיימת עלולה להחמיץ אנשים מצוינים, ואני רואית בשנות עבודתי הרבה דוגמאות של אנשים שקיבלו הזדמנות על אף נתוני כניסה נמוכים, והיום הם מאיישים עמדות בכירות הן באקדמיה והן בתעשייה. לדעתי המל"ג צריך לבחון מחדש את תנאי הקבלה בכלל ואת המבחן הפסיכומטרי בפרט."

גישתך מאוד "חברתית" וזה נוגע בכלל למוצב ההשכלה הגבוהה בפריפריה. הרושם הוא, שקובעי המדיניות מדברים הרבה ועושים מעט. עם השנים לא חל גידול משמעותי במספר הסטודנטים מהמרכז הנזוהרים צפונה או דרומה.

"זה נכון. הרבה מהסטודנטים צריכים לעבוד במהלך הלימודים, כדי להתקיים, לשלם שכר לימוד, שכר דירה וכדומה והדבר פוגע ביכולת ההשקעה שלהם בלימודים. את הפגיעה הזאת הם

מונעים או לפחות מצמצמים, אם הם נשארים קרוב לבית. אני סבורה שסטודנטים שמגיעים ללמוד בפריפריה צריכים להיות מתוגמלים, לקבל סיוע כספי, הטבות שונות, וכיניהן סיוע בשכר דירה או מגורים במעונות."

מדוע זה לא קורה?

"כי המשאבים מוגבלים ומחולקים בצורה אחרת. סטודנט שלומד היום בכרמיאל, בתל חי או בת"א משלם את אותו שכר לימוד - אז מדוע תהיה לו מוטיבציה להגיע לפריפריה, ומאוחר יותר גם לעבוד ולהתיישב בה? יש ליצור תמריצים, אשר ישנו את המצב. מתפקידנו במל"ג ובו"ת לתת יחס גם לסוגיה הזאת."

לסיום, הישר לפיתוח הנגב והגליל, סילבן שלום, שב באחרונה והעלה את יוזמתו לאחד בין המכללות האקדמיות בצפון לבדי אוניברסיטה רב-קמפוסית, שלדעתו עשויה לתת מענה לקידום ההשכלה הגבוהה בצפון - מה דעתך?

"אני אשמח אם תהיה אוניברסיטה בגליל, אבל מדובר בנושא מורכב, שמחייב בחינה מעמיקה של מגוון תחומי הלימוד, חברי הסגל ומספרי הסטודנטים, וכן יחסי הגומלין בין המוסדות השונים שאמורים להתאחד לאוניברסיטה. אני סבורה שבשלב זה הרעיון עדיין לא מגובש מספיק."

## המסלול של פרופ' אזהרי

לפני 35 שנים טיפסה עלמה צעירה אל בימת הטקסים של הטכניון כדי לקבל את התואר הראשון בהנדסה כימית. שש שנים מאוחר יותר היא עשתה זאת במכון ויצמן, שם קיבלה את התואר השני. בשנת 1989 סגרה הסטודנטית המבטיחה מעגל, כשחזרה לטכניון וקיבלה את הדוקטורט בהנדסה בירפואית.

את השנים שלאחר מכן בילתה, מי שלימים תהפוך לפרופ' רוזה אזהרי, באוניברסיטת ג'זהנס הופקינס בבולטימור. בארה"ב הכירה אזהרי מקרוב עמיתים למקצוע, ועמדה על ההבדלים בין האמצעים שמספקת למדעניה ארץ האפשרויות הבלתי מוגבלות, לבין אלה המוגבלים יותר, העומדים לרשות מרבית האקדמיה בישראל.

אך פרופ' אזהרי ויתרה על קריירה בינלאומית והעדיפה לחזור ארצה, לאחר השלמת הפוסט דוקטורט. היא נקלטה בשמחה כחוקרת בטכניון, ואחרי כמה שנים החליטה לעשות מהלך אמיץ לחוקרת במעמדה וללחצות את הקווים ממגדל השן האקדמי למכללה לא גדולה בגליל - המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה. מאז עמדה פעמיים בראש המחלקה להנדסת ביוטכנולוגיה במכללה, לימדה ושוחחה עם אלפי סטודנטים, ובין לבין שימשה כסגנית נשיא המכללה לעניינים אקדמיים.

פרופ' אזהרי עורנה חברת סגל במחלקה להנדסת ביוטכנולוגיה במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, אולם מעמדה והיכרותה את האקדמיה בישראל, על מגוון רבדיה ומגזריה, סללו לפני כחמש שנים את דרכה אל המקום שבו מתקבלות ההחלטות החשובות בתחום - מליאת המועצה להשכלה גבוהה (מל"ג). באחרונה מונתה גם לכהן במקביל כחברה בוועדה לתכנון ולתקצוב (ות"ת), האחראית על תקציב מערכת ההשכלה הגבוהה (כ"8 מיליארד שקל), שם היא מקווה להשפיע ולשנות תפיסות עולם ואם צריך - גם סדרי עדיפויות. ■



פרופ' אורית חזן

# מיומנויות רכות בלימודי הנדסה

במסגרת קורס בחירה, שעוצב כמענה לבקשת התעשייה בישראל, סטודנטים למדעי המחשב בטכניון רוכשים כישורים דוגמת תקשורת עם הנהלה ועבודת צוות

מה המשותף למיומנויות הבאות: יכולת שכנוע, קבלת החלטות, הצגה מול קהל, קבלה וניתנת משוב, ניהול זמן, יכולת לבקש ולקבל עזרה, תקשורת בין-אישית, גמישות והתפשרות, עבודה עם לקוחות, יכולת ניסוח והכנת דרישות, יצירת קשר עם מגוון רחב של אנשים, יכולת לנתח ולהסיק מסקנות ולפעול על פיהן, עבודת צוות, סבלנות, פתיחות, יישוב סכסוכים וניהול קונפליקטים, ניהול ידע, יכולת למידה עצמאית, הסתגלות למצבים משתנים, הערכת סיכונים, כיבוד שונות, הקשבה, תכנון תקציב ועמידה במסגרת התקציב, הדרכה, תיקון סיטואציות לא נעימות, ביצוע ראיונות, זיהוי ואיתור המידע הרלוונטי, יכולת ללמוד מטעויות, ניהול צוות, פתיחות והבנה כלפי שניוניים המתרחשים בארגון, יכולת ליוזם, התמודדות עם מצבים של חוסר ודאות, מודעות עצמית, פשרנות, זיהוי וניצול הזדמנויות מקצועיות, הבעה בצורה קצרה ועניינית, יצירתיות.

כישורים אלה הוצעו על ידי סטודנטים למדעי המחשב בטכניון ככישורים שאותם היו רוצים ללמוד בקורס על כישורים רכים. הקורס מוצע לסטודנטים מהפקולטה למדעי המחשב בטכניון כקורס בחירה פעם בשנה, ועד כה הוא נלמד פעמיים. הקורס עוצב כמענה לבקשת התעשייה בישראל להקנות למהנדסי ומהנדסות העתיד, בנוסף להשכלה מדעית והנדסית מצוינת, גם מיומנויות רכות, הכוללות, בין השאר, מיומנויות כמו אלה המוצגות לעיל.

בקורס נלמד מגוון מיומנויות רכות, כמו למשל: הכנת והצגת מצגות קצרות; תהליכים רפלקטיביים; תקשורת עם לקוחות ומשתמשים; תקשורת עם הנהלה ושיווק; עבודת צוות; גלובליזציה, תקשורת בסביבה בינלאומית, ופערי שפות ותרבויות; רמות הפשטה בתקשורת עם בעלי עניין שונים; אתיקה בהנדסת תכנה; וניהול והעברת ידע בחברות היי-טק. הקורס מבוסס על למידה פעילה ומיושמים בו עקרונות הוראה, כמו למשל למידה סמי-מומצבת (Semi-Situated Learning), המדמה סביבות פיתוח שבהן יעברו הסטודנטים



(Imagebank/thinkstock : 017-y)

התרומה של הכישור לעבודת הצוות. החשוב ביותר הוא יכולת עבודה בצוות, תוך יכולת להתגבר על חיכוכים וקונפליקטים שאופייניים במסגרת כזו, תוך יכולת הבעה והקשבה ויכולת הסתגלות לתהליך המתפתח בצוות. יכולות העברת הידע וההצגה חשובים, אך הרבה פחות לתפקוד הצוות (מספיק שחלק מהחברים מיומנים בכישור זה - לא מחייב את כולם). ניתוח חלק מהכישורים הרכים שהוצעו על ידי הסטודנטים בקורס, שנלמד בסמסטר ב', תשע"ג, מוצג להלן. בטבלה מוצגים 8 הכישורים שהוצעו על ידי מספר הסטודנטים הגדול ביותר, כולל דירוגם המצטבר. קל להבחין בחשיבות שמייחסים הסטודנטים לעבודת צוות ולמיומנויות הכרוכות בה.

רשימת הכישורים שהוצגה בתחילת המאמר מתבססת על משימה זו.

לסיכום, הרעיון המנחה את הקורס הוא שעל הכשרת מהנדסים ומהנדסות לכלול, בנוסף לכישורים מדעיים והנדסיים, גם כישורים רכים, במיוחד לאור הגלובליזציה, הצורך לגשר על פערים תרבותיים, ותפיסת הנדסה כמקצוע שיכול לעזור לחברה.

אסיים בהצגת הגדרות של המושג כישורים רכים, שאותן הציעו סטודנטים לקראת סוף הקורס. הגדרות אלה משקפות את מגוון פניו השונים של המושג, את חשיבותו, ואת מודעות הסטודנטים לעובדה שניתן לרכוש כישורים אלה, כפי שנעשה בקורס שתואר כאן:

- כישורים רכים הינם אוסף התכונות של אדם (...), המאפיינות את יחסיו של האדם עם אנשים אחרים.
  - כישור רך מתייחס ליכולתו של האדם לתקשר ביעילות עם עמיתים לעבודה ולקוחות (...).
  - (...) דברים אלו נתפסים כאלה שיושרים אותם, אבל מתברר שניתן לרכוש אותם עם הזמן ותרגול. ■
- הכותבת היא ראשת המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון

בעתיד (וחלקם עובר כבר כעת), ועבודת צוות. ניתוח עבודות הסטודנטים בקורס מצביע על כך, כי המושג כישורים רכים מקבל משמעות באופן הדרגתי במהלך הקורס. בפרט, ניתן להבחין בשלבים הבאים בתהליך תפיסת הסטודנטים את המושג כישורים רכים:

1. הסטודנטים מאפיינים כישורים רכים ככישורים השונים באופיים מהכישורים שאותם הם לומדים בקורסים אחרים בתואר.
2. הסטודנטים מגדירים תכנים רכים על-פי תכונותיהם של כישורים מסוימים.
3. הסטודנטים מדרגים תכנים רכים על-פי חשיבותם.
4. הסטודנטים מזהים כישורים רכים בבצעם רפלקציה על רפלקציה.
5. הסטודנטים מזהים תכנים רכים שאותם הם רוצים ללמוד בקורס.
6. הסטודנטים מגדירים תכנים רכים.

