

שילוב עקרונות אימפקט, קיימות וכלכלה מעגלית בהכשרת מהנדסים בישראל

נייר עמדה

ד"ר יעקב (קובי) ענבר
ד"ר אביגדור זוננשיין
ד"ר לוי גוטליב
פורום חינוך מהנדסים

מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

04/26 | חינוך מהנדסים





שילוב עקרונות אימפקט, קיימות וכלכלה מעגלית בהכשרת מהנדסים בישראל

נייר עמדה

ד"ר יעקב (קובי) ענבר

ד"ר אביגדור זוננשיין

ד"ר לוי גוטליב

פורום חינוך מהנדסים

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.
הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר. ת ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

www.neaman.org.il

תוכן העניינים

3	1. תקציר מנהלים
4	2. רקע
5	3. עיקרי הדברים ומחשבות להמשך
5	3.1 הגדרת דמות המהנדס במאה ה-21 והכישורים הנדרשים
6	3.2 עקרונות הליבה של כלכלה מעגלית
6	3.3 קיימות בתכנון הנדסי כוללת שיקולים רחבים יותר כמו:
7	4. שילוב נושאי אימפקט, קיימות וכלכלה מעגלית בתוכניות הלימודים
7	4.1 עקרונות כלליים לתוכניות הלימודים החדשות בהנדסה
8	4.2 יתרונות הוראת כלכלה מעגלית וקיימות
9	5. סקירה השוואתית: מודלים לחינוך הנדסי, קיימות ואימפקט
9	5.1 המודל האקדמי בישראל
9	5.1.1 הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
10	5.1.2 אוניברסיטת בן-גוריון (בית הספר לקיימות ושינויי אקלים)
10	5.1.3 אוניברסיטת חיפה (יזמות ואימפקט חברתי)
10	5.1.4 אוניברסיטת תל-אביב
10	5.1.5 מודלים עסקיים וחברתיים להכשרה ואימפקט
11	5.2 מבט גלובלי: תוכניות נבחרות
11	5.3 נושאים נלווים לתהליכי הכשרה הוליסטית של מהנדסים
13	6. אתגרים ביישום קיימות וכלכלה מעגלית, בכלל, ובהכשרת מהנדסים בפרט
14	7. סיכום והמלצות להמשך עבודה
16	קישורים חיצוניים ורשימת מקורות
18	נספחים

1. תקציר מנהלים

רקע ומטרה: בעידן של משברי אקלים ושינויים גלובליים מואצים, תפקידו של המהנדס במאה ה-21 עובר טרנספורמציה. נייר עמדה זה, מטעם פורום חינוך מהנדסים במוסד שמואל נאמן, מבקש להתוות דרך לשילוב מושגי הליבה של קיימות, אימפקט וכלכלה מעגלית בתוכניות הלימודים להנדסה בישראל. המטרה היא להכשיר מהנדסים בעלי ראייה רב-ממדית, המסוגלים לתת מענה לאתגרים סביבתיים וחברתיים מורכבים מבלי להתפשר על מצוינות טכנולוגית.

עיקרי הדברים:

- **הגדרת דמות המהנדס החדש:** מעבר מפתרון בעיות נקודתי ("solving things right") להבנה מערכתית של השפעות הפתרון על הסביבה והחברה לאורך זמן ("solving the right things").
- **כלכלה מעגלית כעקרון הנדסי:** אימוץ מודלים של שימור ערך מרבי של חומרים ומוצרים - תיקון, שימוש חוזר וייצור מחדש כחלק מליבת התכנון ההנדסי.
- **צורך אסטרטגי:** הבטחת התחרותיות של התעשייה הישראלית אל מול רגולציה סביבתית גלובלית מחמירה.
- **עקרונות פעולה מרכזיים:** גישה רב-תחומית: קיימות - כ"חוט שזור (Thread)" לאורך כל שנות ההכשרה, ולא רק כקורס בחירה מבודד.
- **למידה מבוססת פרויקטים (Project Based Learning; PBL):** התנסות מעשית בפתרון בעיות מהעולם האמתי, בשיתוף התעשייה.
- **משיכת כישרונות:** משמעות וערכים ככלי למשיכת הון אנושי איכותי למקצועות ההנדסה.

קריאה לפעולה ופתרון יישומי: נייר עמדה זה אינו מסתפק בהצבעה על הצורך בשינוי, אלא קורא לפעולה מיידית של המוסדות האקדמיים להכשרת מהנדסים בישראל. כצעד מעשי ראשון ליישום, המסמך מציע פתרון קונקרטי בדמות הצעה לסילבוס עדכני ומפורט, המותאם לצרכי השעה ושילובו בתוכניות הלימודים הקיימות. הסילבוס המוצע מצורף לנייר העמדה כנספח מס' 1, נועד לשמש כבסיס ליישום מהיר ויעיל בתוך הפקולטות והמחלקות השונות.

לסיכום: על המוסדות להשכלה גבוהה להוביל את השינוי וליצוק ערכי קיימות, כלכלה מעגלית והיבטים חברתיים לתוך ה-DNA של המהנדס הישראלי. **הטמעת ההמלצות של נייר עמדה זה היא הכרח המציאות** לשם שימור מעמדו של המהנדס ומעמדה של ישראל כ"אומת החדשנות" בעולם המשתנה.

2. רקע

המהנדס במאה ה-21 נדרש להתמודד עם אתגרים גלובליים מורכבים כגון שינויי אקלים, דלדול משאבים, זיהום הסביבה ואי-שוויון חברתי. לאור זאת, עולה חשיבות השילוב של נושאי אימפקט חברתי-סביבתי, קיימות וכלכלה מעגלית בתוכניות הלימודים ההנדסיות.

נייר עמדה זה מסכם דיונים ומחקרים שנערכו בפורום חינוך מהנדסים ונועד להציג המלצות אופרטיביות לשילוב יעיל של נושאים אלו בהכשרת וחינוך המהנדס הישראלי, תוך התייחסות למודלים קיימים בארץ ובעולם, וכן לאתגרים וההזדמנויות הייחודיים לישראל. שילוב הכלכלה המעגלית מכוון לצייד מהנדסים עתידיים בידע, כלים ובכישורים לתכנן מוצרים, תהליכים ומערכות הממזערים בזבז, ממקסמים את יעילות ניצול המשאבים ומחדשים מערכות טבעיות. לצורך הדיון כאן, המושג "אימפקט" (Impact) כשהוא מתורגם לשפה מעשית ופרקטית, אינו רק "השפעה" כללית, אלא שינוי משמעותי, מכוון ומדיד שנוצר כתוצאה מפעולה או ממיזם על אנשים או על הסביבה. בעולם ההנדסה והקיימות המודרניים, אימפקט הוא "המצפן החדש": הוא עובר מהגישה הישנה של "אל תזיק" (Do No Harm) לגישה אקטיבית של "צור ערך חיובי" (Create Positive Value).

בהקשר של חינוך והכשרת מהנדסים המושג הופך לקריטי במיוחד, שכן מהנדסים הם "המעצבים" של התשתיות והטכנולוגיות של המחר. אימפקט בהכשרה אקדמית מוגדר כך:

- **אחריות על מחזור החיים:** (Life Cycle Thinking) הכשרת המהנדס לא להסתכל רק על "האם המכשיר עובד", אלא מה קורה איתו מרגע כריית חומרי הגלם ועד שהוא הופך לפסולת. מהנדס עם "תודעת אימפקט" מתכנן מוצרים שניתנים לתיקון, למחזור או לשימוש חוזר (כלכלה מעגלית).
- **למידה משמעותית:** (Significant Learning) מעבר מהקניית ידע טכני בלבד (יכולת חישוב) לפיתוח זהות מקצועית איתת. המהנדס מבין שהחלטות שלו (בבחירת חומרים, באלגוריתמים של AI או בבניית תשתיות) משפיעות על החברה והסביבה (על אי-שוויון חברתי, משבר האקלים וכד').

נייר זה הוא התוצאה של דיונים שנערכו בפורום לחינוך מהנדסים במוסד נאמן (חלקם בשיתוף המועצה הלאומית למו"פ - מולמו"פ). בעוד שהמולמו"פ עוסק בהשפעות המדע והטכנולוגיה על החברה והסביבה בכלל, פורום חינוך מהנדסים עוסק בהכללת היבטי חברה, סביבה וקיימות בחינוך מהנדסים.

בין השנים 2022 ל-2024, נערכו שלושה מפגשים בנושאים אלו*: המפגש הראשון עסק במבוא והצגה של הנושא לכלל חברי הפורום וכלל גם דיונים בשולחנות עגולים. המפגש השני (שהיה משותף למועצה הלאומית למו"פ והפורום לחינוך מהנדסים) עסק בנושא האימפקט בארגונים פיננסיים ובקפיטליזם קשוב עם דגש על היחסים ההדדיים בין הנדסה וחברה, וכיצד יחסים אלו יכולים להשפיע על התכנים והיזמות בחינוך מהנדסים. המפגש השלישי עסק בנושא חינוך מהנדסים לקיימות עם אימפקט בהיבט של תאגידים גלובליים.

* סיכומי המפגשים מצורפים כנספחים למסמך זה.

3. עיקרי הדברים ומחשבות להמשך

3.1 הגדרת דמות המהנדס במאה ה-21 והכישורים הנדרשים

- **מעבר מפתרון בעיות טכני לפתרון בעיות הוליסטי:** ההכשרה ההנדסית צריכה לשלב הבנה עמוקה של ההשלכות החברתיות והסביבתיות של פתרונות טכנולוגיים, תוך התייחסות לעקרונות הכלכלה המעגלית. יש להכשיר מהנדסים לא רק לפתור בעיות, אלא גם להגדיר בעיות באופן רחב יותר, תוך התחשבות במערכות מורכבות ובינתחומיות. ההבנה ש"הכל קשור בהכל" היא קריטית, ומהנדסים לא תמיד ערים להקשרים בין המערכות השונות. יש צורך, לפיכך, ביישום חשיבה מערכתית¹ ובמנהיגות הנדסית² רלוונטית ומעודכנת.
- **מודעות וערכים (דור ה-Z):** לסטודנטים בני דור ה-Z יש מודעות גבוהה לנושאי סביבה, חברה וכלכלה מעגלית. תוכניות הלימודים צריכות לספק תשתית שתענה על מאווייהם ותאפשר להם לשלב את הערכים הללו בהכשרה ובקריירה המקצועית שלהם. עובדים צעירים רואים חשיבות רבה לעבודה בחברות המשקפות ערכים אילו.
- **כישורי אימפקט:** יש להקנות לסטודנטים מיומנויות ספציפיות הנדרשות לפעילות אימפקט, כגון חשיבה מערכתית, חשיבה ביקורתית, עבודת צוות רב-תחומית, יזמות חברתית-סביבתית, ומדידת אימפקט. סר רונלד כהן בספר שכתב בנושא אימפקט (כהן, 2022) מציין כי מדידת השפעות של יוזמות-משבשות במגוון תחומים צריכה לשאוף הן לאופטימיזציה של סיכונים והן של אימפקט (ההשפעה החיובית) על החברה והסביבה.
- **מנהיגות ומיומנויות חיוניות ("רכות"):** נדרשת מנהיגות אחרת בעולם המשתנה, עם חשיבה גמישה ויכולת הסתגלות לאי-וודאות עסקית גבוהה יותר. הדרישה היא לא רק לאינטליגנציה מערכתית ואנליטית, אלא גם לאינטליגנציה רגשית, תקשורת יעילה עם עמיתים ועבודה בצוותים רב-תחומיים. על מהנדסים ללמוד את נושאי האימפקט גם אם אין עדיין נוסחה כמותית מדויקת.

¹ בלכמן, א', זוננשיין, א', קורל-קורדובה, ס', ניסל-מילר, ע', ורייך, י' (2024). הקניית כישורי חשיבה מערכתית בחינוך הנדסי ומדעי. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/teaching-systems-thinking-skills-in-engineering-and-scientific-education>

² בנטור, א', זוננשיין, א', ובלכמן, א' (2025). מנהיגות הנדסית: מיומנויות וכישורים. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/engineering-leadership-skills-and-competencies>

3.2 עקרונות הליבה של כלכלה מעגלית³

- **ביטול פסולת וזיהום:** תכנון מוצרים, חומרים ותשתיות באופן שיחזרו למעגל הכלכלי לאחר השימוש, ובכך למנוע היווצרות פסולת מלכתחילה. הדבר חורג ממחזור גרידא, ומתמקד במניעת פסולת במקור לפי מדרג (Reduce; Reuse; Recycle; Dispose) שימוש ויישום כלי Life Cycle Assessment (LCA).
- **שימור מוצרים וחומרים בערכם המרבי:** עיקרון זה מתמקד בהארכת חיי המוצר ושימור התועלת שבו באמצעות תחזוקה, שימוש חוזר, תיקון ושיפוץ של מוצרים ורכיבים. רק כאשר לא ניתן עוד להשתמש במוצר כפי שהוא, יפורקו רכיביו לטובת ייצור מחדש (Remanufacturing) ורק כמוצא אחרון יופנו חומרי הגלם למחזור.
- **חידוש הטבע ושיקום אקולוגי:** מתייחס לפעולות יזומות שנועדו להחזיר מערכות אקולוגיות פגועות למצבן הטבעי או קרוב אליו ולשפר את בריאותן ותפקודן. מדובר בתהליך ארוך טווח, מורכב ורב-ממדי, שמטרתו להשיב את המגוון הביולוגי, תהליכים טבעיים וכן את יכולת הטבע לספק תנאי סביבה חיוניים לבני האדם (כגון מים נקיים, אוויר צח, פוריות קרקע ועוד). במילים אחרות, במקום "רק לשמר את מה שקיים", "חידוש הטבע" הולך צעד קדימה ומנסה לתקן נזקים שכבר נגרמו, בין אם כתוצאה מפעילות אנושית (כמו זיהום, כריתת יערות, פיתוח מואץ) או כתוצאה מאסונות טבע. התמקדות בשיפור סביבות טבעיות ובניית מגוון ביולוגי, אימוץ שיטות התחדשות המחקות את אופן הפעולה של מערכות טבעיות (שבהן אין פסולת).
 - דוגמאות בולטות לחידוש הטבע:
 - החזרת מינים בסכנת הכחדה לטבע
 - ייעור ושיקום יערות
 - שיקום נחלים ומקווי מים
 - ניהול קרקע וחקלאות בת קיימא – Regenerative Agriculture
 - שיקום ושחזור צמחיה טבעית בפרויקטים של תשתית

3.3 קיימות בתכנון הנדסי כוללת שיקולים רחבים יותר כמו:

- **יעילות:** אופטימיזציה של שימוש במשאבים (חומרים, אנרגיה, מים).
 - **חוסן:** תכנון מערכות שיכולות לעמוד בתנאים משתנים ולהסתגל אליהם.
 - **אריכות ימים:** יצירת פתרונות עמידים עם אורך חיים מוארך.
 - **חשיבת מחזור חיים:** התחשבות בהשפעות הסביבתיות והחברתיות של מוצר או מערכת, החל מהפקת חומרי גלם ועד סוף חייהם.
- שוויון חברתי וחוסן כלכלי:** הבטחה שתכנונים תורמים לחברה צודקת וכלכלה איתנה.

