

## קורסים ירוקים בפקולטה למדעי ההנדסה

### 3.1 הנדסת מכונות

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
הנדסה סביבתית	362-1-4781			
הנדסת הסביבה ופיסיקה של צורות חיים	362-1-4001	3	3	<p>תכונות פיזיקליות של נוזלי כדור הארץ ושל צורות חיים: תרכובת, טמפרטורה, גודל ומהירות; כיצד השפיעו התנאים הפיזיקליים על הנדסת צורות חיים בתולדות כדור הארץ; דינמיקת הנוזלים וכוח העילוי: צפיפות נוזלים, כוח העילוי והשפעתם על מבנה צורות חיים; דינמיקת הנוזלים: גרר, עילוי, תאוצה, תגובה, תנועה, דחף-ניתוח היכולת לעוף או לשחות; גבולות מכניים לגודל צורת החיים; זרימת נוזלים והידרודינמיקת תנועה: צמיגות; מכניקת התנועה, הידרודינמיקת מערכות הדם; דיפוזיה: יסודות תהליכים אקראיים, כיצד משפיע קצב הדיפוזיה על התנהגות בעלי חיים, זיהוי באמצעות נשימה והרכב מבנים מכניים מגנים; אלקטרודינמיקה וגילוי אותות בטבע: יסודות האלקטרודינמיקה ותפקיד ההתנגדות החשמלית של האוויר והמים, גילוי פעילות חשמלית ממרחק; הנדסה אקוסטית בטבע: פיזיקה הנדסית של קול, כולל תופעות עקיפה, פיזור, החזרה ואטנואציה; מערכות ניווט מבוססות קול וגילוי קול בטבע; הנדסה אופטית של מערכות ראייה: יסודות פיזיקת האור - החזרה, שבירה, פיזור ובליעה; חשיבות קרינת השמש וזיהויה; מרכיבי ראייה - עדשות, מבנה העין, התאמה לחיים באוויר לעומת החיים במים, האם ניתן להיות בלתי-נראה; הנדסה תרמית: יסודות מעבר חום, קרינה, הולכה, הסעה ואידוי; בקרה תרמית של מאזן אנרגיה בצמחים ובבעלי חיים.</p>
מבוא להנדסה סביבתית	362-1-4041	3	3	<p>הקניית יסודות מדעי הסביבה והאקולוגיה ועקרונות הפיתוח והחשיבה הטכנולוגית הסביבתית. נושאי הקורס: האבולוציה של כדור הארץ, מאפייני האקוסיסטמות, מונחי יסוד; מעגלי שימור ומחזור: מעגלי משאב-פסולת, חומר-אנרגיה, מעגלי פחמן, חנקן, זרחן, גופרית, המעגל ההידרולוגי; הכרת מזהמי סביבה ומקורותיהם; אדם וסביבה - אירועים סביבתיים; יסודות האקולוגיה והיווצרות המינים; עקרונות בבחירת טכנולוגיות לבקרת סביבה ולמקורות מידע; עקרונות בפיתוח ביוטכנולוגי בהנדסה סביבתית; טיפול בפסולת מוצקה ועקרונות בתכנון אספ"ם; רעש וקרינה; אנרגיות חלופיות; שיקום אספ"ם, מחצבות ושטחים מופרים; זיהומים גנטיים והדברה אקולוגית; עקרונות בניטור סביבתי.</p>
מקורות אנרגיה לא קונבנציונליים	362-1-4951	3	3	<p>מאזן האנרגיה העולמי; היצע וביקוש באנרגיה; מקורות אנרגיה בפרספקטיבה היסטורית; מקורות אנרגיה חלופיים; מאובנים</p>

ומתחדשים: פצלי שמן, שמש, רוח, ביו-מסה ואחרים; טכנולוגיות חדשניות להמרת אנרגיה; מושגים בכלכלת אנרגיה.				
--	--	--	--	--