## הגלובליזציה מגבירה את הצורך

נדרגים את שלב 3 (הסטודנטים מדרגים תכנים רכים על-פי חשיבותם) באמצעות אחד מתרגילי הבית שנתנו לסטודנטים, אשר כלל שני חלקים:

א. הציעו 5 כישורים רכים החשובים לדעתכם בעבודת צוות. לגבי כל אחד מהכישורים, הסבירו מדוע הוא כישור רך ומדוע הוא חשוב לעבודת צוות.

ב. דרגו את 5 הכישורים שציינתם בסעיף א' על-פי תרומתם לעבודת צוות. הסבירו את הדירוג שלכם.

אחד הסטודנטים הציע את הכישורים הבאים: יכולת עבודה בצוות וניהול קונפליקטים; מתן משוב והקשבה; גמישות ויכולת הסתגלות; העברת ידע; יכולת הצגה, כתיבה ודיבור. לאחר שהסביר לגבי כל אחד מהם מדוע הוא כישור רך ואת חשיבותו ותרומתו לעבודת צוות, הסביר הסטודנט את הדירוג באופן הבא: "אני חושב שהסדר הנ"ל משקף את דעתי על

## הסטודנטים מדרגים כישורים: עבודת צוות ומיומנויות קרובות בראש

כישור	מספר פעמים שצוין	דירוג כלי
הקשבה	17	58
עבודת צוות	13	46
תקשורת בין-אישית	11	47
מתן משוב	10	24
גמישות	9	22
ניהול זמן ולחץ	9	25
העברת ידע	8	14
סבלנות	6	17





ד"ר גויין סאס

# כתר בראש מהנדסי העתיד

תכנית E-Vision של כתר פלסטיק, לגיוס בוגרי הנדסה צעירים, נמצאת על סף סיום • ראש התכנית בחברה חולק מסקנות ראשונות

צוברים ידע בכישורים רכים (Soft Skills), העשרה בתחומים כגון חדשנות, יצירתיות, חשיבה מחוץ לקופסה ועוד. אלה הנושאים שעליהם אנו נותנים את הדעת בכתר ואותם מלמדים בתכנית ההתמחות.

מהנדסי פיתוח יידרשו ליותר הבנה בעיצוב, אסתטיקה ואמנות. בגלל הצורך לעבוד בצוות בתהליכי פיתוח, מהנדסים יהיו חייבים להכיר את עולם העיצוב מקרוב ולקחת בחשבון היבטים מעולם זה בתהליך הפיתוח ההנדסי. רב-תחומיות תהפוך לחלק בלתי נפרד מסיביבת העבודה של מהנדס פיתוח.

אמנם אפשר להמשיך לתת למהנדסים לעשות את מה שהם יודעים ולמדו, אך התוצאות תהיינה צפופות, משעממות ובעיקר לא בנות-תחרות בעולם המשתנה במהירות. צריך לאתגר את המהנדסים של מחר ולכפות עליהם חשיפה לעולמות ולתכנים מתחומים שלא מלמדים בפקולטות. מהנדס המחר חייב להיות רב-תחומי, ואת זה יוכל כנראה לקבל רק במקום העבודה.

במהלך תכנית ההתמחות מהנדסים בכתר נדרשים ללמוד הרבה מאוד נושאים שאינם קשורים להנדסה, שכן את אלו הקשורים הם כבר למדו במוסד האקדמי. חשיפת מהנדסים בכתר לתכנים של אסטרטגיה, אמנות, דרמה, דיבייט, פסיכולוגיה חיובית, אמנות הלחימה של סאן צו, עבודת צוות, מצוינות תפעולית, חשיבה המצאתית, אסטרטגיית האוקיינוס הכחול ועוד, תרמה רבות לפתוח ולהכשרת מהנדסים מעולים, סקרנים, בעלי תעוזה עם חשיבה שונה בקבלת החלטות ופתרון בעיות.

חשוב מאוד ללמד ולחנך את המהנדסים לתכנים נוספים בתחומים שונים, וכמו כן רצוי לכלול דיוני שולחן עגול עם בכירים מעולמות שונים (לרבות גופים מצטיינים כגון צה"ל וחיל האוויר בפרט או חברות תעשייה וחינוך), וכן סיורים לימודיים במוזיאונים ובחברות מצליחות מכל התעשיות בארץ ובעולם.

הכותב הוא סמנכ"ל מטה וראש תכנית E-Vision בכתר פלסטיק

תוך קבלת החלטות בזמנים קצרים ומשתנים. תירדש הרבה גמישות, חשיבה פתוחה ויכולת למידה עצמית.

## לכפות חשיפה לתחומים נוספים

כיום אין הבדל בין תכניות הלימוד של הפקולטות להנדסה בישראל, בגלל הפיקוח של מל"ג המוטל עליהן ומגבלות בצבירת נקודות הזכות לתואר. רוב התכניות מכילות תכנים זהים והתוצאה זהה וצפויה. ארגו הכלים המקצועי דומה וכולל כל מה שמהנדס צריך לדעת מהבחינה המקצועית בתחום שלמד, ברם חסרים כלים מעשיים שיאפשרו למהנדס המחר להתמודד עם מורכבויות ועם שינויים מתמידים בתנאי תחרות. למרבה הצער, ארגו הכלים האישי אינו מטופל ורוב המהנדסים לא

כתר פלסטיק ניהלה בשנים האחרונות תכנית ייחודית בשם E-Vision, שמטרתה לגייס בוגרי הנדסה צעירים מאוניברסיטאות וממכללות מובילות ולהכשיר אותם בגישה אחרת.

המהנדסים הגיעו מתחומי הנדסת תעשייה וניהול, הנדסת מכונות והנדסת פלסטיקה. מתוך כ-400 מועמדים, בחמש שנים שבהם פעלה התכנית, התקבלו 27 מהנדסים, בורדים לא סיימו את התכנית, אולם רוב הבוגרים בקשו להישאר בכתר בסיום התכנית, אע"פ שלא חויבו כתנאי להתקבלות לתכנית.

כיום E-Vision נמצאת בשלבי סיום. נשאר שלושה מהנדסות מהמגזר הערבי, בוגרות הטכניון, הנמצאות במסגרת התמחות בכתר, במטרה לקדם נשים ובני המגזר לתפקידי ניהול בכתר. במסגרת התכנית קיבלו המתמחים מלגה מלאה ללימודי תואר שני.

הובלת תכנית התמחות בהנדסה (במקביל לתכנית התמחות בעיצוב) בחברה שמרנית כמו כתר, היא ללא ספק מהלך הכרוך בתעוזה וחזון. דווקא במקום הכי לא צפוי, בתעשיית הפלסטיקה, הוקמה תכנית למצוינות הנדסית, כחלק מהחזון של יו"ר הקבוצה, סמי סגול.

ההבנה שיש לשלב בוגרים ממוסדות אקדמיים שונים, מתחומי הנדסה שונים, לכדי תכנית הכוללת עבודה ומסלול לימודים ייחודי, מדגישה את הייחוד של כתר מחד גיסא ושל התכנית מאידך גיסא.

בעידן של תחרות מתמדת, שינויים טכנולוגיים, התפתחויות דרמטיות ובעיקר אתגרים של התמודדות עם מערכות מורכבות גדולות, המוסדות האקדמיים להכשרת מהנדסים אינם יכולים להכשיר את המהנדס האולטימטיבי לתעשייה, בגלל מגבלות תקציב, שעות, קיבעון ועוד.

מהנדס העתיד חייב להיות משכיל מבחינה הנדסית, אבל לא די בכך. עליו להיות בעל יכולות גבוהות לעבודה בצוות הטרופני - הן מבחינה דיסציפלינרית והן מבחינה תרבותית. כמו כן, הוא יידרש ליכולות ניהול בסביבה משתנה ומורכבת,



שולחן עבודה לילדים של כתר פלסטיק.

צילום: אתר החברה

כשחושבים על תואר שני בהנדסת מערכות חושבים אורט בראודה

תואר "מוסמך במדעים" (M.Sc.) בהנדסת מערכות מעניק כלים להבנה מערכתית רבת-תחומית ויכולת ליצור מערכות הנדסיות מורכבות, ידע מדעי ומחקרי בפתרון בעיות מערכתיות.

אורט בראודה המכללה האקדמית להנדסה  
 הבחירה של התעשייה  
 braude.ac.il | \*9099

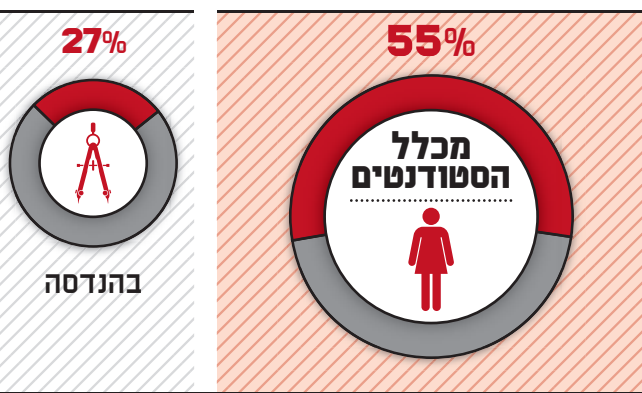
# "המחסור בנשים בולט בתחומי ההנדסה והטכנולוגיה, וזה נובע מסטריאוטיפים"

המקצועות יוקרתיים, פערי השכר מול הגברים כמעט אינם קיימים והשילוב של קריירה ומשפחה נוח בהרבה מעבודה בהיי-טק - אז למה אין יותר סטודנטיות במקצועות ההנדסה? • לפי פרופ' מרים ארז, יו"רית המועצה הלאומית לנשים במדע שבמשרד המדע, וחן שטרית-אברהם, בוגרת הנדסת מכונות במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, "זו לא שאלה של יכולת, אלא של לחץ חברתי" / שירי חביב ולדהורן



פרופ' מרים ארז (מימין) וחן שטרית-אברהם. אחד הכלים

## כמה סטודנטיות לומדות במקצועות



הנתונים נכונים לשנת הלימודים תש"ע

## "בוסים מעדיפים גברים"

חן שטרית-אברהם לא רק בחרה בלימודי הנדסה, אלא גם התמקדה באחד התחומים שנחשבים ליותר "גבריים" - הנדסת מכונות. שטרית-אברהם סיימה בהצטיינות את לימודיה במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, ועובדת כיום כמהנדסת במחלקת המו"פ של חברת ריאון. "התחלתי ללמוד ביוטכנולוגיה ואחרי שנה וחצי הבנתי שזה לא בשבילי, אני יותר בקטע של דברים מוחשיים", היא מספרת, "לא הייתי בת יחידה בלימודים, אבל לא היו הרבה בנות. מבחינתי זה היה דווקא בסדר, זה לא היה מורגש והבנים קיבלו אותנו בברכה". לדבריה, "הנדסת מכונות קיבלה סטיגמה של מקצוע לבנים. גם כשאני מספרת לאנשים כמה אני עוסקת, יש כאלה שאומרים

לעודד להמשיך ללימודי דוקטורט, ואת המצטיינות ביותר - גם לקריירה אקדמית".