³ The Circular Economy | Definition & Model Explained | Ellen MacArthur Foundation

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

4. שילוב נושאי אימפקט, קיימות וכלכלה מעגלית בתוכניות הלימודים

4.1 עקרונות כלליים לתוכניות הלימודים החדשות בהנדסה

- קורסי ליבה וקורסי בחירה:
- **קורסים חוצי דיסציפלינות:** הוצע לפתח קורס או מקבץ קורסים חוצי דיסציפלינות, שיחברו בין הכשרה לפתרון בעיות להכשרה אקדמית-מחקרית, ויקנו משמעות רחבה יותר להגדרת המהנדס. קורסים אלו צריכים לשלב אספקטים הנדסיים, חברתיים וכלכלה מעגלית. נכון יהיה להכניס נושאי אימפקט לכל הקורסים.
- **הטמעה ב-DNA של ההכשרה ההנדסית:** נושאי קיימות, אימפקט וכלכלה מעגלית אינם צריכים לבוא על חשבון החומר הנלמד, אלא להפוך לחלק אינטגרלי מה-DNA של ההכשרה ההנדסית. כלומר, להשתלב בקורסי ההכשרה והפרויקטים הנהוגים בדיסציפלינות השונות.
- אסטרטגיות שילוב ספציפיות:
- **אסטרטגיות "עיצוב עבור R (Design for R):"** ללמד ולהכשיר את הסטודנטים כיצד לתכנן לשימוש חוזר, תיקון, ייצור מחדש ומיחזור. זה כרוך בהבנת האופן שבו בחירת חומרים, ארכיטקטורת מוצר ושיטות חיבור משפיעות על מעגליות המוצר.
- **תכנון מחזור חיים (Life-Cycle Design):** שילוב כלים ומתודולוגיות הערכת מחזור חיים (LCA) ולהערכת ההשפעות הסביבתיות של תכנונים הנדסיים לאורך כל מחזור חייהם.
- **למידה מבוססת פרויקטים (PBL):** שיטה יעילה ביותר שבה סטודנטים עובדים על בעיות מהעולם האמיתי עם התמקדות בקיימות או כלכלה מעגלית. גישה המטפחת חשיבה ביקורתית, פתרון בעיות, שיתוף פעולה ולמידה עמוקה יותר.
- **מקרי בוחן (Case Studies):** ניתוח דוגמאות מהעולם האמיתי של תכנונים מעגליים מוצלחים ופרויקטים הנדסיים בני קיימא (למשל, מבנים מחומרים ממוחזרים, מוצרים המתוכננים לפירוק קל). זה עוזר לסטודנטים להבין יישומים ואתגרים מעשיים. דוגמה לכך היא מקרה בוחן של הערכת אימפקט של כניסת ושימוש בקורקינטים חשמליים, שהציג אימפקט סביבתי וחברתי שלילי.
- **גישות בינתחומיות:** הכרה בכך שכלכלה מעגלית וקיימות דורשות שיתוף פעולה בין דיסציפלינות הנדסיות (חומרים, תעשייה וניהול, מכונות, חשמל ואלקטרוניקה) ועם תחומים אחרים כמו מנהל עסקים, מדיניות ציבורית ומדעי החברה.
- **עיצוב מחדש של קורסים מסורתיים:** שינוי קורסים קיימים כדי לשלב עקרונות כלכלה מעגלית ופרויקטי אימפקט, במקום רק הוספת מודולים נפרדים. גישת הוליסטית זו מבטיחה שקיימות שזורה באופן הדוק בעקרונות הליבה ההנדסיים.
- **דגש על חשיבה מערכתית:** עידוד מהנדסים להתייחס למערכת השלמה שבה פועל מוצר או תהליך, משרשרת האספקה ועד דפוסי הצריכה וניהול סוף החיים.

פרויקטים: שילוב מרכיבי קיימות, אימפקט וכלכלה מעגלית בפרויקטי סטודנטים, תוך חשיפה להיבטים טכנולוגיים וחברתיים. יש להבחין בין פרויקטים חינוכיים למטרות חשיפה, לבין פיתוח מיזמים עסקיים מהאקדמיה.

4.2 יתרונות הוראת כלכלה מעגלית וקיימות⁴

- **מענה לאתגרים גלובליים:** מצייד מהנדסים בכלים הנדסיים ומערכתיים לטיפול בסוגיות בוערות.
- **חדשנות ויצירת ערך:** מטפח חשיבה חדשנית, המובילה למוצרים, שירותים ומודלים עסקיים חדשים היוצרים ערך כלכלי תוך הפחתת ההשפעה הסביבתית.
- **הפחתת תלות בחומרי גלם:** על ידי קידום שימוש חוזר ומיחזור, מפחית את התלות במשאבים בתוליים סופיים וממתן סיכונים הקשורים לשיבושי שרשרת האספקה ותנודתיות מחירים.
- **אחריות אתית:** מהנדסים מיומנים בעקרונות כלכלה מעגלית המיישמים עקרונות אילו צפויים להיות בעלי תחושת אחריות אתית המביאים בחשבון את ההשפעות החברתיות והסביבתיות של תכנוניהם.
- **תרומה ליעדי ה-SDG:** חלק ממערך יעדי הפיתוח בר-קיימא של האו"ם על ידי קידום צריכה וייצור אחראיים, ערים בנות קיימא ופעולה אקלימית. אלו, נדרשים ומיושמים יותר ויותר ע"י חברות עסקיות, ברמה הגלובלית.
- **שיפור יכולת התעסוקה:** בוגרים בעלי מומחיות בכלכלה מעגלית וקיימות מבוקשים יותר ויותר על ידי תעשיות המבקשות לעבור לשיטות עבודה בנות קיימא המושתתות על כלכלה מעגלית ועקרונות של קיימות.

⁴ [The Circular Economy | Definition & Model Explained | Ellen MacArthur Foundation](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/)
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

5. סקירה השוואתית: מודלים לחינוך הנדסי, קיימות ואימפקט

5.1 המודל האקדמי בישראל

5.1.1 הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הטכניון מפעיל מודל המשלב הכשרות רוחביות במרכז לקיימות לצד מסלולים ייעודיים בפקולטות השונות.

- הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית
 - **תואר ראשון:** מסלולי הנדסת סביבה (צמצום זיהום), הנדסת מים (הידרולוגיה) והנדסת תחבורה (סביבה בת-קיימא).
 - **תארים מתקדמים (מחקרי/יישומי):** התמחויות במחזור וטיפול בפסולת, השבת שפכים לחקלאות, אנרגיה מתחדשת וניהול מערכות אקולוגיות.
- הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים
 - **תוכניות הכשרה:** אדריכלות בת-קיימא, אדריכלות נוף, שימור מבנים ואתרים, ועיצוב עירוני ירוק.
- הפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון
 - **מסלולים ייעודיים:** הנדסת סביבה (בשיתוף הנדסה אזרחית וכימית) ומסלול לחדשנות וקיימות בהנדסת מזון.
- הפקולטה להנדסה כימית
 - **תואר ראשון:** מגמה לטכנולוגיות סביבתיות.
- תוכניות ומרכזים בינתחומיים
 - **תוכנית האנרגיה ע"ש גרנד :** (Grand Technion Energy Program - GTEP) הכשרה רב-תחומית לתארים מתקדמים באנרגיה.
 - **תוכנית מנהיגות ורב-תחומיות:** קורסים במנהיגות הנדסית, אתיקה וחשיבה מערכתית לקידום נושאי חברה וסביבה.

5.1.2 אוניברסיטת בן-גוריון (בית הספר לקיימות ושינויי אקלים)

הלימודים מבוססים על מודל של "חטיבות" (ולא לפי מחלקות ספציפיות) המאפשרות שילוב ידע סביבתי בתארים שונים.

- **תואר ראשון (חטיבות):**
 - חטיבת סביבה במדיניות וניהול ציבורי (כלכלה וסביבה).
 - חטיבת סביבה בקיימות (יחסי חברה-סביבה).
- **תואר שני:** הנדסה סביבתית בדגש על בנייה מקיימת ובקרת זיהומים.

5.1.3 אוניברסיטת חיפה (יזמות ואימפקט חברתי)

התמחות במודלים של יזמות ככלי לשינוי סביבתי וחברתי.

- **מסגרת הלימודים:** קורסי יזמות ירוקה ב-MBA, קורסי השקעות אימפקט ומימון מיזמים חברתיים.
- **קורס דגל:** יזמות ל- NGO-התנסות מעשית בפתרון בעיות קיימות (הקורס לא נלמד בשנים האחרונות)

5.1.4 אוניברסיטת תל-אביב

- **תכנית משולבת:** תואר כפול בהנדסה מכנית ומדעי כדור הארץ.
- **תחומי ליבה:** אקולוגיה תעשייתית והנדסה בת-קיימא.

5.1.5 מודלים עסקיים וחברתיים להכשרה ואימפקט

מודלים אלו מציעים דרכים חלופיות למימון, הכשרה ומדידת השפעה חברתית.

- **מודל Master-School:** הכשרה מבוססת תעסוקה – הלומדים משלמים על ההכשרה רק לאחר השתלבות במקום עבודה רלוונטי.
- **אג"ח חברתיות (SFI - Social Fund Israel):** מודל למימון פרויקטים חברתיים (כגון מניעת נשירה מלימודים) באמצעות משקיעים פרטיים, כאשר החזר ההשקעה מבוסס על הצלחה במדידת האימפקט.
- **מרכזי אימפקט באקדמיה:** פיתוח אקוסיסטם המגדיר "תיאוריית שינוי" ומדידת השפעה חברתית-סביבתית כחלק מתהליך ההכשרה.

5.2 מבט גלובלי: תוכניות נבחרות⁵

מוסד / ארגון	תכנית / מודל	מיקוד הנדסי-חברתי
TU Delft (הולנד)	Engineering Design for a Circular Economy	תכנון הנדסי למעגליות והערכת מחזור חיים.
Brunel University (לונדון)	MSc Design for Sustainability	שימוש בתכן הנדסי לטיפול קיימות חברתית וכלכלית.
ASU-Arizona State University (ארה"ב)	Effective Planning and Instruction for Project-based Learning למידה מבוססת פרויקטים	שילוב עקרונות קיימות דרך פתרון אתגרים מהעולם האמיתי.
Harvard University (ארה"ב)	ENCE 10 – interdisciplinary concentration Energy, Climate and Environment program תחום התמחות בין-תחומי חדש בשם "אנרגיה, אקלים וסביבה" המאחד סטודנטים מתחומי המדעים, הנדסה, מדעי החברה ומדעי הרוח כדי ללמוד סוגיות הקשורות לאקלים.	צוותי למידה ועבודה רב תחומיים של סטודנטים להנדסה וסטודנטים ממדעי הרוח, החברה ומדעים במטרה להציע פתרונות לבעיות מורכבות בתחום שינויי אקלים.
Engineering for One Planet	יוזמה אסטרטגית של Lemelson Foundation בשיתוף עם VentureWell	הטמעת קיימות כליבה בחינוך הנדסי הגלובלי.

5.3 נושאים נלווים לתהליכי הכשרה הוליסטית של מהנדסים

- **התנסות מעשית (Internship):** בחינת מודל של התנסות בחברות אימפקט ובחברות המיישמות עקרונות כלכלה מעגלית במהלך הלימודים, כדי שהסטודנטים ייחשפו ליישום מעשי של פתרונות לאתגרי

⁵ גוטליב, ל', ענבר, י', וזוננשיין, א' (2026). שילוב עקרונות קיימות בחינוך מהנדסים. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/integration-of-sustainability-principles-in-engine>

העולם וילמדו כיצד להשתמש ביכולותיהם לפיתוח מוצרים טכנולוגיים בארגונים בעלי מודעות לאימפקט החברתי וסביבתי שלהם. (גוטליב, 2023)

▪ **הכשרת סגל אקדמי ומנהלים:** הכשרה והעמקה של הידע והמיומנויות של הסגל האקדמי בנושאי קיימות, אימפקט וכלכלה מעגלית, כך שיוכלו לשלבם באופן אינטגרלי בקורסים השונים. נכון ליצור מוטיבציה פנימית אצל חברי הסגל וההנהלות לקידום קיימות וכלכלה מעגלית.

▪ **הגדרת מדדי אימפקט ומדידה:**⁶ יש צורך בפיתוח מתודולוגיה סדורה להגדרת אימפקט ומדידתו בהקשר של הפעילות האקדמית וחינוכית, שתאפשר הערכה של "מדד ההשפעה" האמיתי של תוכניות אילו. למשל, לפי מספר הבוגרים שמשתלבים במיזמי Impact-Tech מקימים סטארט-אפים שפותרים בעיות חברתיות וסביבתיות עולמיות, או מובילים שינויים סביבתיים בתוך ארגונים קיימים (Intrapreneurship).

הונלד כהן (כהן 2022) מצייין כי ניתן למדוד אימפקט של אוניברסיטאות על ידי מדידת הערך המוסף שהן מעניקות לאוכלוסיות מודרות, באמצעות יצירת מוביליות חברתית להשתכרות גבוהה יותר. האיחוד האירופי שואף לקבוע שלכל השקעה יוצג האימפקט החברתי והסביבתי בנוסף לכלכלי. חשוב להבחין בין ESG (Environmental, Social, Governance) ככלי טכני לניהול סיכונים, לבין אימפקט וקפיטליזם קשוב כתפיסת עולם רחבה יותר.