### 3.2 הנדסה כימית

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
הנדסה סביבתית	363-1-4271	3	3	המקצוע עוסק בנושאים הקלאסיים של ההנדסה הסביבתית: איכות מים וטיפול במים, שיטות טיפול וסילוק שפכים, בקרת זיהום אויר וטיפול בפסולת מוצקה. יושם דגש על האספקטים ההנדסיים (תרגילי תכנון וחישוב תהליכים).
מבוא לאיכות האויר	363-1-4291	3	3	
מבוא לזיהום סביבתי	363-1-3091	3	3	הנושאים שיובאו הינם: מקורות הזיהום, הפיזור של מזהמים תעשייתיים ותוצאותיו, פיזור מטרולוגי, ריחות, ציוד בקרת זיהום לסילוק אבקות ועשן, בקרת זיהום מים על-ידי הפרדת זרמים וטיפול בהם, טיפול מרוכז בשפכים נוזליים בשיטות פיסיקליות וביולוגיות, בעיות בפנוי אשפה מוצקה, משרפות, "זיהום" אקוסטי ובקרתו, חוקי בקרת הזיהום וביצועם.
ניהול מערכות סביבתיות (EMS) בתעשייה	363-1-3301	3	3	הקורס "ניהול מערכות סביבתיות EMS בתעשייה, על פי עקרונות של פיתוח בר-קיימא" מציג אסטרטגיה שתכליתה שילוב בין היבטים של מדיניות פיתוח, מדיניות חברתית ומדיניות סביבתית, על מנת להביא לדפוסים של פיתוח בר-קיימא בארגונים תעשייתיים. נושאים מרכזיים בקורס: Corporate Sustainability (ופיתוח מדיניות סביבתית, היכרות עם מערכות ניהול סביבתיות EMS מובילות בעולם כגון ISO 14001 ות"י 18001, Sustainability report וניתוחם, ניתוח ברמת המאקרו קריטריונים למערכת הניהול הסביבתי, מרכיבים של פיתוח בר קיימא על פי מסמך - Initiative GRI Global Reporting, חקיקה סביבתית, פיתוח מדיניות תקשורת סביבתית.

### 3.3 הנדסת תעשייה וניהול

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
ארגון וניהול בתכנון אורבני סביבתי	364-1-4181			
ישומים של חקר ביצועים בהנדסה סביבתית	364-1-4501	3	3	
ניהול חקר וביצועים במערכות משאבי טבע וסביבה	364-2-1741	3	3	תוצגנה בעיות הקשורות לניצול מיטבי של משאבי טבע תוך התייחסות להיבטים סביבתיים וכלכליים. פתרונות אפשריים על ידי ניסוח ופתרון מודלים ניהוליים המבוססים על יישומים של חקר ביצועים. יוצגי היבטים עיוניים הקשורים לתהליכים להשגת האופטימום.
ניהול וכלכלת משאבי טבע	364-2-1661	3	3	הקצאה ואופטימיזציה של משאבי טבע לא-מתחדשים ומתחדשים, מגבלות שווקים,

השפעות חיצוניות, קניין, מדדי מחסור, תפקיד הממשלה בקביעת מדיניות ניצול משאבי טבע וסביבה, תגובת הפירמה למדיניות משאבי טבע, טכנולוגיות עצר, היבטים דינמיים ואי וודאות בניהול משאבי טבע, התנהגות אסטרטגית בניהול משאבים חוצי גבולות.				
--	--	--	--	--

### 3.4 הנדסה גרעינית

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
נושאים נבחרים באנרגיה והנדסת הסביבה	366-1-4191	3	3	
בטיחות גרעינית סביבתית	366-2-5031	3	3	
נושאים נבחרים בהנדסת אנרגיה וסביבה	366-2-6301	3	3	

