

STEM בין-תחומי מקדם הוגנות

# תכנון סביבת למידה מקדמת STEM



# תכנון סביבת למידה מקדמת STEM

## צוות היגוי

אגף בכיר מיפוי ותכנון: מיקי אריאן-כדריה וסיגל ירמיהו

אגף א' מדעים: בילי פרידמן

אגף תכניות לאומיות: רמי נויפריס ונעמי פגיר

אגף א' יסודי: אסתר רוזן-צמח ומוריה טלמור

עמותת אופנים: נופר קמחי ואפרת גרינר

ג'וינט אשלים: עדי מרום ומיכל אטינגר

המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי, אוניברסיטת תל-אביב: ד"ר מירי דרסלר

אדריכלית פדגוגית: ד"ר ענת מור-אבי

## צוות כתיבה

אדריכלית פדגוגית: ד"ר ענת מור-אבי

אגף בכיר מיפוי ותכנון: מיקי אריאן-כדריה וסיגל ירמיהו

עיצוב גרפי: אוסו באיו

2024

## תוכן עניינים

4	1. מבוא: מטרה והגדרות פדגוגיות ומרחביות
5	2. המרכיבים של סביבת עולם אמיתי מקדמת STEM והוגנות
6	3. מאפייני גישת STEM
7	4. עקרונות פדגוגיים מקדמי הוגנות וביטויים במרחב
11	5. עקרונות-על למרחב D-STEM
13	6. מהלכים לבחירת טיפוסים
16	7. סיכום
20	8. מקורות

# 1. מבוא: מטרה והגדרות פדגוגיות ומרחביות

## מטרת המסמך: עקרונות תכנון

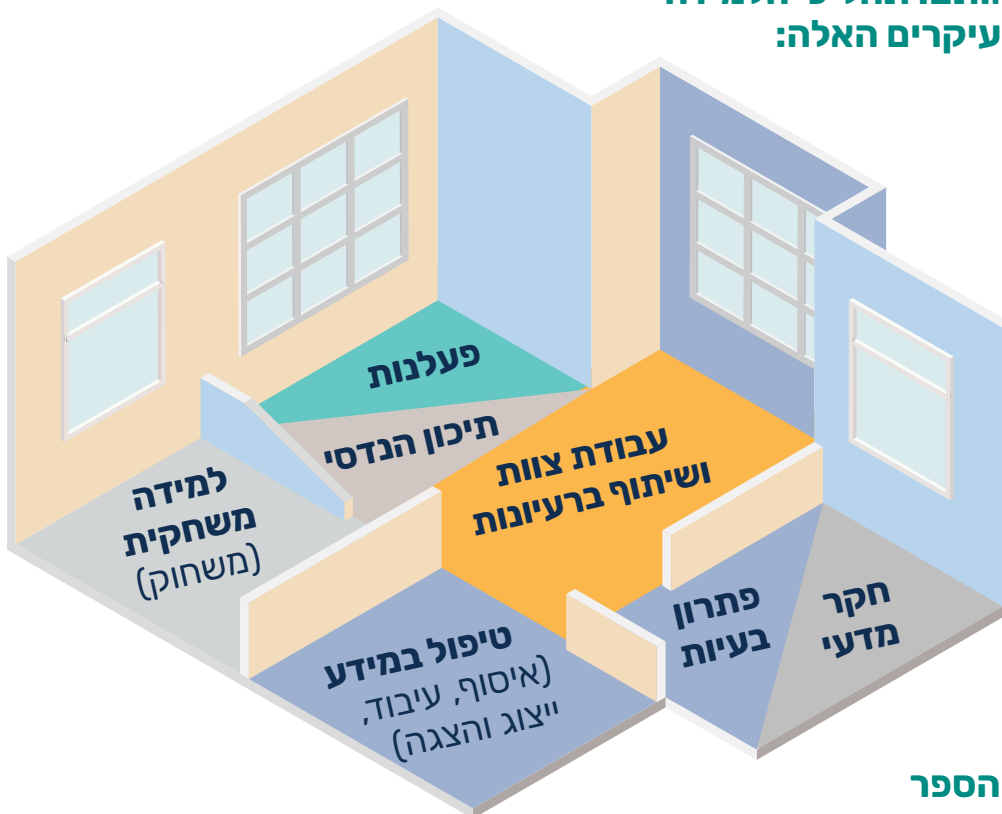
המסמך עוסק בתכנון ובעיצוב מרחבים ייחודיים, שמאפשרים תהליכים מעצימי למידה, חקר, התנסות מדעי טכנולוגי: **D-STEM (Design STEM)**. למידה זו מבוססת על חקר מדעי ופתרון בעיות בגישה מקדמת הוגנות. מטרת מרחבים אלו היא לתמוך בתשתיות פיזיות, המותאמות לפדגוגיות המושתתות על המהות של כל אחד מתחומי הדעת ועל קשרי הגומלין ביניהם (STEM אינטגרטיבי).