⁶נספח מס'. 2 – סיכום מפגש פורום חינוך מהנדסים מספר 27 - חינוך מהנדסים לקיימות עם אימפקט – 29.07.2024

6. אתגרים ביישום קיימות וכלכלה מעגלית, בכלל, ובהכשרת מהנדסים בפרט

- **היקף התעשייה הביטחונית בישראל:** נדונה השאלה האם היקפה הגדול של התעשייה הביטחונית בישראל מקהה את החושים לגבי פתיחות לנושאי אימפקט חברתי וסביבתי. הושמעו דעות לכאן ולכאן, תוך הדגשה של הצורך הקיומי בנושא, לחברה בישראל מחד גיסא, ומאידך גיסא, ייצוא ביטחוני "מפוקח" אמנם, אולם עדיין מאפשר למדינות מפוקפקות בהם שיקולים כגון זה לא קיימים. חשוב להדגיש את החיוניות של הפן החיובי של פיתוחים טכנולוגיים גם בהקשרים ביטחוניים, אך גם את הצורך להרחיב את המבט לאתגרים חברתיים, סביבתיים ואתגרי כלכלה מעגלית אזרחיים.
- **ציניות כלפי נושאי קיימות וסביבה:** חלק מציבור המנהלים, המשקיעים והעובדים מתייחסים לפעילים בתחומי סביבה וקיימות כ"מחבקי עצים" שצריך לקחת את רצינותם בערבון מוגבל. לכן ההשקעה בנושא צריכה להיות מלווה בטיעונים אמיתיים מבוססי נתונים.
- **צפיפות תוכניות הלימודים:** תוכניות הלימודים צפופות ומלחיצות. הפתרון אינו הוספת קורסים כברירת מחדל, אלא שילוב נושאים אלה בתוך הקורסים הקיימים ופיתוח קורסים ייעודיים חוצי דיסציפלינות המשלבים את עקרונות הכלכלה המעגלית.
- **קשר עם התעשייה:** הקשר עם התעשייה במהלך הלימודים יכול לשמש כמנוף לקידום חשיבת אימפקט וכלכלה מעגלית. חברות צריכות לשקול לגוון את הפורטפוליו שלהן כדי לשפר את מדדי האימפקט של היבטי קיימות וכלכלה מעגלית. סר רונלד כהן (כהן, 2022) מציין כי קשה להשיג השקעות לחברות מזהמות, וכי חברת טסלה מצליחה חלקית בזכות שיבוש ההיבט הסביבתי. בגוגל קיימת תרבות ארגונית תומכת בהשקעה באימפקט.⁶
- **רגולציה וקפיטליזם קשוב:** מולי אדן טוען כי אם מעוניינים בהשפעות סביבתיות וחברתיות, צריך להנהיג רגולציה מתאימה. סר רונלד כהן (כהן, 2022) משיב כי רגולציה מתחילה במדידה ושקיפות של השקעות ופעילויות. צבי סטפק דן בעוולות הקפיטליזם כיום, כמו נצלנות ואי שוויון, ומציע מודל של "קפיטליזם קשוב" הכולל ייעוד עסקי קשוב, מנהיגות קשובה, תרבות ארגונית קשובה ושותפות קשובה עם בעלי העניין. לדבריו, חברות הקשובות לעקרונות אלו מצליחות יותר.

7. סיכום והמלצות להמשך עבודה

בפורום חינוך מהנדסים, עלינו להמשיך ולעסוק בדרכים להטמיע אימפקט כמתודולוגיית למידה:

- **Human-Centered Design (HCD):** שילוב מדעי הרוח והחברה בתוך עבודת התכנון ההנדסי. הבנת המשתמש לא רק כ"לקוח", אלא כחלק ממערכת חברתית.
- **אתיקה הנדסית יישומית:** מעבר לדיון תיאורטי באתיקה, הטמעת קבלת החלטות אתית בפיתוח אלגוריתמים (למשל, מניעת הטיות ב-AI) או בבחירת חומרים גלם ותהליכי ייצור.
- **למידה מבוססת שירות/קהילה:** (Service Learning) פרויקטי גמר שמתבצעים מול צרכים אמיתיים של החברה או הסביבה, המאפשרים לסטודנט לראות את ה"אימפקט" של עבודתו בשטח כבר במהלך הלימודים.

מדוע זה קריטי?

השיח בפורום חינוך מהנדסים עוסק במדיניות לאומית ובמצוינות. אימפקט הוא המפתח לשני אלו:

משיכת כשרונות: דור ה-Z וה-Alpha מחפשים משמעות. חינוך הנדסי המדגיש אימפקט ימשוך סטודנטים איכותיים שרוצים "לתקן את העולם" דרך טכנולוגיה.

תחרותיות גלובלית: התעשייה העולמית עוברת לסטנדרטים של ESG (Environmental, Social, and Governance). מהנדס שאינו שולט בשפת האימפקט יהיה פחות רלוונטי בשוק העבודה הבינלאומי.

חוסן לאומי: הכשרת מהנדסים המסוגלים לפתור את בעיות התשתית, המים, האנרגיה והחברה של ישראל מתוך ראייה ארוכת טווח.

עלינו להגדיר את המהנדס הישראלי החדש לא רק כ"מומחה טכני", אלא כ"אדריכל של אימפקט". חינוך מהנדסים במוסדות להשכלה גבוהה בישראל חייב להפוך את מושג האימפקט מחזון מופשט לכלי עבודה פרקטי, המוטמע בסטנדרטים המקצועיים של מקצוע המהנדס.

המפגשים שנערכו בפורום חינוך מהנדסים בנושא קיימות ואימפקט יצרו מודעות בקרב המשתתפים לחשיבות חינוך מהנדסים להיבטי קיימות עם אימפקט. על בסיס הדיונים והמחקרים שהוצגו, צוות המומחים ממליץ על הצעדים הבאים:

1. **פיתוח מודל הכשרה משולב:** גיבוש מודל הכשרה מקיף ואינטגרטיבי, שישלב קורסי ליבה, קורסי בחירה, ופרויקטים יישומיים, תוך התייחסות לכישורים הנדרשים למהנדס עם חשיבת אימפקט וכלכלה מעגלית. המודל צריך להתבסס על גישה רב-תחומית הכוללת הנדסה, חוק ומשפט, התנהגות משתמשים, משאבים טבעיים ופילוסופיה.

2. **פיילוט לקורס חוצה מוסדות/דיסציפלינות⁷**: בחינת האפשרות לפתח ולהפעיל קורס פיילוט בנושא "הנדסה, חברה, קיימות וכלכלה מעגלית" שיוצע לסטודנטים ממספר מוסדות אקדמיים. יש ללמד הנדסה חיובית הכוללת שאלת שאלות, התמקדות בבעיות, אתגור הקיים והתמקדות באימפקט. נספח מס. 1 למסמך זה מציע מתווה לקורס תכנון הנדסי בר-קיימא וכלכלה מעגלית בדיסציפלינות ההנדסיות השונות.
3. **גיבוש תכנית התנסות (Internship) בחברות אימפקט וכלכלה מעגלית**: יצירת מנגנון לחיבור סטודנטים לחברות הפועלות בתחום האימפקט והכלכלה המעגלית, לצורך התנסות מעשית ולמידה מתוך עשייה.
4. **הכשרת סגל**: פיתוח תוכניות הכשרה וסדנאות לסגל האקדמי, במטרה להעמיק את הבנתם בנושאי קיימות, אימפקט וכלכלה מעגלית ולאפשר להם לשלבם באופן אפקטיבי בתוכניות הלימודים.
5. **הגדרת מדדי הצלחה**: פיתוח מתודולוגיה ברורה להגדרת ומדידת אימפקט של תוכניות לימוד ופרויקטים, במטרה לאפשר הערכה מתמדת ושיפור.
6. **המשך שיתוף פעולה עם התעשייה**: חיזוק הקשר ושיתוף הפעולה בין האקדמיה לתעשייה, במטרה ליצור סינרגיה בין הצרכים של התעשייה ליכולות האקדמיה בהכשרת דור המהנדסים הבא.
7. **בחינת המודל של קפיטליזם קשוב**: שילוב עקרונות הקפיטליזם הקשוב בתוכניות הלימודים, תוך דגש על ייעוד עסקי, מנהיגות ותרבות ארגונית שמתחשבת ומאזנת בין האינטרסים של כלל מחזיקי העניין – Stakeholders בארגון ולא רק בבעלי המניות - Stockholders.
8. **AI⁸**: שילוב היבטי בינה מלאכותית בהקשרי קיימות וסביבה, והכשרת מהנדסים בכוונים אלו. כיצד? יישום המלצות אלו יתרום משמעותית להכשרת דור חדש של מהנדסים בישראל, אשר יהיו מצוידים בידע, במיומנויות ובמודעות הנדרשת להתמודדות עם אתגרי המאה ה-21 וליצירת אימפקט חיובי על החברה והסביבה באמצעות עקרונות הקיימות והכלכלה המעגלית. הגישה הרב-תחומית והדגש על חשיבה מערכתית ומנהיגות יהיו אבני יסוד בהכשרה זו.

⁷ נספח מס. 1 - מתווה מוצע לסילבוס לקורס: תכנון הנדסי בר-קיימא וכלכלה מעגלית

⁸ שיון, א', שורץ, ח', וזונשיין, א' (2026). שילוב ישומי בינה מלאכותית בהנדסה ובהנדסת מערכות. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/ai-integration-in-engineering-and-systems-engineer>

קישורים חיצוניים ורשימת מקורות

1. בלכמן, א', זוננשיין, א', קורל-קורדובה, ס', ניסל-מילר, ע', ורייך, י' (2024). הקניית כישורי חשיבה מערכתית בחינוך הנדסי ומדעי. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/teaching-systems-thinking-skills-in-engineering-and-scientific-education>

2. בנטור, א', זוננשיין, א', ובלכמן, א' (2025). מנהיגות הנדסית: מיומנויות וכישורים. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/engineering-leadership-skills-and-competencies>

3. גוטליב, ל', ענבר, י', וזוננשיין, א' (2026). שילוב עקרונות קיימות בחינוך מהנדסים. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/integration-of-sustainability-principles-in-engine/>

4. גוטליב, ל' (2023). אחריות תאגידית של סקטורים בעלי השפעה סביבתית מוגברת בישראל – מאחריות תאגידית לערך ההשפעה. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/corporate-responsibility-of-industrial-sectors-with-enhanced-environmental-impact-in-israel/>

5. כהן, ר' (2022). אימפקט: לעצב מחדש את הקפיטליזם- רווח כלכלי לצד רווח חברתי וסביבתי. מטר

6. שיון, א', שורץ, ח', וזוננשיין, א' (2026). שילוב ישומי בינה מלאכותית בהנדסה ובהנדסת מערכות. מוסד שמואל נאמן.

<https://www.neaman.org.il/ai-integration-in-engineering-and-systems-engineer>

7. Arizona State University - PowerUp H: Effective Planning and Instruction for Project-based Learning

<https://educatorhub.asu.edu/catalog/effective-planning-instruction-project-based-learning>

8. Brunel University of London - MSc Design for Sustainability

<https://www.brunel.ac.uk/study/courses/design-for-sustainability-and-circular-economy-msc>

9. Engineering for One Planet

[/https://engineeringforoneplanet.org](https://engineeringforoneplanet.org)

10. Harvard University - ENCE 10 – interdisciplinary concentration “Energy, Climate and Environment” program

<https://beta.my.harvard.edu/course/ENCE10/2026-Spring/01>

[/https://www.thecrimson.com/article/2026/2/11/new-ence-concentration](https://www.thecrimson.com/article/2026/2/11/new-ence-concentration)

11. Sustainable Design from Vision to Action, edited by Jeremy Faludi, Routledge, 2025

12. The Circular Economy | Definition & Model Explained | Ellen MacArthur Foundation

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

13. The Routledge Handbook of Global Sustainability Education and Thinking for the 21st Century, edited by Michele John, Routledge India, 2025

14. TU Delft - Engineering Design for a Circular Economy

[/https://learningforlife.tudelft.nl/engineering-design-for-a-circular-economy](https://learningforlife.tudelft.nl/engineering-design-for-a-circular-economy)

נספח מס. 1: מתווה מוצע לסילבוס לקורס: תכנון הנדסי בר-קיימא וכלכלה מעגלית

להלן סילבוס לדוגמה לקורס תכנון הנדסי, המשלב נושאי קיימות וכלכלה מעגלית, וניתן להתאמה לתחומי הנדסה שונים:

תיאור הקורס:

קורס זה נועד להקנות לסטודנטים את הידע והכלים לתכנון הנדסי הוליסטי, תוך שילוב עקרונות קיימות וכלכלה מעגלית בכל שלבי תהליך התכנון. הקורס יתמקד בפיתוח פתרונות חדשניים, יעילים ובעלי השפעה סביבתית וחברתית חיובית.

מטרות הקורס:

- להבין את עקרונות התכנון ההנדסי המודרני.
- להכיר את המושגים המרכזיים בקיימות וכלכלה מעגלית.
- ליישם כלים ושיטות להערכת מחזור חיים (LCA) ולתכנון אקולוגי.
- לפתח מיומנויות בתכנון מערכות, מוצרים ותהליכים תוך התחשבות במרחב הסביבתי, החברתי והכלכלי.
- לעבוד בצוות על פרויקט תכנון מעשי.

נושאי הקורס:

מבוא לתכנון הנדסי:

- הגדרת התכנון ההנדסי: שלבים, גישות ותהליכים.
- מתודולוגיות תכנון: תכנון איטרטיבי, תכנון ממוקד משתמש, חשיבה מערכתית.
- ניסוח דרישות ודרישות לקוח.
- קבלת החלטות בתכנון.
- מבוא לקיימות וכלכלה מעגלית בתכנון:
- מהי קיימות בהנדסה? עקרונות בסיסיים והקשר להנדסה.
- כלכלה מעגלית לעומת כלכלה ליניארית: עקרונות, יתרונות ואתגרים.
- "הגדרות ה-R של הכלכלה המעגלית (Reduce, Reuse, Recycle, Remanufacture, Repair, Refurbish ועוד).
- מודלים עסקיים מעגליים כהשראה לתכנון.
- כלים ושיטות לתכנון בר-קיימא ומעגלי:
- הערכת מחזור חיים (LCA): מתודולוגיה, שלבים, הגדרת גבולות המערכת, ניתוח השפעות ופרשנות.

- תכנון אקולוגי (Eco-Design): אסטרטגיות לתכנון מוצרים ותהליכים בעלי השפעה סביבתית נמוכה.
- תכנון לפירוק (Design for Disassembly - DfD): עקרונות לפירוק קל לצורך שימוש חוזר בחומרים ובחלקים.
- תכנון למחזור (Design for Recyclability - DfR): שיקולי חומרים ומבנה להבטחת מחזור יעיל.
- תכנון לשימוש חוזר ותיקון (Design for Reuse & Repair): הארכת חיי מוצר.
- בחירת חומרים בני קיימא: חומרים מתחדשים, ממוחזרים, מתכלים, והשפעתם הסביבתית.
- יישומים ספציפיים בתכנון הנדסי (בהתאם לתחום ההתמחות):
- הנדסת מכונות: תכנון מערכות אנרגיה מתחדשת, מכונות יעילות אנרגטית, תכנון מוצרים ניתנים לפירוק.
- הנדסת חומרים: פיתוח חומרים בני קיימא, חומרים למחזור מתקדם, חומרים ביו-מתכלים.
- הנדסה אזרחית: תכנון מבנים ותשתיות מעגליות, שימוש בחומרים ממוחזרים בבנייה, בנייה ירוקה.
- הנדסה כימית: תכנון תהליכים ירוקים, שימוש במשאבים מתחדשים, מזעור פסולת בתעשייה הכימית.
- הפקולטה למדעי הנתונים: ניהול שרשרת אספקה מעגלית, אופטימיזציה של תהליכי ייצור בר-קיימא, לוגיסטיקה הפוכה.
- הנדסת מזון וביוטכנולוגיה: תכנון תהליכי ייצור מזון מעגליים, מיצוי תוצרי לוואי, אריזות בנות קיימא מזונות ממקורות חדשים (לא מהחי, עם אימפקט סביבתי מינימלי).
- היבטים כלכליים, חברתיים ואתיים בתכנון:
- כלכלת קיימות וכלכלה מעגלית: מודלים עסקיים, ניתוח עלות-תועלת.
- אחריות תאגידית ורגולציה סביבתית.
- שיקולים אתיים בתכנון: השפעות חברתיות, הוגנות.

