

**תכנית לימודים לתואר שני (M.Sc.)  
בהנדסה ירוקה עם תזה**

**פרופ' עדי וולפסון**

**פרופ' דורית תבור**

**מרץ 2018**

## תקציר

המועצה להשכלה גבוהה אישרה למכללה לפתוח בשנת תשע"ח, תכנית ללימודים לתואר מוסמך למדעים (M.Sc.) בהנדסה ירוקה עם תזה, ולרשום אליה סטודנטים. התכנית בהנדסה ירוקה הינה תכנית חדשנית וייחודית בארץ, ותוכניות דומות נלמדות במוסדות אקדמים מובילים בעולם. הנדסה ירוקה או הנדסה בת-קיימא, הינה מודל חדש שעיקרו החיבור בין עקרונות, ערכים ומודעות סביבתית לבין מדע, טכנולוגיה והנדסה, על מנת להיטיב עם הסביבה המקומית והגלובלית. ההנדסה הירוקה מתמקדת בתכנון מקיף ומקדים של תהליכים ומערכות, תוך מזעור ההשפעה הסביבתית שלהם, הן מבחינת ניצול משאבים של חומר ואנרגיה והן בהתייחס לטיפול בפליטות, בשפכים ובפסולות. כיוצא מכך, ההנדסה הירוקה משקללת את כל מעגל החיים של המוצר, החל מהפקת חומרי הגלם והאנרגיה דרך הטכנולוגיה והמשאבים המוטמעים בתהליך הייצור ועד למחזור וטיפול במוצר הסופי.

ההכשרה בתחום ההנדסה הירוקה מיועדת למהנדסים מתחומים מגוונים, אשר מתכננים מערכות, עוסקים בהיבטים הטכנולוגיים והתפעוליים של מערכות ותהליכים ומקבלים החלטות שיש להן השפעה על הסביבה, החברה והכלכלה, ועל הדורות הבאים. מטרת התוכנית לתואר שני בהנדסה ירוקה היא לחשוף את הסטודנטים לחשיבות של שקלול ההשפעות הסביבתיות, החברתיות והכלכליות על תכנון, עיצוב, תפעול וניהול של מערכות ותהליכים, ולתת להם כלים טכנולוגיים המאפשרים להיטיב עם הסביבה האנושית והטבעית.

לימודי תואר שני עם תזה שמים דגש על חקר, ניתוח מעמיק, ביצוע אינטגרציה ויצירת מומחיות בנושא מסוים. לימודים אלה גם מספקים לבוגרי התכנית כלים שיאפשרו להם להתמודד עם המורכבות והרב תחומיות של ההנדסה הירוקה. התכנית המוצעת על ידי המכללה הינה תכנית ייחודית בארץ, בתחום מולטידיספלינארי מתפתח בו נדרשים מומחים רבים, הן בסקטור התעשייתי והן בסקטור הציבורי.

הלימודים בתכנית פתוחים בפני בוגרי תואר ראשון בהנדסה (כגון הנדסה כימית, הנדסת בנין, הנדסת מכונות, הנדסת תוכנה, הנדסת חומרים, הנדסת תעשייה וניהול והנדסת חשמל ואלקטרוניקה), וכן בפני בוגרי תואר ראשון במדעי הטבע (כגון כימיה, מדעי החיים וגיאולוגיה). לכל סטודנט תותאם תכנית לימודים לפי הרקע שלו בלימודי התואר הראשון, והוא יידרש לקורסי השלמה בהתאם. התכנית פרוסה על שתי שנות לימוד וכוללת סה"כ 36 נק"ז לפי הפירוט הבא: 12 נק"ז קורסי חובה, 12 נק"ז קורסי בחירה בשלושה מסלולים - סביבה בת קיימא, אנרגיה חליפית וניהול סביבתי - ו- 12 נק"ז עבודת התזה.

# 1. תנאי קבלה וסיום

## 1.1. תנאי קבלה לתכנית הלימודים

הלימודים בתכנית פתוחים בפני בוגרי תואר ראשון בהנדסה (כגון הנדסה כימית, הנדסת בנין, הנדסת מכונות, הנדסת תוכנה, הנדסת חומרים, הנדסת תעשייה וניהול והנדסת חשמל ואלקטרוניקה), וכן בפני בוגרי תואר ראשון במדעי הטבע (כגון כימיה, מדעי החיים וגיאלוגיה). לכל סטודנט תותאם תכנית לימודים לפי הרקע שלו בלימודי התואר הראשון, ובהתאם יידרש לקורסי ההשלמה לפי המופרט בהמשך.