### 3.5 הנדסת ביוטכנולוגיה

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
ביוטכנולוגיה סביבתית	369-1-7041	2	2	
גישות מולקולריות לאקולוגיה מקרוביאלית וביוטכנולוגיה סביבתית	369-1-2091	3	3	הקורס עוסק בגישות מולקולריות ללימוד אוכלוסיות מיקרואורגניזמים, שונות מיקרוביאלית ומבנה האוכלוסיה בסביבות שונות. בנוסף נעסוק במיקרואורגניזמים שאינם ניתנים לגידול, סימביוזה, יכולות גנטיות ומטבוליות של חיידקים בסביבתם הטבעית וישומים בביוטכנולוגיה סביבתית.
מיקרוביולוגיה סביבתית	369-1-7011	3	3	עקרונות אקולוגיים של בתי גידול יבשתיים וימיים והשפעתם על אוכלוסיות מיקרוביאליות; אינטראקציות חיוביות ושליליות בין אוכלוסיות מיקרוביאליות; מיקרוביולוגיה של מאגרי מים ובריאות הציבור; שיטות להערכה כמותית של ביומסה, מספר ופעילות חיידקים בבתי גידול טבעיים; מיחזור ביוגיאוכימי של פחמות חנקן, גופרית ופוספאט; גורמים אביוטיים וסביבות קיצוניות והשפעתן על מיקרואורגניזמים; אינטראקציות בין מיקרואורגניזמים לחומרים קסנוביוטיים ומזהמים; אינטראקציות בין צמחים לחיידקים; סימביוזה, מחלות צמחים; פסטיצידים מיקרוביאליים והדברה ביולוגית של מחלות צמחים.
גישות מולקולריות לאקולוגיה מקרוביאלית וביוטכנולוגיה סביבתית	369-2-6451	3	3	הקורס עוסק בגישות מולקולריות ללימוד אוכלוסיות מיקרואורגניזמים, שונות מיקרוביאלית ומבנה האוכלוסיה בסביבות שונות. בנוסף נעסוק במיקרואורגניזמים שאינם ניתנים לגידול, סימביוזה, יכולות גנטיות ומטבוליות של חיידקים בסביבתם הטבעית וישומים בביוטכנולוגיה סביבתית. דרישות הקורס: נוכחות חובה מצגת פרוייקט מבחן בית
מעבדה בגישות מולקולריות לאקולוגיה מיקרוביאלית	369-2-6453	1	4	

### 3.6 הנדסת בניין

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
מבוא להנדסה סביבתית	374-1-3032	2	2	The course will deal with the fundamental concepts and principals of environmental engineering and technologies for environmental control and natural resources management. In the first part, the fundamental terms will be studied, followed by studying the application of natural process (resources- waste cycle) in environmental technologies. In the second part, environmental monitoring, risk assessment, principals of technology development and selection and performance study (to be applied in ISO 14,000 and Environmental Survey of Influence) will be studied. Bibliography 1. Liu, D. et al., (1997) Environmental Engineers' Handbook. Lewis Publishers, Inc. 2. Salvato J.A., (2003) Environmental Engineering. Wiley & Sons Inc. 3. McMullan, R., (2002) Environmental Science in Building. MacMillan Pub. 4. Cascio, J. Et al., (1996) ISO 14000 guide. McGraw-Hill 5. McDougall, F.R. et al., (2001) Integrated Solid Waste Management. Blackwell Publishing. 6. Callenbach, E., et al. (1993) EcoManagement. Berrett-Koehler Publishers