פרויקט מעשי:

- הקורס יכלול פרויקט גמר, בו הסטודנטים יעבדו בצוותים על אתגר תכנוני אמיתי או היפותטי, שישלב עקרונות קיימות וכלכלה מעגלית. הפרויקט יכלול:
- ניתוח הבעיה והגדרת דרישות.
 - פיתוח קונספטים תכנוניים.
 - בחירת חומרים ותהליכים.
 - ביצוע הערכת מחזור חיים מקוצרת וניתוח השפעה סביבתית.
 - הצגת פתרון וניתוח היתכנות.

שיטות הוראה:

- הרצאות פרונטליות, תרגילים, ניתוח מקרי בוחן, עבודת צוות, פרויקט גמר.

דרישות קדם:

- קורסי יסוד בהנדסה (מתמטיקה, פיזיקה, כימיה), ומבוא לתחום ההנדסי הספציפי.

תוצרי למידה:

בסיום הקורס, הסטודנטים יהיו מסוגלים:

- לזהות הזדמנויות לשלב קיימות וכלכלה מעגלית בתכנון הנדסי.
 - ליישם כלים ומסגרות עבודה לתכנון מוצרים, תהליכים ומערכות בני קיימא.
 - להעריך את ההשפעות הסביבתיות של פתרונות הנדסיים.
 - לתכנן בהתחשב במכלול ההיבטים הטכניים, הסביבתיים, הכלכליים והחברתיים.
 - לתקשר ביעילות פתרונות תכנוניים מורכבים.
- סילבוס זה מספק מסגרת גמישה שניתן להתאים אותה לצרכים הספציפיים של כל תוכנית לימודים הנדסית, תוך הבטחה שהמהנדסים העתידיים יהיו חשופים ומצוידים בידע ובכישורים לתכנן עולם בר-קיימא יותר.

נספח מס' 2: סיכום מפגש פורום חינוך מהנדסים מספר 27 - חינוך מהנדסים לקיימות עם אימפקט – 29.07.2024

סיכום המפגש נכתב על ידי קובי ענבר ואביגדור זוננשיין

משתתפים:

אביגדור זוננשיין, אדם אלמן, אירוויין בוטבול, איגור ורנר, איילת רווה, אינה זרצר, אלי אייזנברג, אלון ברנע, אביחי שורין, אבינועם קולודני, אלכס בלכמן, ארנון בנטור, ברוך קרפ, גידי עציון, גלעד פורטונה, דניאל מרום, חיים סוקניק, חיים רוסו, ניל נמיר, ניצה מושביץ-הדר, נעמי בלנק, עומר מוסנזון, ערן סלמון, ערן שלו, קובי ענבר, קול קרץ, קרן שנער, רוזה אזהרי, רונן בן חורין, שי ביאליק, שרית סיון, שמוליק שוורץ, תמר רז נחום

פתיחה

אביגדור זוננשיין - מפגש זה של פורום חינוך מהנדסים למאה ה-21 ממוקד בחינוך מהנדסים לקיימות עם אימפקט. זהו מפגש שלישי בסדרת המפגשים על חינוך לקיימות. אנו רואים חיוניות בחינוך מהנדסים לקיימות. אנו שותפים לכתיבת מדריך בינלאומי להנדסת מערכות סוציוטכנולוגיות. נשתף במדריך כשיושלם ויופץ. תודות רבות לד"ר קובי ענבר על תכנון, ארגון והנחיית מפגש זה.

קובי ענבר - אכן זהו מפגש שלישי על חינוך מהנדסים לקיימות. הפעם יציגו 4 מרצים המייצגים תפקידים בכירים בתחום הקיימות בחברות רב-לאומיות. המפגש נערך באנגלית. והתקיים פנל בסיום המפגש. מצורפת להלן קישור להקלטת המפגש-האזינו ותחכימו. כמו כן מצורפות מצגות של המציגים.

1. Eran Salmon-IMC Chief Sustainability (CSO) ([linkedin.com/in/eran-salmon-91206045/](https://www.linkedin.com/in/eran-salmon-91206045/)):

ReSOLVE: Practical Methodology in Sustainability World for Addressing Resource Scarcity through Circular Economy Solutions

קונקרטיות והגדשת הערך הכלכלי, עסקי של יישום גישות קיימות בארגון.

מצ"ב מצגת ההרצאה.

נושאים להצגה ודיון:

- המציאות של קיימות - עובדות מדעיות לגבי שינויי אקלים ואיבוד מגוון ביולוגי
- החזר השקעה בפרויקטי קיימות- הדגמות של פרויקטים עם החזר השקעה חיובי, ודרכים להשגת מחויבות הנהלה
- הפחתת ציניות וחיבור האנשים לקיימות-הדגמות ליישום מתודולוגיית ReSOLVE
- העברת הידע והניסיון למהנדסים-פרויקטים הכוללים סטודנטים ומהנדסים, מחקרים משותפים לקידום ידע יישומי

מעבר מהמודל הכלכלי הליניארי למודל כלכלה מעגלית

המודל הכלכלי הליניארי מביא להתפתחות כלכלית, אבל עם מחירים גבוהים בקיימות, על ידי לחצים על הסביבה, שימוש רב בהון טבעי ואיבוד רב של משאבים. במודל המעגלי יש שימוש חוזר במשאבים, מיחזור ושימוש חכם בפסולת.

מסגרת העבודה ReSOLVE

Regenerate- יצירה מחדש

Share-שיתוף

Optimize-אופטימיזציה

Loop- מעגל

Virtualize- וירטואליזציה

Exchange-החלפה

ובכך לתרום להתפתחות חיובית ב P 3- PEOPLE, PLANET, PROFIT

ניתנו הדגמות לשימוש במסגרת עבודה RESOLVE, כמו:

- פיתוח מוצרים שעומדים בקריטריוני בריאות, שמכילים מרכיבים ממוחזרים, והם בעצמם ניתנים למיחזור בסוף החיים
- הדגמות של חדשנות בכלי שיבוב שמצמצמים זמן יצור, צריכת אנרגיות ופליטת פחמן דו חמצני
- שימוש חוזר במערכות כתפישה שיווקית
- הגברת שימוש בפלטפורמות וירטואליות ודיגיטליות לצמצום בנסיעות ושימוש באולמות
- מעבר מ"שרשרת אספקה" ל"שרשרת ערך"
- מרכיבים חיוניים בחינוך מהנדסים לקיימות:
- הבנה של קיימות הוליסטית ומערכתית
- שימוש בידע רב תחומי
- יישום חדשנות ויצירתיות
- חשיבה מערכתית
- הדגמת שימושים פרקטיים, והדגמות להתנסויות אמיתיות
- פיתוח אחריות אתית וחברתית
- פיתוח למידה לאורך החיים LLL
- הדגמת מאפשרים, כמו: טכנולוגיות דיגיטליות כמו IOT, השקעות אימפקט (ROI, מדיד, חברתי, סביבתי), תמיכת הנהלה, עבודת צוות

קובי ענבר: מה תפקידו של CSO בחברה כמו IMC? - ערן: להוביל ולהנהיג את כל אסטרטגיית החברה בהיבטי קיימות, כולל מדידה והערכה, וחינוך להכשרה לכל אנשי החברה.

2. Adam Elman, Head of Sustainability -EMEA al Google Inc. ([linkedin.com/in/adam-elman](https://www.linkedin.com/in/adam-elman)): AI FOR CLIMATE ACTION

שינויי אקלים הם אחד האתגרים הגדולים לאנושות כמשימה משותפת ומערכתית - משפיע על כולנו ונדרשת תרומה ומעורבות של כולם. מוצעים 3 כווני פעולה עיקריים:

- העצמת היחידים (האנשים)-העצמת כל אלו שמשתמשים במוצרי גוגל באמצעות יותר מידע אמין ושימושי
- עבודה ביחד - עבודה עם שותפים באספקת מידע, ניתוח מידע להקטנת פליטות גזי חממה וצמצום השימוש במשאבים
- תפעול קיימות - יצירת מטרות אמביציוזיות לעצמנו ולכולם

לפי הערכות כמותיות, השימוש ב AI יכול להפחית ב כ 10% את כמות גזי החממה - זה אקוויולנטי להיקף הפליטות מהאיחוד האירופי כולו.

מוצגות הדגמות כמותיות של ניתוחים חכמים של מידע בתחומי תחבורה, אנרגיה ואימוץ פרקטיקות:

- תחבורה - שימוש חכם במפות גוגל לאיתור ותכנון מסלולי נסיעות טובים יותר מבחינת קיימות, תכנון חכם של פעילות מערכות רמזורים לצמצום השימוש באנרגיות (פרויקט "אורות ירוקים" - מצורף קישור למאמר על פרויקט זה והישגיו), צמצום שימוש מטוסים במסלולי התעבות שהם גורמים משמעותיים ליצירת גזי חממה.

- אנרגיה - ניתוח מידע על מיליוני גגות מבחינת בידוד אנרגטי ומבחינת שימוש יעיל בפנלים סולריים, ניתוח מידע על דליפות מתן, ניתוח נתונים לממשלות על בעיות מתהוות בתחומי האנרגיה, ניתוח תחזיות להצפות.

-אימוץ - שימוש ב AI לניתוח נבון יותר באנרגיות במרכזי נתונים ומידע-ניתן להגיע לפי 1.8 יעילות, יש הערכה שכיום יש פי 4 יותר כוח מחשוב פר יחידות אנרגיה מאשר היה לפני 5 שנים.

-סיכום- השימוש החכם כולל שימוש ב AI בניתוח נתוני עתק משפרים את פעילותנו בצורה משמעותית בתחומי שימוש באנרגיה וצמצום פליטות גזי חממה. גוגל פתחה לשיתופי פעולה עם התעשייה והאקדמיה בנושאים של שימוש בכלי בינה מלאכותית ובפלטפורמות השונות שלה, כפי שהוצגו בהרצאה.

3. Kul Karcz-VP Exploration and ESG Officer NEWMED ENERGY ([linkedin.com/in/zvi-kul-karcz](https://www.linkedin.com/in/zvi-kul-karcz)): Sustainability, Transparency and Training - What We Talk About and Things We Don't

מצ"ב מצגת של ההרצאה.

כמה מילים על ניו מד (דלק קידוחים לשעבר): שחקן מפתח בתעשיית הגז טבעי ביצירת חשמל ממנו - חיפוש, פיתוח מאגרים, אספקת גז ומכירתו ממאגרים במזרח הים התיכון בחופי ישראל וקפריסין. המאגר הגדול - לווייתן.

קיימות בלוויתן:

- הכנה ופרסום דוח קיימות מספר 2 על הפעילויות ב 2022-2023
- דווח על הביצועים הסביבתיים של מאגר לוויתן.

שקיפות:

- שקיפות כמרכיב חיוני ואסטרטגי בקיימות - שיתוף במדדים, הערכת סיכונים וניהולם שקיפות, טיוח, גרינווש, סמנים והדרך קדימה:
 - פועלים לא ליפול למלכודת הגרינווש, יצירת תדמית סביבתית
 - חברות דלק וגז מראש מסומנות כמזהמות
 - לתת משקל גדול להיבטים העיקריים במקום לסיסמאות
 - האם חברה שעוסקת בהידרוקרבון יכולה להיות סביבתית?
 - אם יש כתם, האם עלינו לנקות אותו ואיך?
- חידוד מיומנויות והכשרות של הצוות הטכני, מדעני כדור הארץ, מהנדסים
- נכון שסטודנטים יציגו עבודות חקר ופרויקטים שלהם בתחום זה
 - כדאי לאתגר סטודנטים עם ניתוחי אירועים מורכבים שכללים ניתוחים מעמיקים, הערכת סיכונים וגיבוש שיטות לתיקון ושיפור
 - כדאי שסטודנטים יציגו עמדתם על דילמות בתחום זה

4. Shay Bialik, Global Director, Head of Sustainability, Strauss Group

([linkedin.com/in/shaybialik](https://www.linkedin.com/in/shaybialik)): From Purpose to Progress - Nourishing a Better Tomorrow - What Will Our Plate Look Like in 2050?

מצ"ב מצגת של ההרצאה.

- ההרצאה מציגה דרך להשיג אימפקט חיובי, וגידול בר קיימא דרך הזנה של האנשים והעולם.
- תיאור המבנה הארגוני והעסקי של קבוצת שטראוס, כולל משפחות המוצרים העיקריות, והשווקים העיקריים.
- תיאור המסגרת האסטרטגית של קיימות בשטראוס:
- מטרות - הזנה לעתיד טוב יותר
 - משימות אסטרטגיות- מזון טוב יותר, מבחר טוב יותר, אימפקט טוב יותר
 - מיקוד אסטרטגיית קיימות-הזנה ובריאות, קיימות בשרשרת האספקה, אנשים וקהילות, מים, אקלים
 - מדדי בקרה, שילוב עם עבודת האנשים והתרבות היומיומית, יוזמות, תוכניות פעולה וחדשנות, מבנה ניהולי תומך, הכשרות ותיקוף מידע ונתונים

פירוט יעדי ומטרות תכנית הקיימות של האום ל2030 בתחומים: תזונה ובריאות, שרשרת אספקה ברת קיימא, אקלים, מים, אנשים וקהילות

- מיקוד יעדי קיימות ל 2024
 - הישגי קיימות כמותיים ב2023
 - תוכניות המשך במגוון תחומים
 - הערכת וניהול סיכונים
 - יצירת שיתופי פעולה חדשניים עם ספקים
 - הדגמות
 - תחזית ל 2050-דגשים:טכנולוגיה וחדשנות, דיוק-פונקציונלי, מקומי, שונה
- אביגדור: האם העלאות מחירי מוצרי שטראוס בארץ בתקופת יוקר מחיה, נחשבת לנושא ניהולי בהקשר לקיימות.

שי: שאלה מצוינת. בשטראוס אנו מקפידים על מדיניות מחירים שפוייה ומתחשבת.