ארז נותנת כדוגמה אירוע שנערך בטכניון, שאליו הוזמנו כ-250 תלמידות תיכון שלומדות בתכניות העשרה, בשיתוף מוזיאון המדע בחיפה וחברות תעשייה מהאזור. "הייתי רוצה שזה ייעשה בכל הארץ. זה טבעי מאוד לטכניון שהוא מוסד טכנולוגי, אבל בכל האוניברסיטאות בארץ יש לימודי מדעים וטכנולוגיה. פעילות כזאת צריכה להיות ברמה של כלל האוניברסיטאות, ואני מקווה שנצליח לקדם זאת", היא אומרת.

אם נטיית הלב של בנות היא לא לכיוון ההנדסה, למה בעצם צריך לשנות את המצב?

ארז: "קודם כל, העובדה שבנות לומדות 5 יחידות מתמטיקה אומרת שזה כן מעניין אותן, אבל הן לא בוחרות בהנדסה מכל מיני סיבות - כולל לחץ חברתי - ובהקשר הזה דרוש שינוי. זה חשוב כי עתיד כלכלת המדינה תלוי מאוד בקידום הטכנולוגיה. הרי רק המיעוט יגיע לקריירה אקדמית, אבל בוגרת אוניברסיטה שתגיע למרכזי המו"פ בתעשייה הישראלית תיתן תרומה אדירה לכלכלה. בכל ראיון עם מנכ"לים בעולם מוזכרים שאחד האתגרים הוא מציאת טאלנטים, כישרונות. לנו בישראל יש כישרונות, ולהרבה חברות גדולות יש כאן מרכזי מו"פ. כלומר, יש לזה ביקוש. זה לא שסטודנטית תלמד משהו שלא יהיה מה לעשות איתו.

"סיבה חשובה נוספת היא שמדובר על פער המשכורות כחלק מהאפליה המגדרית, ובמקצועות האלה הפער הוא הקטן ביותר, ואפילו כמעט לא קיים", היא מוסיפה, "זו סיבה טובה מספיק לבנות להיכנס לתחומים כאלה, שבהם ההערכה של הביצוע לא שונה משל גברים".

הנה שני נתונים: המספר הכולל של תלמידות תיכון עם 5 יחידות לימוד בבגרות במתמטיקה לא נמוך

בהרבה ממספר הבנים בעלי 5 יחידות במקצוע; ו-55% מהסטודנטים בישראל הן למעשה סטודנטיות.

לכאורה, חיבור של שני הנתונים האלה היה אמור לייצר נתון נוסף, לפיו כמחצית מהסטודנטים שלומדים בתחומי מדעי הטבע, הטכנולוגיה ומקצועות ההנדסה אמורה להיות מורכבת מסטודנטיות, אך המצב רחוק מכך. לפי נתוני משרד המדע, הטכנולוגיה והחלל (ראו מסגרת), בטכניון - מוסד מייצג, הנדסי בהגדרתו - שיעור הנשים מכלל הסטודנטים הוא 35% בלבד. "בלימודים אקדמיים בתחומי מדעי הטבע, הביולוגיה והכימיה שיעור הסטודנטיות כבר עובר את ה-50%. הבעיה נמצאת בתחומי הטכנולוגיה וההנדסה", כך אומרת פרופ' מרים ארז, יו"רית המועצה הלאומית לנשים במדע שבמשרד המדע, וראשת הקתדרה לניהול ולכלכלה ע"ש מנדס פרנס, בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון. "זה נובע מסטריאוטיפ, כי המקצועות האלו נתפסים עדיין כגבריים", היא מוסיפה.

## "לכוון בנות כבר מחטיבת הביניים"

המועצה, שבראשה עומדת פרופ' ארז, מטפלת בשינוי המצב בכמה רמות - מתלמידות תיכון ועד קידום פרופסוריות לדרגת פרופסורית מן המניין. "חייבים לפעול לאורך כל הרצף, כי אם לא - לא יהיה 'מאגר' של מועמדות לתפקידי חברות סגל, ואי אפשר להמציא יש מאין", היא אומרת, "הפעילות צריכה להתחיל כבר בחטיבת הביניים ובתיכון, לכוון בנות לתחומים האלה ולהמשיך לעודד אותן בסיום השירות הצבאי להירשם למקצועות האלה באוניברסיטה. את המצטיינות שבהן יש



עצמה אחריות ולהציע מלגות מיוחדות לנשים". ארו מוסיפה שוועדה בראשות פרופ' רבקה כרמי, נשיאת אוניברסיטת בן גוריון, המליצה על כך והצעותיה התקבלו. עם זאת, בפועל אין עדיין שום תכנית כזו ברמה הלאומית.

האוניברסיטה העברית משיקה בימים אלה תכנית מלגות מיוחדת לדוקטורנטיות מצטיינות. המטרה היא לסייע להן לצאת להשתלמות פוסט-דוקטורט באוניברסיטאות מובילות בחו"ל, על מנת לקלוט אותן בחברות סגל אקדמי באוניברסיטה העברית או באחת האוניברסיטאות בארץ. האוניברסיטה תעניק מדי שנה כחמש מלגות של 20-25 אלף דולר כל אחת.

על הדילמה בין קריירה למשפחה אומרת ארו, כי "אחד הדברים היפים בישראל הוא שקריירה לא באה על חשבון משפחה. התרבות מאפשרת גם וגם, למרות שזה לא קל. יש מספיק דוגמאות של חברות שהולכות לקראת נשים. לדוגמה מיקרוסופט, IBM, אינטל ורפאל מאפשרות גמישות בשעות העבודה. ככל שיותר נשים מוצלחות תיכנסנה לתעשייה, לתעשייה יהיה חבל לוותר עליהן".

"להיות מהנדס זה לא דבר של מה בכך. זה מקצוע שנתפס תמיד כיוקרתי", מסכמת שטרית-אברהם, "אני חושבת שזה טוב שיש בנות שזה מעניין אותן. זה דווקא נהדר שאישה מתעסקת גם בדברים האלה. לי, למשל, יש מצד אחד תואר בהנדסה ומצד שני תעודת מאפרת מקצועית, אבל אני לא חושבת שאישה צריכה כל היום רק לסדר את השיער והציפורניים". ■

עם חו"ל ועוד. אני נמצאת במקום שמאפשר שילוב כזה. מעבר לזה שכמובן גם גברים יכולים להשתלב בחיי המשפחה, לא רק האישה חייבת לגדל את הילדים".

אך עוד לפני מציאת האיזון בין מקום העבודה וחיי המשפחה, ישנו שלב חיפוש העבודה. לשטרית-אברהם, למרות ההצטיינות בלימודים, זה לא הלך חלק. "לקח לי הרבה זמן למצוא עבודה, כי אני אישה שלמדה הנדסת מכונות ולרוב בוסים מעדיפים גברים", היא מספרת, "חשוב לי להדגיש שאישה יכולה לעשות כל מה שגבר עושה. הרי בסופו של דבר אני יושבת מול מחשב, גם אם אני צריכה להבין מה זה מברג, בורג ואום, ואיך הם משתלבים. הסטיגמות קיימות גם אצל חלק מהמעסיקים. לגבר שסיים תואר בהצטיינות כמוני, יותר קל". שטרית-אברהם חיפשה עבודה במשך 7 חודשים. "שלחתי המון קורות חיים ולא הרבה חזרו אליי. ניסיתי להשמיט פרטים שמוזהים אותי כאישה, רק שידברו איתי ויתנו לי הזדמנות", היא מוסיפה.

פרופ' ארו מכירה את הבעיה. "זוהי אפליה מבנית לא רק בתעשייה, והיא כלל עולמית", היא אומרת, "התפרסמו באחרונה כמה מחקרים בארה"ב שהראו ששינוי השם לשם של גבר בקורות החיים, עם אותו פרופיל מקצועי, הגדיל את שיעור המתקבלים לראיון. לדעתי, ככל שגדל מספר הנשים במדע ובטכנולוגיה, הסטריאוטיפ הזה ייעלם. דוגמה לכך הוא תחום הרפואה, שם הייתה ממש מהפכה. בעבר בכלל לא קיבלו נשים לבתי ספר לרפואה בחו"ל, ובארץ שיעור הנשים היה מאוד נמוך. כיום שיעור הנשים בבית"ס לרפואה בטכניון הוא 60%".

(צילומים: איל יצחק)



ביצירת השינוי הוא הענקת מלגות לסטודנטיות

### ככל שהתואר גבוה יותר, כך הפערים חריפים יותר

הפער בין המינים בכל הקשור ללימודים מדעיים וטכנולוגיים מתחיל כבר בבית הספר. מנתוני משרד המדע עולה ששיעור הבנים הנבחרים בנגרות במקצועות פיזיקה ומדעי המחשב היה גדול פי שלושה משיעור הבנות. הפערים מחריפים בהשכלה הגבוהה: בעוד נשים הן 55% מכלל הסטודנטים באוניברסיטאות, בשנת תש"ע היה שיעורן בקרב הסטודנטים לתואר ראשון בהנדסה 27% בלבד, 30% במדעי המחשב ו-44% במדעים הפיסיקליים. שיעור הנשים הנמוך ביותר נמצא בלימודי הנדסת מחשבים-חשמל, הנדסת מכונות והנדסת מערכות תקשורת. בתואר השלישי הפערים מתחדדים: רק 18% מהלומדים לתואר שלישי במדעי המחשב, מתמטיקה וסטטיסטיקה הם נשים. במשרד המדע מציינים שביחס למדינות האיחוד האירופי, ישראל מדורגת ב"מקום טוב באמצע" בייצוג נשים במדעים המדויקים ובהנדסה.

בטכניון, לדוגמה, נע שיעור הסטודנטיות להנדסה בין 9% בהנדסת מכונות ל-22% בהנדסה אזרחית וסביבה. הטכניון פועל באופן אקטיבי לקידום הנושא ועורך ימי עיון למועמדות, פועל לגייס חברות סגל חדשות ועוד. ואכן, מנתוני המשרד עולה כי חלה עלייה במספר הכולל של נשים בסגל האקדמי בטכניון - מ-82 בשנה קודמת ל-87 השנה. ועדיין, בשתי פקולטות בטכניון - אוניברסיטת המדע והנדסת חומרים - יש בינתיים רק אישה אחת. ■

שטרית-אברהם חיפשה עבודה במשך 7 חודשים: "שלחתי המון קורות חיים ולא הרבה חזרו אליי. ניסיתי להשמיט פרטים שמזהים אותי כאישה, רק שידברו איתי ויתנו לי הזדמנות"

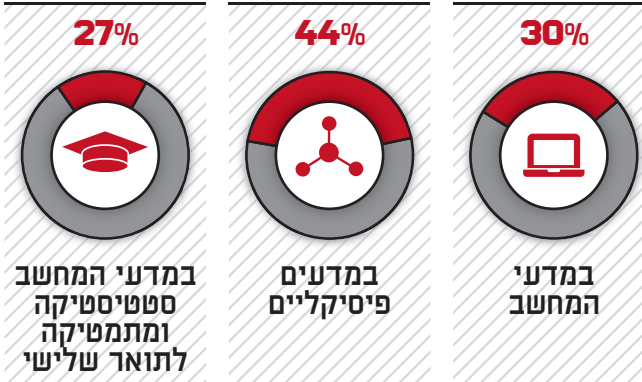
לדברי ארו, המודעות לנושא תסייע ליצירת השינוי, והיא אף מספקת דוגמה להצלחה נשית. "מי שעומדת בראש תכנית החץ של צה"ל זאת אישה. מכאן שזאת לא שאלה של יכולת, אלא של לחץ חברתי - 'מה אישה יכולה לעשות'. כשיש יותר נשים בעמדות מפתח, והן הרי מכירות את היכולות של עצמן ושל נשים אחרות, כך המצב ישתפר. כך לדוגמה, גליה מאור שפרשה מניהול בנק לאומי המליצה על מחליפתה, רקפת רוסק-עמינח".