### 3.7 הנדסה סביבתית

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
בקרת זיהום מים	376-1-5011	3	3	
דיני איכות סביבה	376-2-6061	2	2	
בקרת זיהום אויר ב'	376-2-6111	3	3	מטאורולוגיה של פיזור מזהמים, ציוד לניטור סביבתי, שיטות הפרדה בין חלקיקים לגז, זיהום מכלי רכב, היווצרות רכיבי חנקן וגופרית והשפעתם על הסביבה והטיפול ברכיבים אלה, מאפייני פליטה ממתקני שרפה נייחים ואמצעים להקטנתה.
שיקולים בפיתוח תהליך כימי	376-2-6261	3	3	שמות לכימיקלים; סוגי כימיקלים ומאפייניהם הטכנולוגיים והשיווקיים; ספציפיקציות ותקנים; הכימאי והציוד התעשייתי; חומרי מבנה; WORK-UP כל המסלול שבא אחרי הריאקציה הכימית; השפעה סביבתית לתהליכים ולמוצרים; בטיחות; אויבים סמויים; בחירת מסלול תהליכי - Route selection
בקרת זיהום אויר א'	376-2-7111	3	3	הגדרות זיהום אויר, מזהמי אויר, תכונותיהם, מקורותיהם והשפעתם על הסביבה ועל האדם, מטאורולוגיה וזיהום אויר; ניטור מזהמי אויר בסביבה; מדידת פליטות מזהמים במקור; שיטות לבקרת פליטות ולהרחקת

מזהמים; בקרת פליטות מתחנות כוח, פליטות מכלי רכב.				
מקורות מים עיליים ומי תהום, הפקת מים, צריכות מים, מדדים ותקנים של איכות מים, טכנולוגיות לטיפול במים כולל פירוט תכנוני של תהליך השיקוע הגרביטציוני. אפיון שפכים, מאזני חומר אורגני וצריכת חמצן בסילוק שפכים לנהר, שיטות טיפול וסילוק של שפכים, קינטיקה בסיסית ומאזני הרחקת חומר אורגני וגידול ביומסה, תהליכי הבוצה המשופעלת.	3	3	376-2-5011	בקרת זיהום מים
מבנה מערכת המנהל הסביבתי, עקרונות במשפט הסביבתי, אבולוציה של חקיקה ופסיקה סביבתית, תיאוריות כלכליות במשפט, גישות בבניית תקנים, ניתוח השוואתי של חקיקה ופסיקה בנושאי איכות אוויר, רעש, ריח, איכות מים, חומרים מסוכנים, ותסקירי השפעה על הסביבה.	2	2	376-2-6061	דיני איכות הסביבה
		2	376-2-5061	יסודות כימיה אנליטית סביבתית
יסודות הכימיה הסביבתית, הכימיה של האטמוספירה ומזהמים באטמוספירה, הכימיה של ההידרוספירה ומזהמים בהידרוספירה, כימיה של מזהמים מוצקים, כימודינמיקה של מזהמים, יסודות הכימיה האנליטית הסביבתית.	3	3	376-2-6031	כימיה סביבתית
מבוא למודלים סביבתיים, מכניקת זורמים אטמוספירית, משוואת הדיפוזיה האטמוספירית והפולמה הגאוסיאנית, דינמיקה של חלקיק בזרימה, מושגי יסוד בתיאור קבוצות חלקיקים, מודלים לתיאור דינמיקה של אוכלוסיית חלקיקי אירוסול, השפעת אידוי, עיבוי והסרת חלקיקים, פתרונות אנליטיים למקרים פרטיים.	2	2	376-2-6171	מודלים מתמטיים של מערכות אוויר א'
משוואת הארוסולים הכללית ופתרונה לתיאור חלקיקים רב-מרכיביים, תאורית הנוקליאציה במערכת ארוסולים, הסרת חלקיקים - יבשה ורטובה (רוח, גשם), תיאור השפעת עננים על האבולוציה של החלקיקים באטמוספירה, מודל הקופסה לשכבת הגבול הימית והיבטוי הכימיים, סימולציה נומרית.	2	2	376-2-6181	מודלים מתמטיים של מערכות אוויר ב'
בקורס יוצגו היבטים הקשורים להשבה ולניצול של שפכים. תוך התייחסות לשיטות טיפול ולרמות טיפול. יוצגו וינתחו אפשרויות להשבה בכפוף לשיקולים כלכליים ולמגבלות סביבתיות ותברואתיות.	2	2	376-2-6301	השבה ושימוש חוזר בשפכים
פעולות יסוד של תהליכי טיפול במים ובשפכים כוללת: שיטות ממברנליות לטיהור ולהתפלה של מים (אולטרפילטרציה, ננופילטרציה, אוסמוזה הפוכה), ספיחה על פחם פעיל, חלופות של חיטוי מים, קואגולציה ופלוקולציה, מאזני חמצן וחומר אורגני והערכת קבועים קינטיים בתהליך הבוצה המשופעלת, תהליך דיאליזה	4	2	376-2-6083	מעבדת טכנולוגיות מים
		0	376-2-6701	סמינר בנושאים נבחרים
יסודות מבנה של ראקטורים אלקטרוכימיים. שיטות אלקטרוכימיות לטיפול במים - שיקוע של מתכות, טיהור שפכים תעשייתיים, חימצון אלקטרוכימי של מרכיבים אורגניים, ייצור	3	3	376-2-5051	שיטות אלקטרוכימיות לטיפול בבעיות סביבה