בחלק השני של המפגש התקיים פנל בהנחיית מר אירווין בוטבול – גוגל

(Founder, Startups for Sustainable Development at Google Inc., [linkedin.com/in/irwin-boutboul-8933631](https://www.linkedin.com/in/irwin-boutboul-8933631); [g.co/startups/sdg](https://www.google.com/startups/sdg))

תחומי השאלות לפנליסטים (המרצים) - רצ"ב פירוט הסוגיות באנגלית שהוצגו בפנל:

<https://docs.google.com/document/u/0/d/1Z5xAhjeSaJtkJSCdRhT3X08wQD56wKPhl6meU3efNto/mobilebasic?resourcekey=0-7Kd56t96p0wkw-E07gbpLA>

סיכום הסוגיות שהוצגו בפנל:

מיקוד בהנדסה:

-מהם פערי הכישורים בטיפול בהיבטי קיימות

-מיומנויות עיקריות נדרשות לפיתוח בר קיימא

-איזה מגמות מפציעות בהיבטי קיימות

-איך מעודדים שיתוף תעשייה-אקדמיה

-חשיבות הגישות רב-תחומיות/חשיבה מערכתית

-צבירת ניסיון מעשי ועידוד השיתוף בו

-תחומים עדיפים במחקרים

-פרקטיקות מדידה ואימפקט

מיקוד ב CSO:

-המציאות של תפקיד ה CSO
 -מוטיבציה והתאמה לאסטרטגיה של החברה
 תובנות עיקריות מהשיח בפנל:

- נדרשת הכשרה לכל העובדים בהיבטי קיימות, כדי שישלבו היבטים אלו בעבודתם
- נכון לקיים פעילויות חוצות חברה בתחומי קיימות-עידוד יזמות וחדשנות במגוון תחומים, עידוד פעילות קבוצתית חוצת מחלקות
- נכון ליצור מוטיבציה פנימית אצל המנהלים והעובדים לקידום קיימות
- כדאי לגוון את הפורטפוליו של החברה כדי לשפר את מדדי האימפקט של היבטי קיימות
- נכון שהמוסדות האקדמיים יעניקו כישורים בהיבטי קיימות לסטודנטים במסגרות מגוונות-קורסים, פרויקטים, יזמות ועוד

סיכום המפגש

המרצים הבכירים שממלאים תפקידי CSO בחברות הרב-לאומיות הציגו מגוון יוזמות מעניינות לקידום קיימות בחברות שלהם. רוב תודות למרצים על תרומתם להצלחת המפגש. רק חלק המרצים הציגו בצורה מפורטת את פעילותם בהקשר להכשרת העובדים והמנהלים להיבטי קיימות. פן זה נדון יותר במסגרת הפנל שהתייחס לסוגיות חיוניות בהקשר יישום היבטי קיימות בחברות. משתתפי המפגש העלו סוגיות שמטרידות אותם בהקשרי הטמעת ערכי קיימות בחברות.

נראה ששלושת המפגשים שערכנו בפורום חינוך מהנדסים בנושא קיימות ואימפקט יצרו מודעות בקרב משתתפי הפורום לחשיבות חינוך מהנדסים להיבטי קיימות עם אימפקט.

נראה שבשלה העת לדיונים קונקרטיים ומעשיים יותר באופנים בהם ניתן לשלב את נושאי הקיימות והחברה בתוכניות הלימודים וההכשרה של מהנדסים, במוסדות להשכלה גבוהה בישראל.

אנחנו במוסד נאמן ובפורום לחינוך מהנדסים, נמשיך בחקר היבטי קיימות ואימפקט ובסיוע לגבש תוכניות לימודים בתחום זה. נראה שיש מקום בעתיד, להזמין מרצים. ומוסדות בחו"ל בהם כבר מיושמות תוכניות כאלו בהצלחה. חברי וחברות הפורום יותר ממוזמנים. ות להמליץ ולהפנות אל מוסדות ותוכניות כאלו ככל שידועים ומוכרים להם. ואנחנו (המארגנים. ות) נשמח להרים את הכפפה.

המפגש הבא של הפורום מתוכנן ל-16.9.24 ב-14:00 בנושא קידום התנסות וחונכות מהנדסים בתעשייה. מרכזת מפגש זה היא פרופ' רוזה אזהרי ששוקדת על תכנון מפגש חשוב זה. הנכם מוזמנים.

נספח מס' 3: מפגש משותף של המולמו"פ והפורום לחינוך מהנדסים למאה ה-21

סיכום מפגש הנדסה וחברה – 10.01.2023

קישור להקלטה: <https://youtu.be/ruQtJYiJl14>

משתתפים:

HIL מעבדות החדשנות בחיפה, Sharon ST, אבי ברמן, אבי דומב, אביגדור זוננשיין, אבי שרודר, אביב צנזור, אביחי שורין, אבינועם קולודני, אביתר קירשברג, אוולין גונזלס, אהרון אהרון, אוהד, אופירה אילון, אוריאל לכיש-זלאיט, אורית חזן, אלון ברנע, אלי איזנברג, אלי גימורן, ארווין בוטבול, אריה מהרשק, ארנון בנטור, בן בראון, בן ברוך, ברוך קרפ, גולן תמיר, גור זליכה, גיורא שלגי, גילי פורטונה, דן פלד, דניאל וויס, דניאל מרום, חיים טייטלבוים, חיים סוקניק, חיים רוסו, יואב סרנה, יוסי רוזנווקס, יוסף קוסט, לוי גוטליב, לי סקולר, ליאן, מאיה הלוי בלומפילד, מולי אדן, ניל נמיר, נירית גביש, נעמי בלנק, נתן פנחס, סר רונלד כהן, עופר ארזי, עתר רזי אורן, פרץ לביא, צבי סטפק, קובי ענבר, קרל מרטנס, קרלה, רון מילא, רונן בן חורין, רמי אהרוני, רפי כהן, רפי נווה, שרגא שובל, שרית סיוון, תמר דיין, תמר רז נחום.

מושב ראשון

פרופ' ארנון בנטור, יו"ר הפורום

פותח את המפגש בציון השותפות בפגישה זו בין המולמו"פ לבין פורום חינוך מהנדסים במאה ה-21 במוסד נאמן בטכניון.

נושא המפגש: היחסים ההדדיים בין הנדסה וחברה, ואיך יחסים אלו יכולים להשפיע על התכנים והיוזמות בחינוך מהנדסים למאה ה-21. המולמו"פ עוסק בהשפעות המדע והטכנולוגיה על החברה והסביבה, ופורום חינוך מהנדסים עוסק בהכללת היבטי חברה וסביבה בחינוך מהנדסים.

פרץ לביא, יו"ר המולמו"פ

מברך את הפורום ומציין את האתגרים הגוברים והולכים בהיבטי סביבה וחברה. נדרש שינוי בחשיבה של ארגונים, משקיעים, אקדמיה, מהנדסים, מחנכים ואחרים על אתגרים אלו והשפעתם על העולם בו אנו חיים.

סר רונלד כהן, מייסד אייפקס, אבי ההון סיכון הבריטי ומשקיע אימפקט.

סר רונלד כהן מתאר בקצרה את חייו, מפליט שהגיע ממצרים לאנגליה, לימודיו באוקספורד ובהרווארד, התקופה הראשונה שלו כפילנטרופ ומשקיע. לפני כ-20 שנה עבר לתחום השקעות אימפקט בו מטרת ההשקעות היא ליצור השפעה חברתית וסביבתית משמעותית במשולב עם תשואות כלכליות. רונלד כהן מזהה שלושה כוחות המשפיעים על התפתחות המהפכה הטכנולוגית:

1. כוחה של הטכנולוגיה המחדשת ומשבשת במגוון תחומים - תקשורת, רשתות אינטרנט, חינוך, בריאות ורפואה, בניה ועוד.

2. כוחה של היזמות הטכנולוגית במגוון תחומים, בעיקר על ידי צעירים היוצאים מהאקדמיה עם ערכים משתנים של תיקון עולם, משמעות ושאפה לשנות את העולם בהיבטי חברה וסביבה.

3. כוחה של המדידה של ההשפעות של היזמות המשבשות במגוון התחומים. במסגרת מדידה זו שואפים לאופטימיזציה של סיכונים ואימפקט.

רולנד כהן מציין שבעקבות כוחות אלו תיק השקעות הון סיכון למטרות אימפקט גדל ל 10 טריליון דולר.

רולנד כהן מציין כדוגמא את חברת טסלה כחברה משבשת את ההיבט הסביבתי, ולדעתו זה גרם להצלחתה ולגידול בערכה. כמו כן מציין את מיזם מסטרסקול בישראל אשר מכשיר אנשים בישראל לעולם התעסוקה בעיסוקים נדרשים, והלומדים משלמים עבור ההכשרות כאשר הם מוצאים מקום עבודה מתאים. לדעתו ניתן לחשב האימפקט של הגוון החברתי בחברות על ההצלחתם הכלכלית. מדווח שה- SCC - רשות ני"ע האמריקאית, שואפת להנהיג דווח חובה על הערכת האימפקט של השקעות. מציע לקרוא את הדו"ח של ה- G7 על IMPACT TRANSFORM המציג תחשיבי אימפקט.

דיון

מולי אדן - לדעתו ההמצאות הן תוצאה של צרכים בתחומים שונים והשפעות שלהן מבחינה כלכלית. לכן אם מעוניינים בהשפעות סביבתיות וחברתיות, צריך להנהיג רגולציה מתאימה.

רולנד כהן - בגלל השינויים בערכים אצל הצעירים, חלק גדול של ההמצאות הן בכוונת סביבה וחברה תוך השאת רווח כלכלי. קשה להשיג השקעות לחברות מזהמות.

מולי אדן - גם ביישום אפליקציית התוכנה החדשה ל- Chat GTP – AI, יש כנראה השקעה של אנרגיה רבה.

רולנד כהן - רגולציה מתחילה במדידה ושקיפות של השקעות ופעילויות. האיחוד האירופי שואף לקבוע שלכל השקעה יוצג האימפקט החברתי והסביבתי בנוסף לכלכלי.

עופר ארזי - איך ניתן למדוד אימפקט של אוניברסיטאות?

רולנד כהן - ניתן למדוד את הערך המוסף שהאוניברסיטאות מעניקות לאוכלוסיות מודרות, על ידי יצירת מוביליות חברתית להשתכרות יותר גבוהה ועיסוקים יותר מתגמלים. מזכיר את ההשקעה המוצלחת שעשה באג"ח חברתיות עבור פרויקט להקטנת הנשירה מלימודי מחשבים של סטודנטים משכבות סוציאקונומיות חלשות. בהקשר זה מזכיר את הקמת Social Fund Israel (SFI) שמעודדת השקעות חברתיות.

פרץ לביא - מה תפקיד הממשלות בזירה זו (לאור ההתרחשות סביב מיסוי משקאות ממותקים)?

רולנד כהן - קשה להשפיע ישירות על פוליטיקאים בנושאים אלו, במיוחד לאור מגמת "ההתקפה על הדמוקרטיה". אגרות חוב חברתיות מאפשרות לממשלות להשקיע ביעדים חברתיים. באגרות חוב מסוג זה הכוונה לשלם ולתגמל על פי תוצאות חיוביות ומוצלחות. לצערנו הממשלות לרוב מנהלות תקציבי תשומות במקום תפוקות.

ארנון בנטור - מעניין אותנו בפורום זה איך מגמות אלו משפיעות על מהנדסים ואקדמאים ועל האקדמיה?

רולנד כהן - יש לימודי אימפקט באוניברסיטאות, יש מעבדות להדגמת תהליכי אימפקט, מלמדים תהליכים של תשלום ותגמול על פי הצלחה. לפי ניסיונו, סטודנטים מעוניינים בהשקעות אימפקט, ולכן כדאי להציע תכניות השקעה מתאימות לסטודנטים.

קובי ענבר - מלמד באוניברסיטת חיפה קורס יזמות ל-NGO. נכון להכניס נושאי אימפקט לכל הקורסים. רולנד כהן - באוניברסיטת בן גוריון הקימו תכנית קיימות. מציע לחפש תורמים להשקעה בתוכניות בכוונים אלו.

אלון ברנע - קורסי בחירה לא מספיק אפקטיביים. נכון שקורסים בתחומים אלו קורסי חובה, פרויקטים והתנסויות חובה. נכון ללמד גם את המשמעויות החיוביות והשליליות.

ארנון בנטור - חשוב ללמד מהנדסים כלים כמותיים להערכת אימפקט של קיימות.

רולנד כהן - יש כלים כמותיים להערכת אימפקט, יש שימוש בבינה מלאכותית.

ארנון בנטור - למדנו ממאמר על טסלה, שלפיתוח ויצור טסלה יש משמעויות שליליות בנוסף לחיוביות. כמו: משמעויות מצברי ליתיום, גידול בהיקף הנסיעות ועוד.

רולנד כהן - אפשר להחכים בכוונים אלו ממחקרים שמבוצעים ב-HBS.

מושב שני

מסע האימפקט - הפקת לקחים דרך המשקפיים של מהנדסים. אירוויין בוטבול, גוגל. (מצ"ב מצגת)

מוביל בגוגל מיזמים לפיתוח בר קיימא.

יש הגדרות שונות לאימפקט כמו המתווים של SDG, ESG, CSR ועוד. אבל באמצעות מתווים אלו ההבטחה לא מומשה - ראו משבר האקלים, הצפות, שריפות, מגיפות ואי שוויון. בינתיים ההנדסה מצליחה לתרום 1% לאימפקט. יש דוגמאות חיוביות לשימוש בבינה מלאכותית, כמו: ניטור בעיות ראייה עקב מחלות, חיזוי הצפות, לימוד קריאה, אופטימיזציה של תנועה בדרכים וצמצום פקקים.

כדי שלהנדסה יהיה 99% אימפקט צריך יותר השקעות לטווח ארוך ויצירת סביבה ואקוסיסטם תומך.

היו המצאות ייחודיות כתוצאה ממדע והנדסה, כמו: מנועי קיטור, מטוסים, טלפונים, מחשבים. זמן החדירה של טלפונים ל-50% מהאוכלוסייה היה 75 שנה, וזמן חדירה דומה בסמרטפונים וווטסאפ הוא 12 שנה. אבל גם היו אכזבות כמו Uber, WeWork, FTX.

אירוויין מציג מקרה בוחן של הערכת אימפקט של כניסת ושימוש בקורקינטים חשמליים:

אימפקט סביבתי שלילי של ערמות פסולת של קורקינטים שיצאו משימוש. אימפקט סביבתי וחברתי שלילי של הפרעות, תאונות במדרכות, בכבישים ובמרחב הציבורי. אימפקט שלילי ארוך טווח על בריאות הרוכבים. אז מה השורה התחתונה?