המסמך מיועד לצוותי חינוך ולרשויות, שבכוונתם להקים מרחב D-STEM לימודי ייחודי ליישום תהליכי למידה ועשייה ברוח תפיסת ה-STEM האינטגרטיבי. לאור זאת, המסמך מציג התבוננות דו-כיוונית, המזמנת חיבור ייחודי בין פדגוגיה תומכת STEM אינטגרטיבי ובין תכנון אדריכלי תואם.

## הגדרת המרחב ומהותו בראיית פדגוגיית STEM

מרחבי D-STEM לעיצוב ולהטמעת תרבות למידה מדעית-הנדסית התנסותית תומכים בעשייה, בפעולות (agency) ובחקר עצמאי, כחלק מתהליכי למידה המערבים את הלומד בשלבים השונים של תהליך החקר. גישה זו, הנמצאת בשלבי פיתוח והטמעה בבתי הספר, מבקשת מרחב שיכול להתאים לתהליכים שונים, עכשוויים ועתידיים: מרחבי למידה שמעודדים אהבת למידה, חדוות גילוי, סקרנות, יצירתיות, מקוריות וחשיבה ביקורתית. גישה זו דוגלת בחתירה מתמדת להתקדמות, להתפתחות, ולפיתוח מיומנויות של לומד עצמאי ולפעולות במרחבים שיהיו בני-קיימא ומותאמים להתפתחות בעולם משתנה.

**מרחבים אלו, המקדמים יישום של STEM אינטגרטיבי, יזמנו תהליכי למידה שונים, יתמכו בהם ויעצימו אותם. תהליכי הלמידה הללו מבוססים על העיקרים האלה:**



## מיקום המרחב בבית הספר

שילוב מרחבי D-STEM בבתי הספר יותאם למקרים הבאים:

- הקמת מרחב D-STEM בתהליך תכנון בית ספר חדש, והטמעתו כחלק מהחזון הבית ספרי.
- הקמת מרחב D-STEM בבית ספר שנמצא בתהליכי התחדשות החזון החינוכי ושיפוץ מבני.
- הקמת מרחב D-STEM בבית ספר קיים עם עתודות מרחביות, שמעוניין בהתחדשות החזון הבית ספרי.
- הקמת מרחב D-STEM בבית ספר קיים ללא עתודות מרחביות.
- הצעות לשילוב מרחבי D-STEM על פי נתונים אלו יפורטו בסעיף 6.6 בהמשך.

## 2. המרכיבים של סביבת עולם אמיתי מקדמת STEM והוגנות

להלן מוצגת דיאגרמה מושגית, שסוקרת את הזיקה בין למידה בין-תחומית, הוגנות ומרחב כמכלול, ומשקפת את הקשרים ביניהם. בהמשך המסמך יפורט כל אחד מהמרכיבים.



איור 1. סביבת עולם אמיתי מקדמת STEM והוגנות

## 3. מאפייני גישת STEM

### גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדמת הוגנות בבתי הספר היסודיים

המציאות שבה אנו חיים כיום מאופיינת בגדילה ניכרת של ידע ובגלובליזציה שלו, בפיתוח מואץ של טכנולוגיות, ברב-תרבותיות ובאי-ודאות. מגמות אלה דורשות התמודדות עם אתגרים מורכבים ועם פתרון בעיות, שהמענה עליהם אינו יכול להתבסס על הסבר פשוט וחד-משמעי.

גישת החינוך STEM בין-תחומי היא גישה פדגוגית, שבה התלמידים לומדים את הקשרים ההדדיים בין-תחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה. גישה זו מספקת תשתית ללמידה שיתופית, פיתוח יכולות חקר מדעי ופתרון בעיות, והצגת התיכון ההנדסי לתלמידים.

גישת ה-STEM הבין-תחומי מקדמת למידה התנסותית (hands on, minds on). זו למידה המשלבת תוכן, מיומנויות ועמדות בתחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה, וכל זאת תוך כדי פתרון סוגיות מהעולם האמיתי. מטרתה להסביר תופעות, לפתור בעיות או לפתח מוצר באופן שאינו מתאפשר באמצעות תחום דעת אחד בלבד. לדוגמה, התמודדות עם סוגיות שונות מתחומי הבריאות, הסביבה, האנרגיה ושינוי האקלים, מחייבת התייחסות רב-תחומית מתחומי דעת שונים, ומבוססת על ידע על אודות הקשרים שביניהם ועל הבנתם.