אלקטרונימי של מחמצנים שונים. שיטות אלקטרונימיות ממברנליות לטיפול במים-אלקטרודיאליזה. תופעות אלקטרונימיות באוסמוזה הפוכה, ננופילטרציה, אולטרפילטרציה. תופעות פוטואלקטרונימיות לטיפול בבעיות סביבה. מקורות כוח חלופיים כדרך לשימור הסביבה וכן שיטות אלקטרונימיות לבקרת סביבה וגילוי מזהמים.				
פירוט תהליכי טיפול בשפכים כולל: טיפול קדם, טיפול ראשוני, טיפול ביולוגי במערכות מכניות/אינטנסיביות (בריכות מאוורות, מירבגים ביולוגיים וביודיסקים וכן במערכות טבעיות/פשטניות (בריכות ייצוב, מערכות צמחי מים). מודלים מתמטיים של מערכות בוצה משופעלת להרחקת תרכובות חנקן וזרחן. בוצה משופעלת מסוג SBR. בעיות הפרדת ביומסה במערכות בוצה משופעלת. מאזני בוצה ותהליכי ייצוב אירובי ועיכול אנאירובי של בוצה.	3	3	376-2-6021	תהליכי טיפול ביולוגי בשפכים
רקע ומבוא: ניהול משולב של משאבי מים - עקרונות ומרכיבים; קבוצות בעלי עניין (Stakeholders) ואינטרסים מנוגדים. מגזרים וצרכים מים שונות. גישה רב-תחומית לניהול משאבי מים; מדיניות וחקיקה; שיקולים כלכליים בניהול משאבי מים. בעיות בינלאומיות בנושא משאבי מים. קבלת החלטות: מבוא לתורת קבלת החלטות; קבלת החלטות רבות-קריטריונים; קבלת החלטות קבוצתית; יישום שיטות לניהול סכסוכים ובניית קונצנזוס בניהול משאבי מים. תרגול שיטות על מקרה אפשרי של בעיית קבלת החלטות קבוצתית. כלים תומכים לתהליך קבלת החלטות בניהול משולב של משאבי מים: יצירה, ניתוח והשוואה בין פתרונות חלופיים; סימולציה בהקשר של מערכות מים; שיטות אופטימיזציה.	3	3	376-2-5022	אנליזה ניהולית של מערכות מים
		3	376-2-5029	הנדסת מערכות מים
בירור של התופעות הפיזיקוכימיות השולטות במעבר סלקטיבי של חומרים דרך ממברנות סינתטיות כולל הרקע התרמודינמי, מבנה של הממברנות ואינטראקציות בין מרכיבים שעוברים את הממברנה עם מטריצה של הממברנה. סקירה של היישומים שבהם ממברנות משמשות לטיהור ולניקור של תערובות. יושם דגש על יישומים בעלי חשיבות סביבתית כולל התפלה וטיפול בשפכים ביתיים ותעשייתיים. לימוד הקשר בין כושר תפוקה וסלקטיביות של ממברנות, השבת ההזנה כמוצר, איכות מוצר ותנאי הפעלה. טיפול בבעיות של קיטוב ריכוזים וזיהום ממברנות והצגת הפתרונות ההנדסיים כולל טיפולי קדם. הצגה ותרגול בתכנון מתקנה ממברנות. דיון בבעיות בטיפול/סילוק ריכוזים. הקורס פתוח לסטודנטים שנה ד' של הנדסה כימית, ולבוגרי הנדסה כימית והנדסת מכונות. אחרים יורשו להירשם בתנאי שכבר למדו את הקורס תהליכים פיזיקוכימיים לטיפול במים.	3	3	376-2-6231	תהליכי ממברנות
כוחות van der Waals וכוחות דחיי	3	3	376-2-5081	תהליכים