אירוויין מציג קפיטליזם טכנולוגי שהוא מערכת מורכבת מאנשים, חברות, קפיטליזם וסביבת כדור הארץ. בעיות הקפיטליזם בהקשר זה הם: ה-GDP כל הזמן עולה, אבל משאבי כדור הארץ הם סופיים. הבעיות הנובעות מכך:

1. יש מערכות שמושפעות יותר מאחרות
 2. יש משברים ומגיפות
 3. לפעמים מערכות קורסות ומושמדות
- האבחנות והלקחים למהנדסים ממצב עניינים זה:
- המהנדסים מתכננים מערכות שלפעמים מזלזלים בערכן ומשמעותן
4. הכל קשור בהכל, אבל המהנדסים לא תמיד מבינים זאת ואת הקשרים והיחסים בין המערכות השונות
 5. המהנדסים, ברוב המקרים, לא מעריכים את האימפקט של המערכות שהם מתכננים
 6. החברה שלנו אינה שמה לב ל-3 האבחנות לעיל.

הפתרון המוצע למצב זה הוא יישום גישה רב תחומית המורכבת מ:

הנדסה

חוק ומשפט

התנהגות משתמשים

משאבים טבעיים

פילוסופיה

כדי ליישם גישה זו נכון לקיים תהליך למידה הכולל תהליכי למידה פרואקטיביים, כולל הנדסה חיובית, שכוללת: לשאול שאלות, להתמקד בבעיות, לאתגר את הקיים והסטטוס קוו, להתמקד באימפקט. הערה: הנדסה מתבססת על נוסחאות ידועות. כרגע אין נוסחה לאימפקט. אבל...

דין

אבי שרודר - איך משכנעים ללא רגולציה?
 אירוויין בוטבול - הבסיס הקפיטליסטי מעוות הכל. נכון לתמוך ביזמי אימפקט.
 אביגדור זוננשיין - מבקש הדגמות של הנעשה בכון זה בגוגל.
 אירוויין בוטבול - יש תרבות ארגונית תומכת בהשקעה באימפקט, יש מדיניות של פיתוח ושימור עובדים.
 ארנון בנטור - מה נכון ללמד מהנדסים בנושא זה?
 אירוויין בוטבול - חיפש ב-Chat GPT תשובה לשאלה זו ולא מצא. נכון ללמד שימוש במשאבים מוגבלים, וכן הערכת תוצאות של התנהגויות לא טובות.

צבי סטפק, יו"ר קפיטליזם קשוב, ישראל

יו"ר מיטב בית השקעות.

קפיטליזם – משטר כלכלי הכי נכון, תואם את נפש האדם, שהוכיח עליונות על המשטרים האחרים.

היום קורים דברים לא טובים לקפיטליזם כיוון שהתפתחו כמה עוללות:

- קפיטליזם נצלני, חמדני

- אי שוויון גדול

בתחום הניצול – חברות עסקיות מנצלות בצורה צינית את חולשות אנושיות כמו הימורים, התמכרות לתרופות (ממליץ על הספר "תורת ההונאה"). לזה יש מחיר. למשל השערורייה בפולקסווגן שבה תחת לחץ של מנהלים זייפו נתונים של פליטת מזהמים. דוגמה נוספת בבואינג. בעקבות לחץ של מנהל להוציא מהר מטוס חדשני "עיגלו פינות". כתוצאה מכך התרחשו 2 תאונות שבהם קיפחו בני אדם רבים את חייהם.

הרצון "לקדש את הרווח" מתנקם ברווחים בעיקר בעידן של היום שבה יש תקשורת לוחמנית ורשתות חברתיות המשפיעות על הרגולטור.

בתחום אי השוויון – זה בסדר שקיים אי שוויון הבעיה היא שאין שוויון בהזדמנויות:

- אין מידתיות – התגמול הכולל של מנכ"ל אמריקאי (S&P500) אחרי מלחה"ע ה-II, היה כ-פי 15 מהתגמול של העובד החציוני של החברה. היום פי 350! (לפי מדד S&P500).

לאי שוויון זה יש השלכות על הפוליטיקה והחברה. יש קשר הדוק בין משטר דמוקרטי לבין שגשוג כלכלי. אי שוויון שמתחיל בחינוך פוגע בדמוקרטיה ובשגשוג של המדינה.

הדרך לפתרון הוא שהקפיטליזם "יחשב מסלול מחדש" – לא לשנות את הקפיטליזם
אלא את ההתנהלות – מודל קפיטליזם קשוב.

קפיטליזם קשוב כולל 4 עקרונות בסיסיים:

1. **ייעוד עסקי קשוב** - כל חברה עסקית צריך שיהיה לה ייעוד. נדרש להגדיר ייעוד שהוא מעבר למיקסום רווחים – משפט שמגדיר את המטרה שנועדה לשרת (למה היא קיימת, מה היא קורה אם לא הייתה קיימת?). המצפן שמכוון את פעולות החברה.

2. **מנהיגות קשובה** - הייעוד הוא לא סתם קוד אתי, שאף אחד לא קורא או מתייחס אליו, אלא חיבור של המנהיג העסקי בארגון לייעוד, הוא זה שצריך להטמיע את הייעוד בתוך התרבות הארגונית של החברה, מלמעלה עד אחרון העובדים. הייעוד צריך להיות המצפן שלפיו בודקים את ההחלטות המהותיות שהחברה מקבלת לאורך חייה.

3. **תרבות ארגונית קשובה** - צריכה להיות כזו שמתחשבת ומאזנת בין כל מחזיקי העניין, לא רק בבעלי המניות אלא גם עובדים, לקוחות, ספקים, נושים, הקהילה והסביבה.

4. **שותפות קשובה עם בעלי העניין** - התנהלות של שותפות ויצירת ערך לכלל מחזיקי העניין.

מחקרים מראים שחברות הקשובות לעקרונות אלה מצליחות יותר מחברות שונות.

Performance of Conscious and Other Companies against the S&P 500

(Data calculated as of June 30, 2017)

Cumulative Returns	5 Years	10 Years	15 Years	20 Years
S&P 500	86%	96%	301%	269%
<i>Good to Great</i> companies	106%	54%	234%	422%
Non-US firms of endearment	49%	93%	961%	1,509%
US firms of endearment	109%	231%	901%	2,077%

מתייחס לגבי אימפקט - ESG - לדעתו יש הגזמה פראית בתועלת והערכה גבוהה מדי. אימפקט יותר חיובי מ- ESG ויש קשר בין המונחים אך בעיניו הוא מוגבל לשינוי האקוסיסטם הכלכלי. ESG זו תורה של ניהול סיכונים (טכני לחלוטין) ואינו אומר כלום על הממשל התאגידי של החברה. G הוא החשוב פה! מבחינתו צריך לתת 100% ל-G. ממשל תאגידי טוב (G) בהגדרה עובר ל-ES טובים אחרת זה סותר את עצמו.

קפיטליזם קשוב הוא ניהול סיכונים. קשה יותר ליצר תרבות ארגונית שמתחשבת גם במחזיקי העניין. זהו גם תהליך ארוך ומשתלם. ESG - הסתכלות לטווחים קצרים יותר.

קפיטליזם קשוב זו תפיסת עולם. ESG -טכני לחלוטין.

ה- ESG הוא הגוף והתהליך, אבל הקפיטליזם הקשוב הוא הנפש והרוח.

הקורונה שינתה את צורת הניהול, את סגנון המנהיגות. מבינים שמה שנדרש לעולם משתנה: עולם התעסוקה, טכנולוגיה, עבודה היברידית, קיצור שבוע העבודה.. נדרשת מנהיגות אחרת - חשיבה גמישה שיוודעת להתאים את עצמה לשגרה משתנה ורמת אי וודאות עסקית יותר גבוהה מהעבר.

בעולם ההנדסה נדרשת מנהיגות ומיומנויות. בעבר הייתה דרישה לאינטליגנציה מערכתית, הסתכלות מערכתית, אינטליגנציה אנליטית. היום הדרישה יותר לאינטליגנציה רגשית, התמודדות עם עמיתים, עבודת צוות.

לדעתו אדם לא קשוב יכול להפוך לאדם קשוב ע"י לימוד ושיפור אבל זה דורש רצון, משמעת חזקה ולמידה. איך מחנכים לכך? בעד שבכל קורס יהיה חלק שיוקדש לכך.

מהנדס שחי בעולם "צר" יתקשה להצליח.

דיון

אהרון אהרון - הראייה שמהנדסים מיישמים רק הנדסה לא נכונה! לא בהייטק!

צבי סטפק – לא כ"כ מצוי בעולם ההנדסה.

גילי פורטונה – 1. יש הרבה שהלכו בדרך של קפיטליזם קשוב. 2. בעולם של הרשת החברתית הבעיה זה הכלים והמדדים. צריך כלים למדידה של התהליכים המוצעים.

ארנון בנטור –

האתגר של מהנדסים במסגרת זו הוא איך לקדם היבטים של קפיטליזם קשוב כאשר אין להם כלים כמותיים לאמדן ההשפעות שחורגות מההיבט הטכני הצר יותר.

צבי סטפק – קיים תהליך מדידה וסר רונלד כהן הזכיר עבודה שנעשתה בהרווארד.

קובי ענבר – התחושה שלי הייתה שאתם מנסים להביא את ההנדסה לאימפקט ולא להפך. מה שצבי מנסה לומר זה שצריך להכניס לתוך ההכשרה של המהנדסים צורות חשיבה רכות יותר, הומניות יותר. ולהבין שכדי להגיע לפיתוח הנדסי טוב, בזמן היישום חשוב להסתכל בראייה רחבה גם אם אין נוסחה...

כלומר, להכניס את האימפקט לתוך ההנדסה.

ארנון בנטור – השאיפה שלנו להגיע לכלים כמותיים.

אריה מהרשק – הנדסה מוכוונת ליישום בעולם האמיתי.

יוסי קוסט – לגבי הוראה והנדסה – האם יש מי שילמד זאת ואת האינטליגנציה הרגשית? במסגרת פרויקט הנדסי אפשר להכניס את נושא האימפקט.

סיכום

קובי ענבר – היה מפגש מרתק ותודה לפרופ' לביא שהרחיב את הפורום.

אנחנו בסדרה של מפגשים בנושא וככל שמעמיקים בנושא אנו מבינים כמה שזה מורכב ושמח על ההיענות והמוטיבציה.

ככל שאני בוחן את הדברים שעולים במפגשים ובדיונים שלנו בפורום בהקשר של הנדסה וחברה, עד כה וגם בדיון היום, אני מוצא שנקודת המפגש וההשקה היא סביב הנושא של חשיבה מערכתית ומנהיגות הנדסית. בהקשר הזה אני רוצה לציין שני אירועים שמתוכננים להתקיים בחודשים הקרובים:

הראשון, יתקיים ב 20 בפברואר בו דר' רוברט אדסון יגיע למכללת עזריאלי להרצות בנושא חשיבה מערכתית ומנהיגות הנדסית.

מציין בעזרת אביגדור זוננשיין, שב 20 ליוני השנה, נקיים במרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון, יום עיון בהשתתפות דר' רוברט אדסון על הנדסת מערכות וחשיבה מערכתית למערכות עם אימפקט.

פרץ לביא – הנושא חשוב ומציין שנושאים אלה כבר נדונו בהקמת סניף של הטכניון בארה"ב. אולי כדאי לבדוק מה קורה שם בנושא כישורי מנהיגות וכישורים רכים.

נספח מס'. 4: הפורום לחינוך מהנדסים - סיכום מפגש הנדסה וחברה - 19.6.2022

משתתפים:

חיים רוטו, אליעזר שלו, שרון שושני-תבורי, תמר דיין, גולן תמיר, ארנון בנטור, קובי ענבר, דפנה גץ, עירד יבנה, מנחם ברזילי, נעמי בלנק, אריה מהרשק, אבי לוי, אביגדור זונשיין, אלי איזנברג, ברוך קרפ, אלון ברנע, אביב צנזור, ססיל בלילוס, דן פלד, רענן יוסף-שרמן, אירית ששון, ליהיא סקולר, נתן פנחס, עמרי בורל, רפי נווה, רוזה אזהרי, ציפי בוכניק, גיורא שלגי, נירית גביש, פרדי גבאי, ראובן כץ, ניל נמיר, רון נאומן, אבי קרנר, אביחי סורין, ניצה מושביץ-הדר, עומר עינב, רחל זורמן, גלעד פורטונה, דניאל אלטמן

פתיחה

ארנון בנטור

התייחס לתוכנית של המפגשים הקרובים של הפורום שיתמקדו במספר נושאים שהם חשובים וגנריים לחינוך מהנדסים ונתעמק בכל אחד מהם: הנדסה וחברה, אוריינות דיגיטלית ולימוד לאורך החיים.

התחום הראשון להעמקה הוא הנדסה וחברה. העולם ההנדסי נמצא היום במעבר ממצב שבו ההתייחסות לנושא הייתה מונעת בעיקר משיקולים ערכיים בלבד, של מחויבות של המהנדס כנאמן של החברה, למצב שבו ההצלחה של פרויקט הנדסי ופיתוח הנדסי מחייבת להביא בחשבון כוחות והשפעות חברתיות, וזה לא רק NICE TO HAVE. זה התחיל עם נושאי סביבה וממשיך לנושאים חברתיים רחבים.

כל זה בא כבר לידי ביטוי בשטח, בולט כבר בנושאי הסביבה אבל גם מתרחב לחברה במובן הרחב של המלה. לביטוי בשטח מספר היבטים, למשל בתקינה, תקן ISO 26000 ותקן ישראלי 10000 לאחריות חברתית וגם בפעילות עסקית. ציטט את סר רונלד כהן, אחד מאבות תחום ההון סיכון, שמדגיש שעברנו ממערכת שהבסיס היה סיכון לעומת רווח, RISK VS. RETURN, למערכת של סיכון-רווח-אימפקט, כאשר אימפקט זה סביבה וחברה. האתגר איננו רק להגדיר ולאפיין היבטים אלה, אלא גם פיתוח כלים כמותיים לנושאים אלה ולהטמיע אותם בחינוך מהנדסים ולאחר מכן בפעילות השוטפת בשטח.

הודה לקובי ענבר שלקח על עצמו להוביל נושאים אלה, ולצוות סביבו שבא מהתעשייה, ססיל בלילוס, ליהיא סקולר ועמרי בורל, ולברוך קרפ שבא מצד האקדמיה.

קובי ענבר

הציג את תוכנית לפעילות של הפורום בנושא של הנדסה וחברה תוך דגש על נושא האימפקט (ראו מצגת מצורפת). הדגיש את מטרות המפגש ודרך הפעולה בו, של ארבע הצגות מרכזיות שלאחריהם יתפצל הפורום לשלוש קבוצות של שולחן עגול שבו יתקיים דיון שבמסגרתו:

- דיון בדרכים להשתמש במושגי האימפקט בפיתוח מוצרים מבוססי טכנולוגיה ומהי הדרך הנכונה להכיל ולהכליל את המידע הזה בתוך כל מקצועות הלימוד, תוך הצגת דוגמאות.
- כל משתתף ת. יציג. תציג את תחום התמחותו. הויתבקשו להעלות רעיונות בכל תחום, מה כדאי לעשות כדי להכניס את מושגי האימפקט לתוך התוכן הספציפי הרלוונטי של תחומי ההתמחות השונים.