### מהנדסת ומאפרת מקצועית

אחד הכלים ביצירת השינוי הוא הענקת מלגות לסטודנטיות, וארו מדגישה את המלגות לפוסט-דוקטורט. "האקדמיה היא בינלאומית, וכדי להיכנס לקריירה אקדמית חשוב לצאת לפוסט-דוקטורט בחו"ל, כדי לא להיות בעמדת נחיתות", היא אומרת.

לדבריה, מספר המלגות מועט, אך היא מציינת לטובה את מכון ויצמן בתחום. "המועצה להשכלה גבוהה צריכה לקחת על

### ההנדסה, הטכנולוגיה ומדעי הטבע



לי 'מה, את יודעת לפרק גנרטור? להפעיל גנרטור? להתעסק בגריז? ועוד תגובות דומות. זה לא ממש ככה".

איך לדעתך כדאי לנסות למשוך יותר בנות לתחום? "את האמת? אני חושבת שההנדסה תופסת תאוצה בעצמה, ואני לא חושבת שצריך לשכנע אף אחת. עובדה שבהנדסת תעשייה וניהול ובהנדסת ביוטכנולוגיה יש רוב של בנות. הכול עניין של סטיגמה, הרבה אנשים מקובעים על זה שהנדסת מכונות או חשמל זה של בנים".

ובשוק העבודה עצמו, המשרות שמוצעות מתאימות גם לנשים שמעוניינות לשלב קריירה עם חיי משפחה? "יש כאלה ויש כאלה. בדרך כלל עבודה בהיי-טק, למשל, גוזלת מהזמן המשפחתי, כי זו עבודה בשעות לא רגילות, שיחות

# "מהנדסים לא מקבלים הכשרה לסוגי היצירתיות שמתפתחים בעולם. מה שקריטי לעתיד הוא צורת החשיבה"

העתידין דוד פסיג טוען, כי המהנדס העתידי יידרש לידע רב יותר מאשר תחום העיסוק שבו בחר, ובפרויקטים ישולבו אנשי מקצוע מתחומים סותרים, וכן אנשי רוח ומוסר, שיפרו את החשיבה הכוללת של המהנדס ויביאו לפריצות דרך • אילו עוד מגמות חסרות בחינוך המהנדס כיום, ומה עוד יידרש מהמהנדס העתידי / אילון פרת



דוד פסיג. "מי שיוצא מתחום הדעת שלו לא רק הופך לאדם

לעשות את זה לבד; ללמד סטודנטים לחפש באינטרנט זה כבר לא נחשב ל'איך'. היום זה 'איך לוקחים בעיה ופותרים אותה?', 'איך יוצרים יצירה?'. זו פדגוגיה חדשה, שאותה צריך ללמד, באופן מובנה ומוסדר, ולא באופן אקראי."

## "הרעיון הבין-תחומי התאים לפני עשור"

האם המגמה, שלפיה הלימודים בתחומי ההנדסה והטכנולוגיה הופכים יותר בין-תחומיים, אינה מתיישרת עם המגמה שעליה אתה מרמז?

"כן, אבל זאת מגמה שהתאימה לפני עשור ויותר. היום כבר לא מדברים על בין-תחומי, ואפילו לא על רב-תחומי, אלא על מגמות הנקראות אנטי-דיסציפלינריות, ולא מולטי-דיסציפלינריות. לדוגמה, ב-MIT, כשיוצרים קבוצות מחקר, מביאים חוקרים מתחומים הפוכים, אפילו סותרים או לא משלימים. הסתירה שבין התחומים היא זו שמפרה ופותחת את האופקים. זו פדגוגיה מסוג אחר, שהפכה למוטו של MIT. האנטי-דיסציפלינריות זו פדגוגיה שצריך לדעת ללמד. אי אפשר

היצירתיות שמתפתחים בעולם. רוב תכניות הלימודים מתמקדות ביצירתיות אינקרנטלית, אבל יש סוגים אחרים של יצירתיות, שהמודעות אליהן, אל הפסיכולוגיה והמאפיינים שלהן, כמעט שאינה קיימת כלל בתכניות הלימוד של מהנדסים בארץ. הסוגיה השנייה נוגעת למיומנויות שדרושות לייצור יצירות ופריצות דרך טכנולוגיות."

וזה לא קורה?

"לא מספיק. בעיקר בהיבט חשוב אחר - 'השכחה', כלומר היכולת להשביח מידע או מוצר, לאו דווקא במובן הפשוט של שיפור, אלא בעיקר מבחינת יצירת קומבינציות חדשות של עולמות-דעת שרחוקים מאוד זה מזה. כתבתי הרבה מאמרים על כך, שמגדירים מה זו 'השכחה' ומה בינה לבין סוגי יצירתיות אחרים. בתכניות ההכשרה של המהנדסים לא מלמדים על ההבדלים ביניהם, אלא מתמקדים בידע של תחומי-דעת, ולא בסוגי פריצות הדרך שאפשר לעשות בעזרת אותו ידע שרכשו. אלה רק שתי רוגמאות בולטות בהכשרת מהנדסים, שדרושות שינוי וכבר קיימות במקומות שונים בעולם."

במוסדות להכשרת מהנדסים בארץ, ובהם המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, הבינו באחרונה שלא די בהעברת ידע, אלא יש צורך להקנות כלים ללמידה עצמית, ראייה מערכתית, חשיבה "מחוץ לקופסה" וכו'. האם זאת מגמה נכונה בעיניך? "כן, אבל זה לא מספיק. ההגדרות הללו מאוד רחבות וערטילאיות. כיום הספרות הרבה יותר ברורה לגבי מה זה 'כלים' ומה זה 'מחוץ לקופסה'. המילים האלה כבר נשחקו. צריכים להיות ברורים ומוגדרים, והיום יש כבר תכניות של איך עושים את זה. לא די להגיד שמלמדים את המהנדסים 'איך', ובפועל נותנים להם

אם חשבתם שעתידינות היא מקצוע המוזהה עם נוסטרדמוס, אסטרונומים, קוראות בקפה או בקלפים, אתם ממש לא בכיוון. מדובר בתחום מדעי לכל דבר ועניין, המשמש כלי ניתוח חשוב בעת בחינה של המגמות העולמיות בכל תחום של חינוך: חברה, כלכלה, פוליטיקה, יחסים בינלאומיים, וכמובן טכנולוגיה. פרופ' דוד פסיג, עתידין נודע ורב-פעלים, הוא סוג של נביא במאה ה-21, כזה המנתח מגמות מקומיות וכלל עולמיות, ומהן הוא מסיק מסקנות מרחיקות לכת, תרתי משמע.

פרופ' פסיג, ראש המגמה לטכנולוגיית תקשורת בחינוך וראש המעבדה למציאות מדומה באוניברסיטת בר-אילן, מכהן גם כחבר במועצה הלאומית למחקר ולפיתוח. במלים אחרות: דעתו וכוחר הניתוח שלו נחשבים, ובוודאי מסקרנים.

שאלנו את המומחה כיצד הוא רואה את עולם ההנדסה והטכנולוגיה בעוד כמה עשרות שנים, ואם מערכת ההשכלה הגבוהה בישראל ערוכה לשינויים הגדולים שצפויים, לטענתו, להתחולל בה, בתהליך דרמטי שכבר החל. באתר האינטרנט שלו, מציג פרופ' פסיג ציטוטים של פילוסופים והוגי דעות, המתייחסים לעניין זה. את עיני צד מלקולם העשירי: "החינוך הוא כרטיס המעבר שלך לעתיד, משום שהמחר שייך לאותם אנשים שמכנינים את עצמם לקראתו - היום."

פרופ' פסיג, לאור הציטוט הנ"ל, מהן לדעתך המגמות שצריכות להנחות את קברניטי ההשכלה הגבוהה בישראל, בבואם להכשיר את ה"מהנדס העתידי"?

"אענה לך על דרך השלילה. התופעה הבולטת ביותר בעיניי היא, שמהנדסים לא מקבלים כיום את ההכשרה שתואמת לסוגי





מאוזן יותר, אלא תחום הדעת שלו פורה יותר"

של אחרים, וזה עלול לפגוע בסיכויי ההתפתחות של הידע שלך עצמך."

**אם נביט 20-50 שנים קדימה, איך ייראו פני העולם ההנדסי ביחס להיום?**

"מה שיאפיין את העולם בעתיד יתבטא בקיום קבוצות מורכבות של תחומי-דעת, של חוקרים רבים מאוד שיעבדו בסינרגיה על אותו פרויקט. לא עוד רק מהנדסי תכנה, חומרה או חשמל שעובדים עם עצמם, אלא קבוצות מורכבות מאוד. כבר היום באוניברסיטאות המתקדמות בעולם ניתן לראות רמזים למגמה זו, למשל בשמות של המחלקות להנדסה - כבר כמעט לא ניתן לקרוא אותן בגלל מורכבותן. מגמות חדשות אלה מורכבות מארבעה-חמישה תחומים מעורבים יחד, ולשם הכיוון הולך. לתוך קבוצות המחקר יצורפו 'אנשי מוסר', שהרי יש סוגיות

"לא די להגיד שמלמדים את המהנדסים 'איך', ובפועל מלמדים אותם לחפש באינטרנט. היום זה 'איך לוקחים בעיה ופותרים אותה?'; 'איך יוצרים יצירה?'. זו פדגוגיה חדשה, שאותה צריך ללמד, באופן מובנה ומוסדר, ולא באופן אקראי"

מוסריות למוצרים שאנחנו מפתחים. אנשי מוסר ורוח יהיו חלק בלתי נפרד מקבוצות שיתחו מוצרים, שלא לדבר על אנתרופולוגים, שכבר מזמן הפכו חלק מהעניין. ובכן, יש קשר בין טכנולוגיה לפילוסופיה."

**ומה יהיה עם הגדרת התחומים הקיימת? האם הגדרות אלה ייעלמו?**

"הן ישתנו. ההגדרות הקיימות הן שטחיות, גם משום שתחומי הדעת שמלמדים במקצועות הללו הם חד-ממדיים, שעוסקים בעיקר בתחום אחד וצר, שלבדו לא יוכל לשרוד. צריך להביא לתוכם תחומים חדשים ומורכבים, וכפי שכבר ציינת - תחומים סותרים."

**"אין צורך להגיע ללימודים 5 ימים בשבוע"**

מה יהיו ההשלכות של שינויים אלה על מתכנת ההכשרה ועל "אווירת הקמפוס"?