העדויות מצביעות על כך שיש צורך להגיע ללמידה בגישת STEM עם ידע רלוונטי בתחומי הדעת, ובעיקר במדע ובמתמטיקה, כדי ליהנות מהתועלת שמתלווה אליה. במילים אחרות, הגישה מספקת הזדמנות אותנטית ליישום של ידע לאחר שנלמד באופן דיסציפלינרי.

### למידה בין-תחומית בתחומי STEM

ידע בין-תחומי מוגדר כיכולת לשלב ידע ודרכי חשיבה של שני תחומי דעת או יותר. מטרתו ליצור פיתוח חשיבה, כגון הסבר של תופעה, פתרון בעיה או ייצור מוצר בדרך שלא הייתה סבירה אם רק תחום דעת אחד היה מעורב בתהליך. למשל, שילוב של מדע והנדסה זה עם זה ועם תחומי תוכן אחרים יכול להעצים את הבנת התחומים והקשרים בין המושגים המשותפים. ההבנה, הזיכרון ושליפה עתידית של הידע משתפרים כאשר המושגים מקושרים ומאורגנים ברשת תפיסית.

ידע בין-תחומי כזה יכול לקדם את כל התחומים בתנאים מסוימים. העיקרי שבהם הוא שהרעיון, או הבעיה המנחה את הלמידה, מבוססים על תוכן ייחודי במדע ובמתמטיקה, תואמים את הפרקטיקות בטכנולוגיה והנדסה, ומותאמים לשלב ההתפתחותי ולגיל המשתתפים.

### עקרונות של חיבור איכותי בין מדע והנדסה לתחומים אחרים

לשם הבטחת איכותו של החיבור בין מדע והנדסה ובין-תחומים אחרים, יש לשמור על ארבעת העקרונות האלה:

1. שילוב מוחלט בהוראה, בתהליכי תכנון ובחומרים. ההתנסויות יתמכו באופן מפורש ומכוון בבניית הידע והמיומנויות של התלמידים, הן בכל אחד מתחומי הדעת והן בשילוב ביניהם.
2. יש לתמוך בידע התלמידים בדיסציפלינות הספציפיות. יש ללמד מדע ומתמטיקה בנפרד וכעומדים בפני עצמם, כדי שאפשר יהיה ליישם את הידע ולשלב בהתנסויות למידה אינטגרטיביות.
3. שילוב רב יותר אינו בהכרח טוב יותר. התמקדות בהזדמנויות ליישום הדיסציפלינות בדרכים שתומכות בהן הדדית, יכולה לסייע לתלמידים ולהבטיח למידה ופיתוח פרקטיקות בדיסציפלינות משולבות.
4. תלמידים יתנסו בחקר מדעי ובתיכון הנדסי בהקשרים מתחומים שונים.

## מאפייני בסיס לתהליכי ההוראה-למידה-הערכה של STEM בין-תחומי

קידום פרקטיקות של חקר מדעי ותיכון הנדסי, המבוססים על סוגיה מהעולם האמיתי שקשורה לנושאים בתוכנית הלימודים, ויישום פרקטיקות אלה.

1. אוריינות מדעית ואוריינות מתמטית.
2. קידום מיומנויות כמו חשיבה יצירתית, עבודת צוות ומכוונות עצמית בלמידה.
3. למידה התנסותית במעבדה ומחוץ לכיתה.
4. לימוד בין-תחומי המיישם ידע לפי תוכניות הלימודים במדע ובמתמטיקה, ושנלמד בנפרד בכל אחד מהתחומים.