אלקטרוסטטיים בין אטומים ומולקולות במים; כימיית שטח, קשרי מימן, חומרים הידרופוביים והידרופיליים; מערכות קולואידיות טבעיות ואפיונם; גודל ומטען פני השטח; יציבות מערכת קולואידלית וערעורה; תהליכי הפתחה ושיקוע להרחקת מרחפים; שיקוע חלקיק בודד; משוואות זרימה בתווך נקבובי וסינון עומק גרנולרי; תהליכי ממברנות: מיקרו-, אולטרא-, ננו-פילטריציה; עקרונות הרחקה בממברנות לחץ; מעבר חומר ושטף יציאה; אילוח וניקוי כימי של פני הממברנה; בקרת חומר אורגני במים ותהליכי ספיחה על פחם פעיל; חיטוי וקטילת מיקרואורגניזמים באמצעות כלור חופשי, אוזון וקרני UV; ריכוך מים - המערכת הקרבונטית במים; חילוף יונים; עקרונות מעבר גז, איור וציפה				פיסיקומיים לטיפול במים ושפכים
		3		תהליכים אלקטרוכימיים לטיפול בבעיות סביבה

### 3.8 ניהול והנדסת בטיחות

שם קורס	מס' קורס	נקודות זכות	שעות שבועיות	סילבוס
ניהול אסונות טבע ואסונות סביבתיים	375-2-3133	3	3	אסונות טבע כגון: אסונות גיאולוגיים (רעידות אדמה, התפרצויות הרי געש, סחיפת חופים ונהרות וכד'), אסונות אטמוספריים (גלי חום, סופות טרופיות, ברקים, גשמי זעף וכד'), אסונות אקלימיים (בצורות, אפקט החממה ושינויי אקלים וכד'), אסונות הידרולוגיים (שיטפונות, הצפות, מפולות בוצ) וכן אסונות ימיים (גלי טסונאמי, עליית מפלס הים, גלים משוגעים וכד') מהווים גורם מגביל המסוגל לסכן בני אדם בודדים או קבוצות של בני אדם ולעיתים לפגוע בחיי מאות אלפי בני אדם באירוע בודד, להשפיע על הכלכלה העולמית בכלל ועל הכלכלה הלאומית של מדינות רבות בפרט. אסונות אקולוגיים הם שילוב של שינויים בתנאים הסביבתיים ובמערכת הסוציו-אקונומית האנושית המובילים להרס התשתית או תנאי המחיה ופגיעה מקומית, אזורית ואף גלובלית במערכת נושאת החיים על כדור הארץ, באדם ובכלכלתו. הקורס יעסוק בהכרת המנגנונים האחראים לסיכונים ואסונות אלה, שכיחות הופעתם והאזורים בהם הם פעילים, נעסוק באסטרטגיות השונות ודרכי ההתמודדות המקובלים וניהול המערכות קדם אירוע ואחרי אירוע. שימת דגש תינתן לרכישת ידע בסיסי, לקביעת מדיניות וקבלת החלטות, תכנון וביצוע תוך הצגת דוגמאות מהעולם ומהארץ ומגוון בעיות אופייניות באזורים גיאוגרפים שונים. נקיים דיון בשיטות הניהול השונות הנהוגות במדינות העולם וכיצד מנהלים את העתיד הלא ודאי.
סוגיות בהנדסת איכות הסביבה	375-2-0411	3	3	