"אכן יהיו שינויים גם בהיבטים אלה, וכבר היום רואים את ניצניהם. בטכניון, למשל, יש כבר תכניות לימוד שהסטודנט מרכיב לעצמו. כרגע הן מיועדות לסטודנטים מצטיינים, אבל זו ללא ספק תחילתו של תהליך שישפיע על כל הסביבה הלימודית בעתיד."

**ומה מבחינת התשתיות? מהפכת הסלולר והקלות בכריית מידע באינטרנט למשל כבר יצרו מהפכה גדולה. איך היא תימשך לדעתך?**

"על נושא זה נכתבים בימים אלה מאמרים רבים, ואפילו ספרים, וניטשים ויכוחים על האופן שבו השינויים יזועו, או לא, את המערכת. לדעתי הבעיה הגדולה יותר שניצבת בפני קברניטי האקדמיה היא איך לבחון את הידע של הסטודנטים גם מרחוק, מבלי לפגוע במהימנות הבחינה וביכולתה לשקף נאמנה את הידע

האמיתי ואת יכולת ההבנה שלהם. לצערי, אין עדיין מערכות בחינה מורכבות, שיכולות להחליף בחינה שנעשית כיום בסוף קורס. לכשזה ייפתר, וסביר שייפתר בהמשך, תישאר הסוגיה החשובה שנוגעת למפגשים בין התלמידים."

**תהיה להם בכלל סיבה להיפגש? יהיו שיעורים פרונטליים? "אני צופה שכ-50% ממה שמלמדים היום בכיתות ייעלם, אבל 50% יישאר, כי אי אפשר להעלים את זה בקלי קלות, וגם לא צריך. במציאות האקדמית העתידית, במקום שסטודנט יגיע לקמפוס חמישה ימים בשבוע, הוא יגיע יומיים בשבוע, ובהם יתמקד במה שדורש עבודה בקבוצות, אינטראקציה בעבודת מנחה-מונחה ועוד. מחד, זה יביא להיסכון במשאבים, בתשתיות ובעלויות, ובצמצום כוח אדם; מצד שני, יופנו המשאבים לדברים שבאמת דורשים נוכחות פיזית של הסטודנטים ואנשי הסגל במוסד האקדמי."**

**כתבת באתרך שתעשיות העתיד אינן תעשיות של היי-טק, אלא תעשיות של היי-סיינס, וכי לשם כך דרושה אסטרטגיה שונה לתכנון תכניות לימוד במוסדות להשכלה גבוהה. תוכל להסביר?**

"המושג 'היי-סיינס' הוא מושג די חדש בספרות. הרעיון בבסיסו הוא לא לכוון לתפקיד מסוים, כמו מהנדס תכנה או חומרה, אלא לחשיבה מדעית מורכבת יותר, שמביאה לידי ביטוי תחומי דעת הפוכים. למשל, כיום לבן אדם עם Ph.D בכימיה יש יותר סיכוי להתקבל לפרויקט מאשר למהנדס חומרה, משום שהחשיבה המדעית שלו בעלת ערך רב יותר למעסיק, מאשר כל הידע שלו בעלת ערך רב יותר למעסיק, מאשר כל הידע שצבר

"כיום לבן אדם עם Ph.D בכימיה יש יותר סיכוי להתקבל לפרויקט מאשר למהנדס חומרה, משום שהחשיבה המדעית שלו בעלת ערך רב יותר למעסיק, מאשר כל הידע שצבר אדם במשך ארבע שנים בדרכו להיות מהנדס חומרה"

אדם במשך ארבע שנים בדרכו להיות מהנדס חומרה. רוצה לומר, מה שקריטי לעתיד הוא צורת החשיבה. חשיבה מדעית, שפעם נדרשה אולי רק ממנהלים, תירדש בעתיד כמעט מכל עובר פס הייצור, וככל שהמוצרים יהיו מורכבים יותר והתחרות תגבר, כך תגדל הדרישה לאנשים שעברו תהליכי חשיבה מדעיים, ושבסיס המידע שלהם ניוון מתחומי דעת סותרים."

**בשורה התחתונה, כשאתה רואה את המצב היום מבחינת המלגה והמודעות למגמות הקיימות, האם אתה אופטימי?**  
 "למדינת ישראל יש הישגים מדהימים, אבל כמו בכל דבר יש גם שיפורים שצריך לעשות. גם השטח מכתוב דברים. אני מאמין שנצא מעשור, אולי שני עשורים קשים באקדמיה, אבל אנחנו נעשה את זה כי אין ברירה. עלינו להתחרות בעולם, ולהבין שצריך להשקיע בדרכים חדשות כדי לקחת חלק בהובלה. כרגע מתרחשת תחרות גדולה במדינת ישראל - בתוך האקדמיה ובין מוסדות מחקר ומוסדות הכשרה - שמגיעה את ההתפתחות הזאת. זה אולי לא בסגנון שאני הייתי בוחר, אבל יש הרבה מדינות שמסתכלות עלינו ומקנאות בדרך שבה אנחנו עושים זאת." ■

# "נסעתי עם 10 סטודנטים להנדסה לכפר בנפאל וחזרתי עם 10 מנהיגים"

ארגון מהנדסים ללא גבולות פועל למען אוכלוסיות חלשות בארץ ובעולם • מארק טלסניק, ראש הארגון בישראל, מספר על תהליך העבודה ("זו למידה לשני הצדדים"), על הבעיות של תחילת פרויקט ("המוסדות צריכים לבחון מרצים גם דרך מעורבות בחברה"), ועל החזון האישי ("מהנדסים עם מודעות הנדסית וחברתית") / **רונה חזקיה**



טלסניק (למעלה, שלישי משמאל), וסטודנטים ומקומיים

לא פועלים. גם הגדרת הבעיות נעשית יחד, והמקומיים מסמנים את הבעיות הכי אקוטיות עבורם. הסטודנט מדבר איתם וצריך לדעת למשל כמה אנשים חולים בשלשול כדי להבין מה הבעיות במים."

על אלו פרויקטים אתם עובדים כעת?

"בכפר בצפון אתיופיה אנחנו עובדים על איסוף מי גשמים מהגגות ואחסונם לשימוש חוזר. יש שם מחסור קשה במים. כשדיברנו עם המקומיים גילינו שזו הבעיה הכי אקוטית עבור הנשים – הן לא יכולות ללכת לבית הספר כי אין להן מקום לשטוף ידיים שם. יש לנו עוד הרבה תכניות לכפר הזה. בארץ למשל אנחנו עובדים עם קהילה בדואית. שם היינו צריכים לעשות משהו אחר. כשדיברנו עם הגברים הם דיברו על טכנולוגיה – מים זורמים, חשמל. רק כשהוצאנו את הגברים והשארנו את הנשים הבדואיות עם סטודנטיות, הן גילו לנו שאי-היכולת לכבס את הבגדים של המשפחה הוא הכי קשה עבורן. בקיץ נסענו לכפר בנפאל – 40

מחליט אם להעניק נקודות עבור הפעילות". אם לא נקודות אקדמיות, מה היתרון שמקבל סטודנט שלוקח חלק בארגון?

"הסטודנטים לומדים איך לדבר עם אנשים, והיכולת הזו חשובה במיוחד עבור מהנדסים. סטודנט רגיל שמלמדים אותו פיזיקה, כימיה, מתמטיקה, ופתאום הוא לומד לדבר ולהתאים את מה שהוא למד לקהילה מתפתחת; הם לומדים איך להפעיל את ההנדסה לטובת קהילה ואנשים. חשוב להדגיש – אנחנו בונים טכנוקרטים, ולא טכנופילים. בהתחלה הסטודנטים מחפשים איך לבנות טכנולוגיה עבור קהילה חלשה, אבל לאט אט הם מבינים מה באמת הקהילה הזו צריכה". לדוגמה?

"הרבה אנשים חושבים שהם יכולים לעשות מיליונים באפריקה, אבל 60% מהפרויקטים שם נכשלים. למשל בכפר אחד באתיופיה הנשים היו צריכות ללכת לבאר רחוקה כדי לשאוב מים. יום אחד החליט לבנות צינורות שיקרבו את המים לכפר, אבל הוא לא דיבר עם הנשים לפני כן ולא הבין את הצורך האמיתי ומה הקהילה מסוגלת לתחזק. אחרי שהוא הניח את הצינורות, התברר שההליכה לבאר היא הסיבה היחידה של הנשים לצאת מהבית, ובדרך הן מדברות ביניהן ויוצרות קשרים וחברויות. פתאום הן חוזרות הביתה, ומישהו שינה את זה – לקח להן את הסיבה היחידה לצאת מהבית. אחרי שהוא הלך שברו בכפר את הצינורות והנשים חזרו ללכת לבאר.

"אצלנו יש תהליך למידה משני הצדדים", מוסיף טלסניק, "אנחנו לא באים בתור האדם הלבן שהגיע ללמד אותם. הרעיון הוא תהליך שיתופי ואם אין לנו את זה, אנחנו

הסטודנטים שמשותפים בפרויקטים של מהנדסים ללא גבולות הופכים למנהיגים בתחומם, הם קשובים יותר ואנשים טובים יותר, וזה רווח לכולם. לו היו לנו 1,000 מהנדסים כאלה בארץ, המדינה הייתה נראית אחרת". כך אומר מארק טלסניק, ראש ארגון EWB (Engineers Without Borders) – מהנדסים ללא גבולות) בישראל.

EWB הוא ארגון בינלאומי שהקים ברנרד אמדיי הצרפתי לפני 10 שנים. זהו ארגון התנדבותי, ללא כל מטרת רווח, שמקדם שיתופי פעולה למען שיפור איכות החיים של קהילות מתפתחות בעולם, באמצעות חינוך והטמעה של פרויקטים הנדסיים בני-קיימא. טלסניק ואמדיי למדו יחד באוניברסיטת טורונטו. "לפני 7 שנים אמדיי הגיע לארץ ונפגשנו", מספר טלסניק, "אחרי 10 דקות החלטתי שאני פותח שלוחה בטכניון. לפני כשלוש שנים ורד בלאס, כיום יו"רית הארגון, חיברה את אותנו תחת EWB העולמי".

לארגון העולמי יש 300 סניפים בארה"ב שבהם חברים 14 אלף מתנדבים, וכן סניפים ב-40 מדינות בעולם. לרברי טלסניק, לא כל הסניפים בעולם פעילים, אבל יש ביניהם כמה שהם פעילים מאוד, כמו באוסטרליה, קנדה, אנגליה ודנמרק.