### תנאי הקבלה:

- מועמדים בעלי ממוצע ציוני תואר ראשון של 80 ומעלה ואשר מדורגים ב- 25% העליונים במחזורם.
  - מועמדים בעלי ניסיון תעשייתי/ניהולי רלוונטי מעל חמש שנים ואשר ממוצע הציונים שלהם לתואר ראשון נמוך מ- 80, יוכלו להגיש מועמדות הדורשת השלמות לוועדת קבלה. מספרם של חריגים אלו לא יעלה על 10% מכלל המתקבלים לתכנית.
  - על המועמדים לצרף לבקשה שני מכתבי המלצה אקדמיים. מועמד בעל ניסיון תעשייתי/רלוונטי, כאמור לעיל, יצרף לבקשתו מכתב המלצה אחד מבכיר בתעשייה.
- להלן פרוט ההשלמות הנדרשות לבאים מתחומי ההנדסה השונים למעט הנדסה כימית (סה"כ 14.5 נק"ז)

:

- מבוא לכימיה (2.5 נק"ז)
  - הנדסה סביבתית (3 נק"ז)
  - מבוא להנדסת תהליך (3 נק"ז)
  - תופעות מעבר (3 נק"ז)
  - מבוא לכלכלה/ כלכלה הנדסית (3 נק"ז)
- להלן פרוט ההשלמות הנדרשות לבאים מתחומי המדעים (סה"כ 26.5 נק"ז):

- חדו"א 1 (5 נק"ז)
- משדו"ף (3.5 נק"ז)
- פיזיקה להנדסה (3.5 נק"ז)
- מבוא לכימיה (2.5 נק"ז)
- הנדסה סביבתית (3 נק"ז)
- מבוא להנדסת תהליך (3 נק"ז)
- תופעות מעבר (3 נק"ז)
- מבוא לכלכלה/ כלכלה הנדסית (3 נק"ז)

סטודנט שנדרש להשלמות יתקבל ללימודים כסטודנט שלא מן המניין עד לסיום ההשלמות, אותן יהיה חייב לסיים תוך שנה. לאחר עמידה בהצלחה בכל קורסי ההשלמה וקבלת ציון 75 ומעלה יעבור הסטודנט לסטטוס סטודנט מן המניין ואז יורשה להתחיל בלימודי התואר השני ובתזה.

### 1.2. תנאי סיום הלימודים והדרישות לקבלת זכאות לתואר

כדי להיות זכאי לתואר על הסטודנט לעמוד בתנאים הבאים:

- צבירה של 24 נ"ז בקורסי החובה והבחירה. ציון "עובר" בקורס 65 לפחות.

צבירה של 12 נ"ז עבור עבודת המחקר הנרחבת (התזה) בציון של 75 לפחות. המנחה של הסטודנט יהיה בדרגת מרצה בכיר לפחות ובעל ניסיון בתחום בו מתבצע המחקר. עבודת התזה של הסטודנט תיבחן ע"י שלושה חברי סגל בדרגת מרצה בכיר ומעלה, כאשר לפחות שניים מהבוחנים יהיו חברי סגל במוסדות אחרים הפעילים בתחום המחקר ולפחות אחד מהם יהיה חבר סגל באוניברסיטה. ממוצע ציונים משוקלל לתואר של 75 לפחות.

### פטורים והכרה בלימודים אקדמיים קודמים

הסטודנט יהיה זכאי לפטור על קורס אקדמי באם עמד בכל קרטיונים הבאים:

- הקורס שלמד היה במסגרת לימודי תואר שני במוסד מוכר להשכלה גבוהה.
- סילבוס הקורס שלמד חופף בלפחות 75% לסילבוס הקורס שעליו מבקש פטור.
- נ"ז של הקורס שלמד זהות בהיקפן לנ"ז של הקורס שעליו הוא מבקש פטור.

ככלל, מקסימום נ"ז פטור שסטודנט רשאי לצבור בגין לימודים קודמים הינו 12 נ"ז.