## 4. עקרונות פדגוגיים מקדמי הוגנות וביטויים במרחב

הוגנות בתהליכי הוראה-למידה-הערכה בגישת STEM בין-תחומי עוסקת ברתימת כלל הלומדים באשר הם ובקידומם. תפיסת ההוגנות מעודדת חוויית למידה המזמנת השתתפות ומקדמת צבירה של הון מדעי. אלה המרכיבים העיקריים בהוגנות:

1. הגדלת מעגל המשתתפים והמשתתפות 
2. מתן מקום לכל קול 
3. בחירה וקבלת החלטות 
4. הערכה מסכמת ומעצבת 
5. הוראה רגישת מגדר 
6. רתימת הון מדעי 
7. תודעת צמיחה (Growth Mindset) 

איור 2. פרקטיקות מקדמות הוגנות והון מדעי

## ערכי ההוגנות

כדי להסיר חסמים מהמשתתפים ולעודדם להשתתפות מיטבית, עלינו לקדם עקרונות כמו שקיפות, מגוון, גמישות, אמון, איכות, נגישות וכו'. למרחבי STEM יש תפקיד חשוב בתמיכה בעקרונות אלה ובשיקוף שלהם. המרחבים מעניקים השראה לארגון החללים ולעיצובם, על החומרים והאובייקטים שנמצאים בתוכם. הטבלה המצורפת משקפת את עקרונות ההוגנות ואת האופן שבו הם מתבטאים, הן מבחינה פדגוגית והן מבחינה מרחבית.

ערכי ההוגנות	ביטוי פדגוגי	תמיכת המרחב בערכים הפדגוגיים	אובייקטים מרחביים
<b>נגישות</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>במרחב STEM קיים ציוד טכנולוגי, מכני ומגוון, הנגיש לתלמידים שונים בגילים שונים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>מרחב המאפשר נגישות או נראות לכל הציוד המגוון.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>מרחב שקוף ומגן לציוד כבד.</li> </ul>
<b>שקיפות</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>שקיפות בתהליכי התכנון ואופן בחירת הפתרונות.</li> <li>שקיפות בהצגת התוצאות והתוצרים כפי שהתקבלו.</li> <li>שקיפות בתהליכי ההערכה והמשוב.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>נראות חשיבה: עידוד ביטוי עצמי לתהליכי חשיבה.</li> <li>נראות למידה: קשר עין התומך בנראות ציבורית של הלמידה, מזמין ונגיש למעורבים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>נראות חשיבה: אביזרים לביטוי עצמי, לוחות וקירות כתיבה ומגנט המיועדים לכתיבה אנלוגית ולהקרנה, כולל מסכים דיגיטליים קבועים וניידים.</li> <li>נראות למידה: מחיצות שקופות.</li> <li>נראות תהליכים: הצגת תהליכים באופן אנלוגי וחזותי לטובת השראה, כגון טקסט, שרטוט או מודל.</li> </ul>



אובייקטים מרחביים	תמיכת המרחב בערכים הפדגוגיים	ביטוי פדגוגי	ערכי הוגנות
<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב חשיבה לעבודה אינדיווידואלית</li> <li>• מרחב חשיבה ושיח לקבוצה קטנה ובינונית</li> <li>• מרחב למליאה</li> <li>• ריהוט במנעדים משתנים: בין ריהוט קבוע לנייד; קשיח ורך; כיתתי וביתי</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ריבוי אפשרויות מרחביות: מרחב מרכזי ומרחבי משנה</li> <li>• ריבוי מערכי ישיבה וסוגי ישיבה.</li> <li>• בחירה היכן מתאים למשתתף ללמוד.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• קיימת אפשרות למגוון תהליכי למידה במרחב: חקר מדעי, ידע הנדסי ומידענות.</li> <li>• התלמידים נחשפים למגוון מודלים של מדענים ומדעניות, מהנדסים ומהנדסות, כמוודלים בני השגה.</li> <li>• מתן מקום לכל קול בתהליכי הוראה, למידה והערכה.</li> <li>• בין-תחומיות.</li> </ul>	<p><b>מגוון</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ריהוט נייד המעודד שימוש עצמאי, ומאפשר תמיכה בפעולות שונות בדרך המתאימה לתלמיד</li> <li>• מרחב משתנה ודינמי, המעודד יצירתיות וביטוי עצמי מגוון וחופשי.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב המעודד שינויים ושימוש חופשי מתוך בחירה בכל האביזרים והריהוט - באופן התומך בלמידה מיטבית על פי צרכיהם של כל תלמיד ותלמידה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• קיים מרחב המאפשר חשיבה ביקורתית, רפלקטיבית ויצירתית.</li> <li>• הלמידה מקדמת תודעת צמיחה.</li> <li>• סומכים על התלמידים בשימוש בציוד ובשמירה עליו.</li> </ul>	<p><b>אמון</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• שולחנות בגבהים שונים, ניידים ומתקפלים.</li> <li>• כיסאות ניידים בגבהים שונים.</li> <li>• לוחות כתיבה ומסכים דיגיטליים ניידים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב דינמי עם אביזרים ניידים.</li> <li>• מרחב המעודד עבודות צוות ושיתופיות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• תהליכי הוראה, למידה והערכה גמישים, ומותאמים לתהליכי החקר ופתרון בעיות.</li> <li>• קיימת גמישות במשימות לפי השונות בין הלומדים.</li> <li>• התלמידים נדרשים לגמישות בעבודת צוות, התמודדות עם כישלונות ועוד.</li> </ul>	<p><b>גמישות</b></p>