הצגת הנושאים

ברוך קרפ

הציג את המתווה לדו"ח שהוא מכין אשר ישמש כבסיס להרחבת והעמקת דיוני הפורום בנושא הנדסה וחברה ובהמשך ישמש גם כמסמך שיוכל לסייע למרצים בשילוב של היבטי חברה בחינוך ההנדסי. למטרה זו יש לבחון את הידע והכישורים הנוספים הנדרשים בחינוך מהנדסים וכן גם מספר סוגיות יסוד:

- כיצד פועל מהנדס "נאמן הציבור"?
- מה הן דרכי השפעתו הפוטנציאליים?
- כיצד המהנדס יודע מהי "טובת" הציבור ומדוע דעתו עשויה להיות נוגדת דעת אחרים?
- כיצד הגענו למצב בו נדרש לתקן דבר מה שהיה ידוע זמן רב (בעיית אקלים למשל)?
- מי הם המשפיעים החברתיים לצד המהנדסים?
- מה עשוי למנוע ממהנדסים להביא בחשבון היבטים חברתיים (צ'לנגר, צ'רנוביל)?

במסגרת הדו"ח יכללו הנושאים שלהלן:

- הנדסה כמשאב חברתי ו/או כלכלי (מהפכות תעשייתיות)
- דרכי הפעלת המשאב ההנדסי (תפקידים, יזמים, אימפקט)
- אופן השפעת ההנדסה על חברה
 - בתחומי קיימות, נוחות, ובתחום פסיכולוגי/סוציולוגי
 - השפעה מכוונת והשפעה תוצאתית
- אופן השפעת החברה על הנדסה
- אפיקי הכשרה קיימים בארץ ובעולם
- דרכי הקנייה

ססיל בליליוס (מצגת מצורפת)

תארה את העקרונות המנחים כיום בנושא של שילוב היבטים חברתיים בעולם בכלל ובסקטור העסקי בפרט, תוך התייחסות לעקרונות של ESG (Environmental-Social-Governance) ושל 17 יעדי האו"ם, SDG ([Sustainable Development Goals](#)), תוך הדגשה שאין ניגוד ביניהם והם משולבים אחד עם השני.

התייחסה לסוגיות של הנושאים והתחומים שיש להקנות לסטודנטים במהלך הלימודים:

- לא חייב להיות ניגוד בין השאיפה לרווח ולעשות טוב לחברה
- חברות עסקיות "רגילות" יכולות לתת אימפקט אם יש בהן את הלך המחשבה הנכון – כיצד הן יכולות להיות סוכני אימפקט

- לטכנולוגיה יש את העוצמה לשנות את העולם בו אנו חיים
- לכל דבר שאנחנו עושים יש אימפקט – הוא יכול להיות שלילי או חיובי – גם בחיינו האישיים וגם בחיים המקצועיים שלנו
- לנו כמהנדסים יש את האחריות לתכנן את העתיד כדי לוודא שאנו מפתחים מערכות שהן:
 - אחראיות ואתיות
 - מונעות הטיה
 - משפרות את חיי האנשים
 - מקיימות את כדור הארץ
- הדיונים בקבוצות של השולחנות העגולים נועדו להיות פתוחים בכל הקשור לעקרונות ודרך יישומם:
 - הצורך בשילוב ובהטמעה של נושאי אימפקט וקיימות בנושאי התוכן – כיצד עושים זאת?
 - כיצד חושפים את הסטודנטים לרעיונות חדשים אלה?
 - מה התפקיד של מדעי הרוח והחברה?
 - האם יש להביא role models מהתעשייה?
 - האם אפשר לשלב למטרות אלה לימוד א-סינכרוני בנוסף להוראה פרונטלית?
 - כיצד מתמודדים עם ציניקנים?

ליהיא סקולר (מצגת מצורפת)

- הציגה את הקונצפט של החיתוך - מפגש בין טכנולוגיה ואימפקט ודוגמאות הממחישות את האתגרים להנדסה היוצרת אימפקט:
- כיצד יוצרים סינרגיה בין מערכות הנדסיות ואנושיות
 - עד לאיזה רמה ניתן להגיע בהנדוס של חומר חי.
 - כיצד ניתן לייצר חומרים חדשים לקידום הכלכלה (חומרים פלסטיים, צמנטים)
 - כיצד ניתן לספק לחברה את האנרגיה הנדרשת לה ולייצב בו זמנית את הסביבה.
 - כיצד יכולה ההנדסה להבטיח שהחברה האנושית תשגשג בערי העתיד
 - כיצד מהנדסים מערכת בריאות אפקטיבית בכל מקום בעולם
 - כיצד ניתן למגף את החוזקות בתחומי מחשוב וניתוח נתונים לקידום חדשנות במערכת האקדמית
 - כיצד מאבטחים כל דבר? כולל מערכות, נתונים ואנשים, תוך שמביאים בחשבון גם את משבר האקלים.

עמרי בורל

סיכמה והציגה מספר נקודות כפתיח לדין:

- אחד המניעים לחדשנות אימפקט הוא יצירת מערכת של שקיפות של ההשפעות החיצוניות של מוצרים ותהליכים

- יצירת אימפקט מחייב שינוי בהלך המחשבה, באסטרטגיה ובפרקטיקות
 - יש צורך במיקוד במיומנויות של כל אנשי המקצוע
 - יש צורך בשיתוף אקטיבי של כל בעלי העניין בתהליך – העדר גיוון בקרב צוותי הפיתוח יוצר נקודות עוררן
- לאחר הצגות הפתיחה התפזר הפורום לשלוש קבוצות לדיונים של שולחן עגול. הסיכומים של דיונים אלה מוצגים בנספחים.

סיכום

- קובי, ארנון ואביגדור סיכמו את המפגש ונערך דיון קצר שבו השתתפו גם עמרי עינב ופנחס נתן.
- הודגש שמדובר במפגש ראשון בסדרת מפגשים שנועדו לקדם סעור מוחות, להעלות סוגיות בהקשר של חינוך מהנדסים בנושאי הנדסה וחברה ובעקבותיהם להתניע מהלכים בשטח. לכן אין מדובר בשלב זה בסיכום אלא בהתחלה לפעולה בנושא שהוא כבר על סדר היום אך דורש קידום. בין הסוגיות שעלו נכללו:
- יש להדגיש את האחריות של ההנהלות וחברי הסגל בקידום והטמעת נושאי חברה בחינוך מהנדסים. יש צורך בהבנה שנדרש תהליך משולב שבו מעורבים כולם, הנהלה, חברי סגל וסטודנטים.
 - הצורך לשלב הטמעת נושאי החברה כחלק מקורסי התוכן ולא דווקא כפעילות נפרדת. לצורך כך יש גם מקום לפיתוח פדגוגיות ודרכי חשיבה מתאימות, מתוך ראייה שהטמעת נושאי החברה איננה צריכה לבוא על חשבון תכנים מדעיים והנדסיים. למטרה זו יש צורך בפעילות נחרבת בהכשרת חברי הסגל.
 - שילוב הנדסה וחברה צריך להיות חלק אינטגרלי של תוכניות הלימוד ולא רק תוכניות נפרדות של פעילות בקהילה, שהן חשובות לכשעצמן, אך ספק אם יש בהן כדי להשיג את המטרה העיקרית של הטמעת היבטי חברה בחינוך ובפעילות מהנדסים.
 - הטמעה של נושאי חברה בחינוך מהנדסים צריכה לכלול מגוון של היבטים, לא רק כאלה שמכוונות לאוכלוסיות בעלות צרכים מיוחדים אלא גם ל"בעיות הגדולות" של העולם, כאלה שנכללות ביעדי האו"ם, SDG.
 - מרכיב חשוב בשילוב הנדסה וחברה הוא הטמעת התובנה שלמהנדסים יש אחריות והיבטי חברה הם מרכיב שעליהם לתת עליו את הדעת במתן פתרונות. זה מחייב ראייה רחבה ומערכתית, כולל היבטים אתיים אשר אותם צריכים להטמיע בחינוך מהנדסים.

נספח א'

סיכום דיון בשולחן עגול מס' 1 בהנחיית ססיל בליליוס

הוצגו הנושאים לדיון בשולחן העגול ובהם איך משלבים את נושא האימפקט בהוראה, מהן המיומנויות הנדרשות, איך מתמודדים עם התנגדויות וציניות. משתתפי הדיון התבקשו להעלות נקודות נוספות המשקפות את ההתייחסויות שלהם לנושא.

הנקודות העיקריות שהועלו במהלך הדיון:

- ההיקפים הגדולים של תעשייה ביטחונית בישראל – האם היא מקהה את החושים לגבי הפתיחות לנושאי אימפקט חברתי וסביבתי? הושמעו דעות לשני הכיוונים. החשיבות של הנושא לחברה בישראל ברורה וזה צורך קיומי; אך השאלה האם יש מרכיב המשדר רוח שלילית שהוא נגזרת מהייצוא למדינות מפוקפקות. מנגד הודגש שהייצוא איננו חופשי והוא תחת בקרה של משדר הביטחון למנוע מצב שהוא ייועד למשטרים בעייתיים. יש נייר לקמוס שמגדיר מה טוב ומה רע.
- כל חברה ומיזם עסקי יכולים לבחור לעצמם את הדרך והקריטריונים לפרויקטים ולנושאים להתמקדות וכדוגמא הובא המתווה המנחה של ABC בכל הפיתוחים ההנדסיים והנגזרות העסקיות:
 - A – Avoid harm
 - B – Benefit stakeholders
 - C – Contribution to solutions
- הועלתה השאלה איך ומי קובע את הערכים המנחים לאימפקט? בהקשר לכך הייתה התייחסות להיבטים של רגולציה שמנחה לגבי התנהגות תקינה אך גם הציבור שפתוח כיום לנושאים אלה ויודע "להעניש" חברות עסקיות שנוקטות בפעילות שאיננה אתית.
- נערך דיון ער לגבי הדרכים להקניית ערכים שקשורים לאימפקט בחינוך של מהנדסים. הייתה התייחסות חיובית לפעילויות מחוץ לקוריקולום כדוגמת הקאתונים, אך הודגש שזה רחוק מלספק, משום שזה נתפס לעיתים כפעילות בעלת אופי חברתי (social activity) ולא כהטמעה של היבטי חברה בתוכניות לימוד; צריך למצוא ולפתח דרכים להטמעת מהלכים במסגרת של תוכניות הלימוד הרגילות. בהקשר של הקאתונים הועלתה הנקודה של הצורך להכשיר את המנחים.
- לגבי הטמעה בתוכניות הלימוד הרגילות הודגשו האפשרויות במסגרת של פלטפורמה של פרויקטים. הוצגו דוגמאות, למשל פרויקט של מקל הליכה חכם לעיוורים שיש בו מכלול הקושר הנדסה וחברה, שלצורך מימושו יש להטמעת טכנולוגיות מתאימות ולבחון את התאמתן ומינופן למטרה חברתית.
- התנהל דיון ער על היתרונות והחסרונות של פרויקטים מסוג זה: מצד אחד הם מרחיבים את האופקים של הסטודנטים ומחייבים אותם למחשבה שהיא מחוץ להיבטים ההנדסיים הצרים, ומנגד יש בפרויקטים מסוג זה חיסרון משום שהם עוסקים בנושאי נישה ולא בנושאים הגדולים שמאפשרים scale up לפעילות

נרחבת; בהקשר זה הובהר שהכוונה היא להשתמש בפרויקט בנושא בעל אימפקט על מנת ללמד את הסטודנטים את מקצועות ההנדסה. הנקודה העיקרית היא נקודת ה-mindset - כלומר שאם מתרכזים בפרויקטים נישתיים (צרכים מיוחדים, רווחה וכד') כפרויקטים של אימפקט, מה שמתקבע בתודעת הסטודנטים היא שאימפקט שווה מסכנות. לכן מומלץ לבנות פרויקטים המטפלים בבעיות גלובליות, לא מתוך כוונה לפתח מהם מוצרים לתעשייה אלא כדי ל"פתוח את הראש" לכך שאימפקט זה מיינסטרים. פרויקטים מסוג זה יכולים וצריכים להיות רלוונטיים לפתרון בעיות מרכזיות וקיומיות לחברה האנושית, כאלה שמגולמות בעקרונות של אתגרי SDG (Sustainable Development Goals) שהוגדרו ע"י האו"ם. בהקשר זה הובאו דוגמאות לכאן ולכאן של נושאי פרויקטים רלוונטיים.

- הנושא של scaleup זכה להתייחסות נרחבת, עד כמה ריאלי לבנות פרויקטים לסטודנטים שיש בהם מרכיב שיכול לאפשר scaleup. הודגש שהמטרה של פרויקטים אלה היא חינוכית, לחשוף את הסטודנטים שיחוו בו זמנית היבטים טכנולוגיים וחברתיים; צריך לעשות הבחנה בין מטרה זו ובין יצירת מיזמים באקדמיה שניתן לפתח אותם למטרות עסקיות. שני הדברים לא הולכים ביחד.
- נדונה גם החשיבות של הקשר עם התעשייה במהלך הלימודים שיכול לשמש כמנוף לקידום חשיבת אימפקט והנחלתה לסטודנטים. בהקשר זה הוצע לבחון מודל של התנסות (internship) בחברות אימפקט במהלך הלימודים על מנת שהסטודנטים ייחשפו למה שקורה בתעשייה מבחינת חברות שמפתחות פתרונות לאתגרי העולם. זה ייתן להם חשיפה אמיתית על איך אפשר להשתמש ביכולות שלהם על מנת לפתח מוצרים טכנולוגיים בעלי אימפקט חברתי וסביבתי ויחשוף אותם גם ל-role models רלוונטיים.
- הועלה הנושא של הצורך בכימות של externalities משולב עם פתיחת הסטודנטים להלך חשיבה (mindset) לגבי חשיבות היבטים אלה והצורך האסטרטגי בהם. בהקשר זה הועלה הצורך בגיוון אוכלוסיית הסטודנטים (מגדרים ומגזרים) שהיא הכרחית ליצור פתיחות להבנת אוכלוסיות שונות.
- עלה לדיון התפקיד של ההשכלה האקדמית בכל הקשור להנחלת נושא האימפקט, תוך הדגשה שפתיחות חברתית צריכה להיות משימה שמתחילים בה בגיל מוקדם במערכת החינוך ולא ניתן לבסס זאת רק על האקדמיה, כאשר מנגד צריך להיזהר ולא לגרום להסטת הערך המוסף החשוב של החינוך האקדמי-הנדסי שבליבתו הקניית כלים. סטייה מיעד זה עלולה לפגוע ברמת הבוגרים וברמת ההנדסה שבה מצטיינת מדינת ישראל.