ככלל, סטודנט לא יהיה זכאי לקבל פטור עבור קורס אקדמי עם נקודות זכות עבור אותו קורס שנלמד ונכלל בלימודי התואר הראשון שלו.

### 1.3. מספר נקודות זכות ושעות

לצורך קבלת התואר על הסטודנט/ית לצבור סה"כ 36 נק"ז לפי החלוקה הבאה: 12 נק"ז קורסי חובה, 12 נק"ז קורסי בחירה ו-12 נק"ז תיזה. בנוסף חלה חובת השתתפות בסמינר מחלקתי שבועי אשר ניתן על ידי אנשי מקצוע חיצוניים ובמסגרתו מחויב/ת הסטודנט/ית לתת הרצאה סמינריונית המסכמת את עבודתו. כל קורס הינו 3 שעות שבועיות וכל שעה שבועית שקולה לנקודת זכות.

## 2. תכנית הלימודים

### 2.1. המבנה הכללי של תכנית הלימודים

משכה של תכנית הלימודים המומלצת הוא שנתיים לפי החלוקה המפורטת בטבלה מס' 1 שלהלן.

#### טבלה מס' 1: פריסת הלימודים על פני הסמסטרים השונים

סה"כ	שנה ב'				שנה א'				
	סמסטר ב'		סמסטר א'		סמסטר ב'		סמסטר א'		
נק"ז	נק"ז	מס' קורסים	נק"ז	מס' קורסים	נק"ז	מס' קורסים	נק"ז	מס' קורסים	
12	-	-	-	-	3	1	9	3	חובה
12	-	-	9	3	3	1	-	-	בחירה
12	6		4		2		-	-	תזה
36	6		13		8		9		סה"כ

עבודה התזה מזכה ב 12 נק"ז. המנחה של הסטודנט יהיה בדרגת מרצה בכיר לפחות, ובעל ניסיון בתחום בו מתבצע המחקר. על הסטודנט להגיש את הצעת המחקר לתזה עד סוף הסמסטר הראשון ללימודיו לוועדה האקדמית של התואר השני. לכל הצעת תזה שתאושר תמונה וועדה בת שלושה חברים מרשימה של המנחים הפוטנציאליים, שתפקידה לפקח ולבחון את התקדמות הסטודנט בתזה ולהמליץ על בוחנים חיצוניים לתזה. עבודת התזה של הסטודנט תיבחן ע"י שלושה חברי סגל בדרגת מרצה בכיר ומעלה, כאשר לפחות שניים מהבוחנים יהיו חברי סגל במוסדות אחרים הפעילים בתחום המחקר ולפחות אחד מהם יהיה חבר סגל באוניברסיטה.

#### טבלת תכנית הלימודים

בטבלה מס' 2 מפורטת תכנית הלימודים לפי סמסטרים.

שנה	סמסטר	שם הקורס	דרישות קדם	דרישות במקביל	מס' נק"ז	מס' שעות הוראה שבועיות	מס' שעות תרגול שבועיות	מס' שעות מעבדה שבועיות	
א'	סמס' א'	עקרונות הנדסה ירוקה	-	-	3	3	-	-	
		שיטות מתמטיות מתקדמות לפתרון בעיות בהנדסה ירוקה	חדו"א 1, חדו"א 2, משדו"ף	-	3	3	-	-	
		אפיון מחזור חיים סביבתי LCA	-	שיטות מתמטיות מתקדמות לפתרון בעיות בהנדסה ירוקה, עקרונות הנדסה ירוקה	3	3	-	-	
		סמינר	-	-	1	0	-	-	
	סמס' ב'	חקר סיכונים במערכות סביבתיות	-	-	3	3	-	-	
		קורס בחירה	-	-	3	3	-	-	
		תזה	-	-	4	2	-	-	
		סמינר	-	-	1	0	-	-	
	ב'	סמס' א'	קורס בחירה	-	-	3	3	-	-
			קורס בחירה	-	-	3	3	-	-
קורס בחירה			-	-	8	4	-	-	
סמס' ב'		תזה	-	-	1	0	-	-	
		סמינר	-	-	3	3	-	-	
		תזה	-	-	12	6	-	-	
		סמינר	-	-	1	0	-		

טבלה מס' 2: תכנית הלימודים