"בארץ יש שלוחות בטכניון, באוניברסיטות תל אביב ובן-גוריון, בפקולטה לחקלאות ובמכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה (ראו מסגרת). "כל אוניברסיטה מתפתחת בדרך שלה", אומר טלסניק, "בטכניון זה היה כמו אש בשדה קוצים, קרוב ל-100 סטודנטים עובדים על פרויקטים בטכניון, והם לא מקבלים שום ניקוד. כל מוסד



## "גן המשחקים" של המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה ו-EWB

בשנת הלימודים תשע"ג נוצר קשר ראשוני בין ארגון מהנדסים ללא גבולות לבין המחלקה להנדסת מכונות במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה. הפרויקט הראשון של המכללה החל בשיתוף המכללה לעיצוב חולון, ועוסק בחוויות השונות של הילדים בגן המשחקים. גילת טובלום ורועי שטרית מהמחלקה להנדסת מכונות נבחרו לבצע תוכן של שני מתקנים: קרוסלה ונדרה. כך נוצר "פרויקט גן המשחקים", שיאפשר למשל לילדים המחוברים למכונת הנשמה ליהנות מקרוסלה, וילדים בכיסאות גלגלים לגלוש במגלשה. פרויקט זה נעשה במסגרת פרויקט הגמר של סטודנטים מהמחלקה להנדסת מכונות, בהנחייתו של נצר נבות והמרכזת הח"מ. על אף שמדובר בארגון התנדבותי, הסטודנטים יקבלו מלגת לימודים מתוך כספי הות"ת המיועדים לפרויקט הרגל במכללה. לפרויקט שותפים גם המחלקה להנדסת מכונות באוניברסיטת אריאל, שמתכננת אף היא מתקן, והוא צפוי להסתיים ביוני 2014.

### הקמת מרכז ידע מחקרי ויישומי

פרויקט הרגל של מכללת אורט בראודה מתרכז בהקמת מרכז ידע מחקרי ויישומי למען אוכלוסיית בעלי המוגבלויות. המרכז יוקם על בסיס פעילות הקיימת כיום במחלקה להנדסת מכונות ובמחלקה להנדסת תעשייה וניהול, תוך הרחבת שיתופי הפעולה והשותפויות בתוך המוסד ומחוץ לו, לטובת יצירת מגוון רחב וחדשני של פתרונות לבעיות של אוכלוסייה בעלת צרכים מיוחדים. העשייה מתבססת על קורסים אקדמיים, על פרויקטי גמר של סטודנטים ועל מחקר של הסגל האקדמי. בעתיד, לאחר שהיקף העשייה יגדל, המטרה היא לרכז את כל הידע וליצור מאגר נגיש לכלל האוכלוסייה.

המחלקה להנדסת מכונות שבמכללה שוקדת על פיתוח רחב של פרויקטים בהיבטים שיקומיים, כגון ייצור ציוד המסייע בתהליכי השיקום, מתוך הסתכלות על הצורך הקיים בשטח. לצורך כך הוקמו שיתופי פעולה עם אוניברסיטת חיפה – מחלקת לפיזיותרפיה וריפוי בעיסוק; ועם בית חולים לשיקום ילדים תל השומר, בית חולים רמב"ם והמכון הלאומי למדעי המוח והשיקום שבנצרת. המטרה היא ששיתופי הפעולה ייצרו כר נרחב למחקר בתחום השיקומי, שיניבו פתרונות יישומיים בתחום.

פרויקטים נוספים שנמצאים בהליך עשייה במכללה הם הקמת עמדת עבודה מותאמת לאנשים בעלי לקות קוגניטיבית, שמיועדת למפעל למיחזור מוצרי אלקטרוניקה, וייצור של כיסא מתכוונן המיועד לכיתת ילדים שלוקים בשיתוק מוחין בביה"ס האזורי תפן, כך שיאפשר יותר זמן לתרגילי הפיזיותרפיה וליעילותם. ■

ד"ר אורית בראון בנימין, חברת סגל במחלקה להנדסת מכונות במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, וראש התמחות ביו-מכאניקה

כמה זמן אתם נשארים, ומה קורה כשצריך לעזוב? עם כל קהילה יש לנו חווה לחמש שנים. זה לא בדיוק חווה רשמית, יותר הצהרת כוונות שיש נכונות לעבודה ולשיתוף פעולה. שליש מהזמן זה עבודה מול הקהילה, שליש מהזמן עובדים על הטכנולוגיות ועוד שליש זה עבודה בשטח. תוך כדי עבודה גם לומדים דברים. הכי חשוב הוא שהמקומיים ימשיכו להתפתח גם אחרי שעזבנו. "בכפר הנפאלי, למשל, הטכנולוגיה לבישול בבית כבר התפשטה לכפרים סמוכים. הרעיון הוא לצאת מבלי שירגישו שעזבת. אבל לרוב אנחנו חוזרים גם אחרי חמש שנים, לפעמים לנו זה יותר קשה לעזוב. חשוב להגיד שגייסנו כספים לפעילות הזאת ואנחנו משתמשים בהם בפניצטה. על הנסיעה לנפאל, למשל, הסטודנטים לא נדרשו לשלם כסף".

### לעזור ללא תמורה לאוכלוסיות החלשות

מה קורה לסטודנטים בסיום פרויקט כזה? "נסעתי עם 10 סטודנטים לנפאל, וחזרתי עם 10 מנהיגים וזה דבר נדיר עבור סטודנט להנדסה. התהליך שהם עוברים פשוט מדהים. רואים את השינוי. הם ממש לקחו את הסניף בטכניון על הגב שלהם, ועכשיו הם עובדים על הקמת טורבינה בירושלים. "הסטודנטים זה החלק הקל ויש הרבה היענות מצדם.

"הרבה אנשים חושבים שהם יכולים לעשות מיליונים באפריקה, אבל 60% מהפרויקטים שם נכשלים, כי הם לא מדברים עם האוכלוסייה ולא מבינים את הצורך האמיתי ומה הקהילה מסוגלת לתחזק"

הבעיה היא לגייס חברי סגל ואנשי מקצוע שיעבדו עם הסטודנטים, שיהיו מנטורים. פה בארץ מודדים פרופסור לפי המחקר, והרוב מוטרדים מזה ומהקידום שלהם. היה נחמד לו האוניברסיטאות בארץ היו מסתכלות גם על מעורבות חברתית.

"בארה"ב למשל מודדים פרופסור על פי ההוראה, המחקר והאימפקט החברתי שלו. אני חושב שאם 2% מהסטודנטים היו עושים את המסלול שלנו – אפילו רק קורס אחד – המקצוע כולו היה משתנה. הסטודנטים שמתעסקים בפרויקטים האלה מתלהבים כל כך, והם נהיים אנשים אחרים, מנהיגים".

אז מה החזון – להפוך את העולם לטוב יותר? "החזון האישי שלי הוא להכשיר מהנדסים עם מודעות הנדסית וחברתית, שיוכלו לעבוד עם הקהילות האלה. הסימן לחברה מפותחת הוא היכולת לעזור ללא תמורה לקהילות החלשות בתוכה. לעשות את זה בגלל שזה הרבר הנכון לעשות. "אני לא מנסה להציל את העולם, הרעיון הוא לגרום לשינוי חיובי דרך הרבה מאוד אנשים". ■

(צילומים: קרן אור גרינברג ואתר הטכניון)



עובדים בנפאל. "אנחנו לא האדם הלבן שבא ללמד"

סטודנטים מהארץ ומהעולם – כדי לעבוד על טכנולוגיית ביוגז לבישול בבית".

איך אתם יוצרים קשר עם הקהילה? "אל הכפר באתי ופיה הגענו דרך ישראלי שניסה לעזור להם. שלחנו לשם שני סטודנטים, שיראו אם יש לנו פרטנר לעבוד איתו. בתחילה אנחנו מדברים עם הילדים, שמובילים אותנו לבית הספר, שם אנחנו מלמדים אותם – לא משנה מה ולו אך במשך שעה אחת. לרוב, אנו מצליחים להגיע רכסם לשאר אנשי הקהילה. אז זה תלוי בהם – אם הם רוצים לשתף אותנו בבעיות שלהם.

"לא תמיד פשוט להשיג שיתוף פעולה מהמקומיים. קשה להסביר להם שלא יפלו עליהם כספים וטכנולוגיות. רק אחרי שהשתכנענו שהם מעוניינים לקחת חלק בתהליך וכי יש לנו פרטנר, אנחנו מתחילים לחפש מהם הנושאים הכאובים, השורשיים, בוחרים פרויקט, מגייסים אנשים ומתחילים לעבוד".



# לגיוס מהנדס

גיוס מהנדס לעבודה הוא תהליך מורכב מצד החברה המגייסת • אופי החברה, מבנה הבעלות שלה ודרכי העבודה משפיעים מאוד על בחירת המועמד • במה שונה תהליך הגיוס של חברה בינלאומית מזה של חברה בבעלות קיבוצית, ומה הכי חשוב לחברה ישראלית גדולה • שלושה מנהלים משלוש חברות שונות מגלים את הסודות שבקבלת מהנדסים לעבודה / רון שטיינבלט

## "קודם מחפשים בתוך הקיבוצים"

רלוונטיים. אני מפרסמת משרה בתחום הנדסת התכנה, ומקבלת קורות חיים של מהנדסי תעשייה וניהול, מנהלי מחסן, רכש, כאלה שבכלל לא בכיוון. כל מי שמחפש עבודה פשוט שופך את קורות החיים שלו למגוון רחב של תחומים.

נכון שיש עלויות לגיוס עובד דרך חברת כוח אדם, אבל הן מבצעות עבורי את המיון הראשוני ושולחות מועמדים שהם באמת רלוונטיים למשרה."

איך מתבצע תהליך גיוס עובד לחברה? "ראשית נעשה מיון ראשוני לקורות החיים – אנחנו בוחנים אם ההשכלה ושנות הניסיון תואמים את הגדרות התפקיד שבניתי עם המנהל המקצועי הישיר. את הריאיונות למועמדים אנחנו עושים יחד, וכל אחד מתרכז בתחומו. אני מתרכזת ביוזמות של המועמד בעבר, נכנסת לפן הרחב של התפקיד ומתרשמת מהרמה האישית שלו.

ארד היא חברה קיבוצית עם דלתות פתוחות, וחשוב שהעובד יתחבר לאווירה של האגף שבו הוא יעבוד. בדרך הזו אני גם מנסה להתאים את העובד למנהל ספציפי. בהמשך, אם מדובר בתפקידים בכירים, המועמד יעבור ראיון שני עם סמנכ"ל האגף שבו הוא אמור להיקלט. השלב הבא והאחרון הוא הגשת הצעת עבודה". ■



מירי זלוטניק, סמנכ"לית משאבי אנוש, ארד

חברת ארד עוסקת בפיתוח וייצור מערכות למדידת מים. החברה, שנמצאת בבעלות שני קיבוצים מרמת השופט – דליה ורמות מנשה, מעסיקה בארץ כ-600 עובדים, מהם 40% מהנדסים בתחומי התכנה, אלקטרוניקה ומכונות.

איך מתבצע תהליך גיוס המהנדסים לחברה?

"כחברה שנמצאת בבעלות של שני קיבוצים, כשנפתחת משרה אנחנו קודם מחפשים מועמדים מתאימים מתוך הקיבוצים", אומרת מארי זלוטניק, סמנכ"לית משאבי האנוש של ארד. "אם לא מצאנו מועמד מתאים מבפנים, אנחנו מפרסמים בחוץ את המשרה, דרך חברות כוח אדם. רק לאחר שלא קיבלתי מענה מספק, אני מפרסמת את המשרה, באופן ישיר, באינטרנט. יש גם מקרים שבהם עובד בחברה מביא לי קורות חיים של מכר. יש לכך משמעות גדולה, כי אני נוטה להאמין שהוא לוקח אחריות גם על ההמלצה, וזה אידיאלי."