רשם: ארנון בנטור

נספח ב'

סיכום דיון בשולחן עגול מס' 2 בהנחיית ליהיא סקולר

ליהיא סקולר מנחה שולחן עגול זה, שולחן מס' 2, ומציבה את השאלות לדיון לשולחן זה:

- מאיפה הנושאים הנדונים במפגש זה פוגשים אותך?
- מה אפשר לעשות כדי לשלב תכנים אלו בהכשרת מהנדסים?
- איך נושא החברה וסביבה פוגש אותך?

אביגדור זונשיין: ברפאל עשינו מהלך אסטרטגי של פיתוח אחריות חברתית בהנהגתו של גיורא שלגי כמנכ"ל רפאל. השקענו בחינוך, בבעלי צרכים מיוחדים וסביבה ובטיחות. השקעה זו תרמה להגברת הנאמנות של העובדים לרפאל ותרמה לשיפור היחסים עם הרשויות המקומיות מסביב לרפאל.

גיורא שלגי: כמנכ"ל רפאל טיפחתי עובדי רפאל שהציגו את העמדה "מה אנחנו יכולים לתת לחברה ולכלכלה ולא מה אנחנו יכולים לקבל". הצגת הנושא על ידי אנשי כספים וכלכלה היא משכנעת.

שרון שושני: אני עוסקת בענייני אימפקט בצורה מערכתית בתחומי תחבורה. עוסקת בתחום הנדסת מערכות. מיומנויות הנדסת מערכות מאפשרות חילוץ והערכה של צרכי כל בעלי העניין. למרות מה שנאמר במפגש כאילו הצעירים נוטים יותר לענייני אימפקט, מניסיוני יש בורות של הצעירים בענייני קיימות. למשל הם חושבים שרכב חשמלי הוא קיימות בתחבורה. ייתכן ונכון לשלב לימודי הנדסת מערכות בתואר הראשון, ובמסגרת זו ללמד כיצד נכון להבין את צרכי כל בעלי העניין.

רוזה אזהרי: אנחנו נמצאים בחשיבה לשינוי תוכניות הלימודים בהנדסה על ידי חינוך לכישורים, והנדסת מערכות. תשמח להתייעץ עם חברי הפורום כיצד לעדכן ולשנות את תוכניות הלימודים. נראה שתחומי אימפקט נותנים הזדמנות מצוינת ללימודים רב תחומיים.

דפנה גץ: צריך להסביר לחברות מדוע שווה להשקיע בקיימות. למשל איך אפשר לחנך בהיבטי אימפקט וקיימות. נושא חשוב להדרכה למהנדסים-כיצד לתכנן ולייצר מוצרים כדי לאפשר מיחזור אפקטיבי.

אלי אייזנברג: מוביל את פרויקט הממשק של בתי הספר עם האקדמיה, צבא ושוק העבודה. מעדיפים לדבר על כישורים=מיומנויות+ידע+ערכים. מציע ללמוד מהשונים מאיתנו. ציין שלמד ממנדלה-"הראש שלנו מתקדם יותר מהלב". הטכנולוגיה מתקדמת יותר מהעולם האתי. נכון ללמוד כישורים ירוקים, וללמוד את כל השפות הכלולות באימפקט. נכון להכשיר את מורי הסטודנטים.

קובי משתף במאמר מה FINANCIAL TIMES.

נתן פנחס: מלמד כבר כמה שנים אתיקה בהנדסה. חייבים להדגיש-מי יכול ללמד באיזו שיטות ללמד ומה ללמד בתחומי אתיקה בהנדסה. טכנולוגיה יכולה להיות גורם לקשיים אתיים, אבל גם יכולה לפתור בעיות אתיות.

קובי ענבר: מתייחס להערת ראובן שתאגידים ציניים. התעשייה מונעת משיקולים כלכליים. אבל הם יכולים להיות גם הוגנים, חברתיים וסביבתיים. הוא מעדיף ללכת לבית קפה שמעסיק בעלי צרכים מיוחדים.

ראובן כץ: מחירי הדיור והשכירות לא היו צריכים לעלות בצורה חזרית.

נירית גביש: מתחברת לדבריה של רוזה, שהאקדמיה צריכה לעבור שינוי יסודי. כיוון שחלק מהסטודנטים כבר לא מחפשים את ההשכלה באקדמיה. המרצים צריכים להיות מנטורים בין השאר בכווני אימפקט, וצריכים לקיים שילובים רב תחומיים ובין תחומיים. זה מתחיל מהמרצים.

ראובן כץ: יזם פרויקט סטודנטים לתכנון שדה סולרי במישור רותם. הסתבר שהממשלה מכתובה תעריפים ומודל עסקי שאינם מעודדים הגדלת ההיקף של יצור חשמל סולרי. שוב גישה צינית.

ליהיא סקולר: מציע לחשוב לא במושגי או, או, או אלא במונחי גם וגם. הסטת ההשקעות הפנסיוניות לחברות המשקיעות באימפקט-יש לזה אפקט משנה מציאות יותר מצעדים אחרים. כמו כן יש ללמד וליישם סטנדרטים של שקיפות.

אלי אייזנברג: יש להשקיע בתכני הלימוד של נושאי האימפקט. מציע להשקיע בקורסים רב דיסציפלינריים. כדאי שבקורסים יהיו מספר מרצים שיציגו מגוון תחומים וגישות-רב-תחומיות ובין-תחומיות.

ליהיא סקולר: יוצגו במפגשים הבאים דוגמאות של קורסים אפקטיביים ממוסדות מובילים בעולם וגם מתוכניות בארץ.

נתן פנחס: העביר קורס בגישות מתקדמות במערכות תחבורה, בהם שולבו גם היבטי סביבה וחברה. לצער הממשלה לא יוזמת פרויקטים כאלו. גם לא מוצא ישועה בראשי האוניברסיטאות. לכן צריך לעודד גישות מלמטה למעלה.

רוזה אזהרי: צריך בכ"ז הרתמות של ההנהלה.

דפנה גץ: מתחברת לדברי נירית גביש. עשו עבודה בנאמן איך מלמדים יזמות. ראינו סטודנטים-התגובה הייתה שלא מלמדים כמו שצריך ולכן לא נמצאים בכיתות.

ראובן כץ: לימודי יזמות מפוצצים בסטודנטים.

ליהיא סקולר: יש משבר- הסטודנטים רוצים תכנים אחרים ודרכי למידה אחרות על עולם האימפקט. הסטודנטים מצפים לשינוי. זהו משבר שהוא גם הזדמנות. יש לנו דרכים חדשות ללמד קורסים חברתיים וסביבתיים. יוצגו במפגשים הבאים.

קובי ענבר: לאנשים יש דעות שונות בנושאים אלו. יש פעילות יפה באפקה ובשנקר שכדאי להציג. צריך ללמוד איך להתמודד עם הציניות. נהנה מהכנת המפגש, והמפגש עצמו.

רשם: אביגדור זוננשיין

נספח ג'

סיכום דיון בשולחן עגול מס' 3 בהנחיית עמרי בורל

עמרי לא העלתה שאלות ועודדה שיח פתוח.

אריה מהרשק – קורס חובה כדי שהסטודנטים יקבלו חשיפה ראשונית אבל חשוב לתרום למודעות ולידע של הסגל האקדמי על מנת שנושאים אלה ישולבו בת"ל.

דניאל אלטמן – האם יש הגדרה מוסכמת בפורום מהו אימפקט? בקיץ אנחנו מארגנים מיזם בשנקר בנושא יזמות ואימפקט ועולות שאלות בנושא.

בנוסף מתקיימים מספר מהלכים: קורס חובה בנושא, בכל סילבוס בשנה הבאה תופיע רובריקה SDG בניסיון להעלות המודעות והטמעתו.

עומר עינב – בחברה שלו 35 מהנדסים שעוסקים ברובוטיקה, תחום אינטגרלי המחייב הבנה בהרבה תחומים. קיימות, בדומה לרובוטיקה, הוא נושא אינטרדיסציפלינרי המחייב ראייה רחבה וחשובה המודעות. יש כאן עניין של אחריות אישית של הסטודנט, המרצה והמוסדות.

מציע שבכל קורס ליצור מדדים איך הוא משפיע על הסביבה. כל תרגיל, כל משימה של סטודנט תהייה התייחסות למדד הסביבתי. מהפיכה!

בלימודי הנדסה ראוי לאפשר ראייה רחבה כמו בניהול פרויקטים, בנושא אימפקט חברתי.

אם יש ל-SDG מדדים, יהיה קל יותר לפתח מדדי הערכה בקורסים.

עמרי בורל – זה אחד האתגרים! יש פה שפה שונה. הסטודנטים הצעירים כבר שם ורוצים לקבל ידע.

מנחם ברזילי – קורס אימפקט חברתי. יש לנו הזדמנות מצוינת לקחת נושא אינטרדיסציפלינרי היוצר מכנה משותף אחד גדול וליצור שותפויות בין סטודנטים מאוניברסיטאות שונות בארץ ובחו"ל. חלק מהפרטואר צריך לכלול יצירת קשר עם תעשיות, סדנאות, והרצאות ויטמיע במקומות שונים לצורך חשיפה. עבודת הסיום צריכה להיות פרויקט PBL/קבוצות חוצות מוסדות שם תבוא לידי ביטוי השותפות. זה יאפשר הטמעה גדולה יותר של הנושא.

ניל נמיר – מתייחס לנושא הספקנים. יש פה אג'נדה שרוצים לקדם אבל צריכים להיות זהירים כדי לשמור על הקרדביליות. למשל, קובי הציג מספר חברות שמקדמות ESG והרווחים שלהם גדלו פי 10. בספק לגבי נתון זה. זה חשוב אבל לדעתו יש פה ניצול לרעה שגורם לבריחת הספקנים.

עמרי בורל – חשוב להיות מדויקים! כל התחום בהתפתחות ויש המון דיונים מה נכלל למשל (לא תמיד הדיווח אמיתי), בנוסף רגולציה ופיקוח.

ברוך קרפ – שואל את עמרי עינב מה לדעתו צריך קורס כזה לכלול? מציין שהכנת קורס כזה היא קריטית. סטודנט שלא למד בצורה מסודרת את הנושאים כמו אמינות, סביבה, ניתוח אופני כשל וכד' בעייתי.

עמר עינב – המרבית הקורסים אין התייחסות לסביבה והוספה של זה יעזור, בתנאי שיוכנס בצורה שמתכוונים אליו. כל מרצה ידגיש הכנסה של כך לשיקולים של התכן.

אריה מהרשק – מוסיף - מודעות תגיע דרך חינוך. למשל בתכן של רכב לקחת בחשבון גריטה/פירוק של הרכב.

ברוך קרפ – בעבר לימד קורס "מחזור חיים". תכן הכולל חשיבה על סיום חיי המוצר.

רענן יוסף שרמן – לא צריך ללמד אימפקט. צריך ללמד דרך חוויה. קורסים שעוסקים בסביבה שונה כמו דרום תל אביב, עבודת צוות וכד'.

עמר עינב – מדברים הרבה על ללמד את ההשלכות החברתיות – עבודה עם אנשים שונים, מערכות שונות, תרבות אחרת...אלה הם נושאים שפחות מוטמעים באקדמיה ובחברות עושים זאת.

אורית ששון – בהמשך לדבריו של מנחם. 2 צירים: 1. לפתח תוכניות הכשרה לצורך הטמעה מהירה. חשוב לחשוב באופן רב מוסדי ופרקטיקה והיבטים חברתיים ולא רק סביבתיים. כדאי לבנות מתווה לקורס משותף ברמת הקמפוס ולהטמיע בהדרגה. מה שנלמד לא תמיד נחשב אלא מה שהם נמדדים ומוערכים וזהו בעל ערך. 2. לכנס צוות שידייק מה הקריטריונים שצריכים להיות בקורסים שמפתחים, מחוונים של עמיתים, סטודנטים ומרצים.

באוניברסיטת סידני יצרו בצוות מחוון ברמה הוליסטית – רמה של אימפקט ועוד ככלי ממוחשב להערכה מגוונת. מאפשר להציג את התוצאות למשל ב-CV.

תכנית הכשרה והערכה הכוללת קריטריונים ומחווונים שיאפשרו שפה אחידה ומשותפת.

פרדי גבאי – מצטרף לדברי אירית וברוך. צריך להתקדם בזהירות ולא בטוח שצריך להכניס בכל קורס. מתחבר לדברי אירית לתת בקורס או במקבץ את נושא המיומנויות - אספקטים הנדסיים וחברתיים. בוגר בתחילת הדרך לא עוסק בקיימות בתעשייה. לדעתו צריך להיזהר במימון.

עמרי בורל – אחד המנגנונים במשיכת עובדים בסטרטאפים היה נושא זה. לעובדים הצעירים חשוב לעבוד בחברה שתשקף את הערכים שלהם.

מנחם ברזילי – מוסיף לגבי קורס חוצה מוסדות. במפגשים הראשונים של הפורום דנו בדמות המהנדס וקורס קיימות וסביבה, יכול לקשור בין שתי דעות שהושמעו – בין הכשרה לפתרון בעיות לבין הכשרה של מהנדס למסלול אקדמי/מחקרי. קורס חוצה דיסציפלינות שבו ההגדרה מהו מהנדס יקבל משמעות.

אריה מהרשק – מדע עוסק במאמצים להבין את העולם ולנבא והנדסה עוסקת בפתרון בעיות בדרכים שונות (זאת אומנות). לסגל האקדמי חייב שיהיה בו רובד מחקרי.

הקיימות יכולה בהחלט לתת חיתוך גדול יותר בין שני התחומים. כמה שיותר רב תחומי כדי שהחיתוך בין המהנדסים יהיה רב יותר.

קובי ענבר – מתייחס לדבריו של פרדי גבאי – זה לא על חשבון החומר הנלמד אלא חלק מה-DNA של ההכשרה. הסטודנטים גדלים עם מודעות לסביבה ולחברה (דור ה-Z) ולכן חשוב לתת תשתית שתספק את מאווייהם.

פרדי גבאי – לא ניתן ליישם בקורס לימודי יסוד. תכנית הלימודים מאוד צפופה ומלחיצה. לדעתו להכניס בכל קורס קיימות זה "תפסת מרובה לא תפסת".

אריה מהרשק – קיימות רק כאשר עוסקים בפתרון בעיה. קונקרטיה המהנדס צריך לקחת את ההיבטים של הקיימות – סביבה-חברה-אנרגיה.

פרדי גבאי – אפשרי רק בקורס אחד או שניים.

אריה מהרשק – כשמביאים בפני המהנדסים בעיה יש להוסיף אילוצי קיימות. במידה והלקוח לא מציין אז על המהנדס להצביע על כך.

קובי ענבר – צריך push & pull.

עמרי בורל – עלו פה כמה רעיונות מאוד טובים וכדאי להתמקד בנושא היישום באופן מדורג.

רשמה: תמר דיין



neaman.org.il

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית | קרית הטכניון,
חיפה 3200003 | טל. 04-8292329 | info@neaman.org.il

חינוך מהנדסים