מדוע את מעדיפה לפרסם משרה דרך חברות כוח אדם, ולא כבר בהתחלה דרך האינטרנט? "כשאני מפרסמת משרה באתרי חיפוש עבודה באינטרנט, אני מקבלת כמויות אדירות של קורות חיים שרובם לא

## "ארגון גדול עם צוותי עבודה קטנים"

חברת גילת לוויינים עוסקת בפיתוח תחנות לוויין ועירות לתקשורת לגופים ביטחוניים ואזרחיים, ומספקת אותן עם שירותים נלווים. החברה נוסדה בישראל לפני 25 שנה, ומעסיקה ברחבי העולם כ-1,200 עובדים. בארץ מספר העובדים עומד על קרוב ל-400, מהם 150 מהנדסים.

"ההתנסות של מהנדסים אצלנו היא מרתקת, וזה מושך אלינו אנשים", אומרת אורנה בלדרמן, סמנכ"לית משאבי האנוש של גילת. "בניגוד למקומות אחרים שבהם מפתחים אפליקציה שיושבת בתוך טלפון סלולרי, אצלנו כאשר העובדים נוסעים ללקוחות, הם רואים בעיניים את השימוש בטכנולוגיה שהם פיתחו – אינטרנט בבתים, בתי ספר שמחוברים באמצעות תקשורת לוויינית ועוד. זה דבר ייחודי מאוד."

מהם מקורות הגיוס שלכם?

"מקורות הגיוס שלנו מאוד מגוונים. יש לנו תשתית טובה לחיפוש דרך רשתות חברתיות – לינקדין

או פייסבוק, וגם באתר החברה אנחנו מפרסמים את המשרות. זאת הדרך הטובה ביותר לגייס מהנדסים, כי אנשים נמצאים ברשת ומחפשים שם יותר מאשר בכל מקום אחר. מעבר לכך, כל משרה מתפרסמת גם ברשת הפנימית של החברה, וישנם הרבה מקרים של 'חבר מביא חבר'. זו האנדיקציה



אורנה בלדרמן, סמנכ"לית משאבי אנוש, גילת

הטובה ביותר לכך שהעובדים אוהבים את החברה, וזה קורה לנו המון. אם אנחנו לא מצליחים למצוא מועמדים מתאימים למשרה בדרכים הללו, אנחנו פונים לקולגות שלנו בחברות השמה."

איך מתנהל תהליך גיוס עובד לחברה?

"ברוב המקרים הריאיון הראשון יהיה מקצועי, ויבדוק אם המועמד מתאים מבחינה מקצועית למשרה. בחלק מהמקרים יהיו שני ראיונות מקצועיים. אם המועמד עובר את השלב המקצועי, הוא יעבור לראיון במחלקת משאבי אנוש, שם נבדוק אם הוא מתאים לעבוד בגילת, שהיא ארגון גדול אבל עם צוותי עבודה קטנים. לאחר מכן תהיה בדיקת ממליצים, והשלב האחרון הוא הצעת שכר."

איילו סוגי מהנדסים אתם מחפשים?

"אנחנו מחפשים מהנדסים מכל הסוגים – חומרה, תכנה, ואנשי סיסטם. מבחינת האופי האנושי, אנחנו מחפשים אנשים רעבים, ורסטיליים ויצירתיים. בעולם של הטכנולוגיה אתה חייב להיות חוקר, ולכן אנחנו מחפשים אנשים שחולמים את הטכנולוגיה, אבל כאלה שגם מתאים להם לעבוד בחברה גדולה. אנחנו פונים לכל הגילים, ולא מוזמן נתנו הצעת עבודה למישהו מעל גיל 60". ■



## מה ה-DNA של המהנדס שלך?

"בשנים האחרונות אנו נתקלים ביותר פניות מחברות המתקשות בתהליך גיוס המהנדסים", אומרת גלי גלט-שמחי, מנכ"לית חברת הניהול והייעוץ AVIV AMCG תשתיות וסביבה. "הביקוש לסוגים שונים של מהנדסים הוא מחזורי, ומשתנה בגלים שאורכם נע בין 5-10 שנים, בהתאם לצורכי המשק. לדוגמה, תגליות הגז הגדולות הביאו איתן צורך אדיר במהנדסי אנרגיה; תנופת פיתוח התשתיות גרמה למחסור של אלפי מהנדסים אזרחיים מדי שנה; וצוואר הבקבוק של תעשיית הפארמה הישראלית הוא מהנדסי כימיה.

"הכשרה של מהנדס אורכת כחמש שנים, ולרוב התפקידים דרושה תקופת ניסיון של כחמש שנים נוספות. זמן ההכשרה יחד עם השינוי בצרכים מביאים אותנו כיועצים למסקנה, שהאתגר הגדול של ארגונים הוא לגייס לשורותיהם מהנדסים שהם מעל הכול מתאימים ל-DNA של החברה במרכיבים

האישיותיים שלהם". לדבריה, ארגון יכול להשתמש בארבע דרכי סינון:



גלי גלט-שמחי, מנכ"לית AVIV AMCG תשתיות וסביבה

1. מרכזי הערכה פנימיים - ההבנה האמתית של המרקם התרבותי בחברה נמצאת רק בתוך החברה. המטרה של המרכז היא לדמות

למועמדים את העולם המקצועי והחברתי של החברה, תוך שימוש במשימה מקצועית מהשטח".

2. חבר מביא חבר - גורם למעורבות של העובדים בתהליך, משתף את העובדים בחוויית הצמיחה של החברה, וכמובן מעודד את אחריות העובדים הוותיקים להצלחת המצטרפים החדשים.

3. רשתות חברתיות - גיוס תוך היכרות אישית של המועמד ברשת.

4. חשיפה של מועמדים לאנשי המקצוע בארגון - בכנסים, הרצאות באוניברסיטאות, ימי זרקור ועוד. חשיפה זו גורמת לתיאום ציפיות בין המועמדים לארגון, ומאפשרת היכרות בסיטואציה טבעית יותר מריאיון העבודה הסטנדרטי.

"בשורה התחתונה, גיוס מהנדסים מצריך מהחברה לחשוב כמה צעדים קדימה, ולבחור במועמד המתאים אישיותית לחברה, ושיהיה גם ורסטילי מבחינה מקצועית. עלינו, כיועצים וכמנהלים, לזכור להיות הוגנים יותר כלפי העובדים החדשים בכל פרמטר, כי קליטה טובה היא תמיד עסקה מוצלחת לשני הצדדים", מסכמת גלט-שמחי. ■

כולנו מכירים את תהליך חיפוש העבודה - שולחים קורות חיים ומחכים לזימון לראיון. לעתים, מה שנראה לנו כתהליך בנאלי הוא למעשה עניין מורכב ומתוכנן מהצרד השני - זה שמגייס את העובדים לחברות, וצפוי להעסיק אותם בעתיד. על מנת להסביר את תהליכי גיוס המהנדסים בחברות שונות, בחרנו שלוש חברות בעלות מאפיינים שונים - סניף מקומי של חברת הייטק עולמית, חברה קיבוצית שפעילה ברחבי העולם, וחברת טכנולוגיה ישראלית טיפוסית. המנהלים בחברות הללו מפרטים את מכלול התהליכים שהם נוקטים בבואם לגייס מהנדסים חדשים לשורותיהם, ומגלים אילו תכונות חשובות להם יותר ואילו פחות, ועד כמה הגיל באמת מהווה פקטור לקבלה לעבודה. ■



(צילומים: פיני חמו, יח"צ, Imagebank/thinkstock)

## "הצוות מורכב ממגוון גילים"

חברת Software AG הגרמנית, שמעסיקה מעל 5,000 עובדים ב-70 מדינות, מפתחת מוצרי תכנה המשפרים את מערך המחשוב הליכתי בארגון. בין לקוחות החברה נמצאים גורמים ממשלתיים גדולים שנדרשים לבצע חישובים מסיביים, כגון מנגנוני תשלום במס הכנסה, בביטוח לאומי ועוד, וכן במערכות

הליבה של גופים כמו בנקים וחברת החשמל.

"המערכות שלנו הן קריטיות לארגון, והמשמעות היא שאנחנו צריכים את השילוב המנצח בין עתירי הניסיון ובין הכישרונות הצעירים", אומר ערן אלראי, מנכ"ל הסניף הישראלי של החברה, אשר מעסיקה בארץ כ-400 עובדים. "אנחנו נותנים שירותים לגופים בנקאות וביטוח, ולכן, מעבר לידע בעולם התכנה, המהנדס צריך גם להכיר את הביזנס של הלקוח. זו הסיבה שהצוות אצלנו מורכב מאנשים במגוון גילים - העובד הכי צעיר שלנו הוא בן 21 והכי מבוגר הוא בן 76. הגיל הממוצע הוא 42".



ערן אלראי, מנכ"ל Software AG ישראל

אילו סוגים של מהנדסים אתם מחפשים? "אנחנו מחפשים את הניסיון המוכח של המהנדס בסביבות הרלוונטיות. אם אנחנו רוצים לספק את המקסימום ללקוחות הארגון ברשתות החברתיות - צריך בן אדם שיוודע לחיות את זה. על תארים אקדמיים אנחנו פחות שמים דגש, אך עם זאת למועמד

ללא תואר אקדמי יהיה קשה להיכנס למערכת. לא אנחנו קבענו את הקריטריון הזה - זו דרישה של רוב הגופים הפיננסיים והממשלתיים שעבורם אנחנו מבצעים פרויקטים".

מה השוני בעבודה בחברה בינלאומית לעומת עבודה בחברה ישראלית?

"דבר ראשון צריך אנגלית ברמה טובה. יש תפקידים שיש להם ממשק עם עובדים בחו"ל, ולכן, למרות שזה לא בגדר חובה, זו בהחלט דרישה. עוד קריטריון חשוב מאוד הוא משמעת ארגונית. מועמד שיצטרף לעבוד מול המטה בגרמניה והוא לא מסודר ואין לו ערך ללוחות

זמנים, יתקשה למלא את התפקיד".

איך אתם יודעים לאתר תכונות כאלו בתהליך הגיוס? "אנחנו עובדים עם המלצות, לא רק ממי שניהל את המועמד, אלא גם ממי שהוא סיפק לו שירות - הלקוח או ספק אחר. אנחנו בודקים למשל איך התנהל הפרויקט שעליו עבדו יחד; אם הייתה עמידה בזמנים, ואם לא - מה הסיבה שגרמה לכך". ■

אלראי מדגים כיצד השילוב של מהנדסים צעירים ומבוגרים עובד בחברה. "אם למשל אנחנו רוצים לפתח אפליקציה בארגון שתעבוד על אייפון, היא תהיה בנויה משני רבדים - רוב המהנדסים יהיו צעירים עם ניסיון במחשוב ענן, פיתוח במובייל ורשתות חברתיות; ולצוות זה יצטרף משהו עם ניסיון באינטגרציה, שיוודע לעשות איחוד לכל המערכות".



ד"ר אליק גרויסמן

# היופי יציל את העולם

מהם מקורות האמנות, המדע וטכנולוגיה, כיצד ניתן להבין את יחסי הגומלין בין "שלוש התרבויות" הללו, ומהי המסקנה החינוכית העולה מכך

אמנות, מדע וטכנולוגיה הן שלוש תרבויות, ללא גבולות, שהפכו לשפה של המאה ה-21.

על מנת לדון ביחסי הגומלין ביניהם, נגדיר אותם ואת מקורותיהם.

האמנות הייתה עוד בשחר ההיסטוריה, כשהאדם הקדמון שיתף חוויותיו באמצעות תמונות, סמלים, תנועות גוף וצלילים. תפקיד הציור היה תיעוד ותקשורת ולא יצירתיות.

ככל הנראה, הטכנולוגיה הופיעה לפני האמנות, שכן היה בלתי אפשרי לצייר (אמנות) ללא מכשירים (טכנולוגיה). המילה "טכנולוגיה" היא צירוף המילים היווניות "טכנה" (מיומנות, אומנות) ו"לוגיה" (לימוד). ההמצאות הטכנולוגיות הראשונות (הכנת כלי אבן, גילוי וניצול האש) נעשו בתקופה הפליאוליתית, 2.5 מיליון-10,000 לפני הספירה. האמנות הוצגה לראשונה כציורים במערות לפני 40,000 שנה.

במרוצת השנים התחילו אנשים לחשוב איך דבר אחד עבר עם דבר אחר, מה היו הסיבות לתופעות שמסביבם, חקרו, השוו, ניתחו ולמדו לסנתז. כך הופיע מדע "פרימיטיבי". מדע נגזר מהמילה הלטינית "Scientia" - ידע. מדע הוא ניסיון שיטתי לגלות ולחשוף דפוסים של הטבע. בקיצור, מדע הופיע כסיפוק של סקרנות של אנשים.

הנדסה היא דיסציפלינה, אומנות (מיומנות), רכישה ויישום ידע מדעי, מתמטי, כלכלי, חברתי ומעשי כדי לתכנן ולבנות מבנים, מכונות, מערכות, חומרים ותהליכים, המביאים בבטחה פתרונות לצורכי החברה. הנדסה (Engineering) מקורה במילה "מהנדס" (An engineer, בנאי של מנועים צבאיים, משנת 1325), הנגזרת מהשורש הלטיני Ingeniare (להמציא, לתכנן) Ingenium (פיקחות; המצאה; חכמה). ההנדסה קיימת עוד מימי קדם - אז הומצאו גלגלת, מנוף, והגה וכאשר המדע וההנדסה הופיעו, עוררו את התפתחות הטכנולוגיה.

ההבחנה בין טכנולוגיה, מדע והנדסה לא תמיד ברורה. המצרים היו טכנולוגים מוצלחים בלי שום הבנה במדע. ככל הנראה, היוונים היו המדענים הראשונים. כך תיאר המתמטיקאי, המהנדס והפילוסוף הצרפתי ז'ול הנרי פואנקרה, אלפיים שנה מאוחר יותר, את ההבדל בין מדע וטכנולוגיה: "המדען אינו לומד משום שהטבע הוא שימושי, הוא לומד את זה כי הוא חפץ בו, והוא חפץ בזה כי זה יפה. אם הטבע לא היה יפה, זה לא יהיה שווה לדעת, ואם הטבע לא היה שווה לדעת אותו, החיים לא היו שווה לחיות אותם".

המדענים היוונים החלו בבניית היגיון מדעי. המדען היה כמו אמן יצירתי, שלא עבד עם צבע או שיש, אלא עם תחושות בלתי מאורגנות בעולם כאוטי. מאוחר יותר הוכח שהיגיון ואינטואיציה ממלאים תפקיד חיוני במדע ובאמנות. תיאודור פון קרמן חיזק רעיון זה: "הנדסה שונה לחלוטין ממדע. מדענים מנסים להבין את הטבע. מהנדסים מנסים לעשות דברים שלא קיימים בטבע. מהנדסים מותחים המצאה, שעל מנת לממשה



הציור "התמדתו של זיכרון" של דאלי. הושפע מהמצאות

המהנדס חייב להביא את הרעיון שלו למונחים קונקרטיים ולעצב משהו שאנשים יכולים להשתמש".

נהוג לחשוב שהמדע קדם לטכנולוגיה ולהנדסה, אך ההיסטוריה האנושית הראתה שהטכנולוגיה וההנדסה הופיעו הרבה לפני ההבנה מדעית של תופעות, כגון מנוע הקיטור, שהומצא 130 שנה לפני שהוברר למה ואיך זה עובד. המדען האמריקאי לורנס ג'וזף הנדרסון אמר, כי "המדע חייב יותר למנוע הקיטור מאשר מנוע הקיטור חייב למדע". גם התצלום הומצא ב-1839 על ידי האמן והפיזיקאי לואי ז'אק מנדה דאגר, הרבה לפני ההסבר המדעי.

למילה "אמנות" (בלטינית Ars) משמעויות שונות: הראשונה, מיומנות הנלמדת על ידי תרגול (התמחות במקצוע); השנייה, שימוש במיומנות ודמיון ביצירת אובייקטים אסתטיים, סביבות או חוויות אסתטיות, שניתן לשתף עם אחרים, או פעילות אנושית הקשורה לסיפוק צרכים רוחניים ורציונליים של האדם, כלומר, אהבה ליופי; השלישית, משהו שמעורר מחשבות, רגשות, אמונות, או רעיונות של הפרט, באמצעות חושים.

לדברי הפילוסוף אביטל ציון, "אמנות היא גילום תבניות הארגון הבסיסיות ביותר של Mind (למשל קישוריות-הפרדה, סימטריה-אסימטריה, היררכיה-אקראיות) באמצעות קומפוזיציות של אלמנטים אסתטיים כמו צבע, צורה וצליל".

## השפעה הדדית

על מנת להבין את יחסי הגומלין בין "שלוש התרבויות", עלינו לחקור השפעות הדדיות. ראשית, כמה המצאות במדע ובאמנות השפיעו על היצירה של סלברור דאלי, שהיה לו עניין מיוחד במדעים, בפסיכואנליזה ובטכנולוגיות חדשות. בציור "שעונים רכים" ("התמדתו של זיכרון") ה"קשיחות" מיוצגת על ידי צוקים כמפגש הפירנאים עם הים, ואילו את ה"רכות" מסמל הזמן. הולוגרפיה, אשר הומצאה על ידי מהנדס החשמל דניס גאבור, נמצאת בציור סטריאוסקופי של סלברור דאלי. בציור "ליל

כוכבים" של ואן גוך מופיעה ערפילית ספירלה בהשראת גלקסיית המערבולת (הערפילית M51), שהתגלתה על ידי האסטרונום לורד רוס.

ואילו דוגמה להשפעת האמנות על המדע - מודל "המצב היציב של היקום" של הפיזיקאים פרד הויל, הרמן בונדי ותומס גולד, כאלטרנטיבה ל"מפץ הגדול" נולד בהשראת הסרט "מות הלילה", שבו הם צפו יחד בשנת 1947. העלילה המעגלית, סיפור רפאים שהסתיים באותו אופן שבו התחיל, הביאה את שלושת המדענים למחשבה שהיקום בלתי משתנה למרות הדינמיות, כמו נהר שבו זורמים מים, אבל נותר ללא שינוי.

המסקנה מדוגמאות אלה היא שיש לחנך כל תלמיד וסטודנט לאמנות, כפי שמלמדים קריאה, כתיבה וחישוב. כך יהיו יותר יצירתיים בכל תחום. ומהנדסים - גם הם צריכים להיות אמנים ליצירה שלהם. לכן, מדע וטכנולוגיה זקוקים לאמנות. צריך להפיץ את האמנות, המייצרת אסתטיקה, מוסר גבוה ושאיפה להכרה ולמימוש עצמי. אנשי "שלוש התרבויות" מרבים להשתמש במערכת של ניסיונות וניסויים, וכן בחושיהם לשם לימוד והבנה, הסבר וחיזוי של תופעות ביקום. דבריו של לאונרדו דה וינצ'י, כי "כל הידע שלנו מתחיל מתחושות", עשויים להיות קשורים באותו אופן לאמנות, מדע וטכנולוגיה.

האינטואיציה ממלאת תפקיד חשוב באמנות, במדע ובהנדסה. עבור אמן התחושות הן חשובות ביותר. מדענים קרובים לאמנים בעמדה, כי היגיון ואינטואיציה תופסים מקום חשוב בעבודה ובחיים שלהם. למרות הדמיון בתכונות "שלוש התרבויות" והתפתחות המדע והטכנולוגיה, אין התקרבות באמנות. במדע וטכנולוגיה, כל הישג מבוסס על קודמיו, ואילו באמנות... אף אחד לא יכול לשפר את ציוריהם של לאונרדו דה וינצ'י, רפאל ובוטצ'צ'לי; פסלים של ברניני ורודן; או יצירות מוסיקליות של שופן וצ'ייקובסקי. התפתחות המדע והטכנולוגיה תלויה באישיותו של אדם בזמן מסוים. אם גלילאו גליליי, אייזק ניוטון או אלברט איינשטיין לא היו נולדים, אנשים אחרים היו מחליפים אותם, אבל אף אחד לא יכול להחליף את האמנים גדולים.

מהי התכונה הנפוצה ביותר ב"שלוש התרבויות"? לדעתי, החיפוש אחר היופי. אנו מחפשים יופי בכל שלב של קיומנו, באמנות, במדע, בטכנולוגיה ובהנדסה. יופי שייך לקטגוריה פילוסופית אסתטית וקיימות לו הגדרות רבות. פילוסופים רבים, אנשי אמנות ומדענים דנו מה זה יופי. ישנם מחקרים רבים אודות יופי באמנות ובמדע, יופי של נשמה ואופי של אדם (כמתואר בספרות ובשירה) ומקומו בחיי אנשים. אולם לא נמצאו מחקרים על יופי בטכנולוגיה, בהנדסה ובתעשייה. ■

הכותב הוא יו"ר אגודת מהנדסי הבימיה והבימאים בלשכת המהנדסים, יו"ר לשכת המהנדסים חיפה והצפון, ומרצה בכיר במחלקה להנדסת מכונות והנדסת ביוטכנולוגיה במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה



# תואר ראשון ושני בהנדסה ובמדעים

PUBLICIS

## ”בוגר במדעים” (B.Sc.)

- הנדסת ביוטכנולוגיה ■ הנדסת מכונות
- הנדסת חשמל ואלקטרוניקה ■ הנדסת תכנה
- הנדסת תעשייה וניהול ■ מתמטיקה שימושית
- הנדסת מערכות מידע ■ הנדסה אופטית\*

## ”מוסמך במדעים” (M.Sc.)

- הנדסת מערכות
- ביוטכנולוגיה
- הנדסת תכנה
- הנדסת תעשייה וניהול\*

\*הענקת התואר מותנית באישור המל”ג

הבחירה של  
התעשייה



אורט בראודה  
המכללה האקדמית להנדסה



braude.ac.il | \*9099



# להגיע לתעשייה לפני כולם

PUBLICIS

הבחירה של  
התעשייה



אורט בראודה  
המכללה האקדמית להנדסה



braude.ac.il | \*9099