אובייקטים מרחביים	תמיכת המרחב בערכים הפדגוגיים	ביטוי פדגוגי	ערכי הוגנות
<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב מואר באור טבעי, מזמין בעיצובו ובצבעוניותו, עם תאורה ייחודית לאזור תצוגת מוצרי העבודה.</li> <li>• בחירת חומרים אקולוגיים ומערכות מקיימות, כגון מים אפורים ומתחמי איסוף מיחזור (אם רלוונטי).</li> <li>• עיצוב ביופילי להעצמת WELL BEING, המאפשר קשר עין עם הסביבה החיצונית הירוקה והטבעית, בשילוב אלמנטים מהטבע.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב מכבד, מזמין, אסתטי, נגיש ומאפשר בחירה.</li> <li>• מרחב המתוכנן על פי ערכי הקיימות, כדוגמה להתמודדות עם סוגיות רלוונטיות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מתן כבוד ללומדים והתעניינות אמיתית לגביהם, כחלק מתרבות הלמידה.</li> <li>• אכפתיות כלפי הסביבה, המובעת דרך פתרון סוגיות מהעולם האמיתי.</li> <li>• סוגיות נבחרות רלוונטיות לחיי התלמידים.</li> <li>• עידוד אכפתיות הדדית בין התלמידים לסביבתם האנושית והפיזית.</li> </ul>	<p><b>אכפתיות</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב הכנה צמוד, שקוף ונגיש לאזורי הלמידה.</li> <li>• ארונות אחסון שקופים לציווד.</li> <li>• מדפים פתוחים, סגורים או שקופים, לתוצרים בתהליכי עבודה שונים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מרחב הכנה נגיש, כחלק אינטגרלי מהמרחב המרכזי.</li> <li>• אביזרי קצה טכנולוגיים נגישים.</li> <li>• מתחם לתצוגת תוצרים בתהליכי עבודה שונים.</li> <li>• עידוד חשיבה ביקורתית על ידי אפשרות לביטוי עצמי.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• גישה לציווד מדעי וטכנולוגי איכותי, המאפשר חקר מדעי, תכנון ובנייה הנדסית.</li> <li>• איכות בתהליכי החקר והתיכון ההנדסי.</li> <li>• הוראה דיסציפלינרית איכותית, ויישומה בתהליך בין-תחומי משותף.</li> <li>• תכנון הלמידה והתוצרים יהיה בהלימה לגיל וליכולות הלומדים.</li> <li>• תהליך הלמידה עומד במרכז, והתוצר הוא אמצעי לקדם את התהליך ולשכלל אותו.</li> <li>• קידום חשיבה ביקורתית, חשיבה יצירתית ומכוונות עצמית בלמידה.</li> </ul>	<p><b>איכות</b></p>

## 5. עקרונות-על למרחב D-STEM מרחב התנסות Hands-ON Minds-ON ZONE



תפקידו של מרחב D-STEM הוא לתמוך בעיצוב תהליכים המזמנים תנועה דינמית בין ידע, התנסויות, תחומים, אנשים ורעיונות – במרחב המרכזי ובמרחבים הסמוכים לו.

המרחב מזמן מנעד של מתודות הוראה, כגון: הבניית ידע ואיסופו; ניסוי חקר מדעי עצמאי ושיתופי; פתרון בעיות; תיכון מוצרים, בנייתם והצגתם, ועוד. מתודות אלה תומכות בתהליכים מורכבים של חקר פתוח ועשייה באופן יצרני ויצירתי.

### מרחב על-זמני

מטרת המרחב היא לתמוך בפדגוגיה STEM, דינמית מתפתחת ומשתנה, ובמגוון רב תהליכים. לפיכך, המרחב יתוכנן בגישת תכנון ועיצוב למציאות משתנה, ובחשיבה הוליסטית על חוויית משתמש וחויית למידה ייחודית. גישת תכנון זו מאפשרת עיצוב המרחב בדרכים מגוונות גמישות ומשתנות לטובת תמיכתו בחידושים פדגוגיים וטכנולוגיים.

### מיצוי פוטנציאל הלומדים

מרחב ההתנסות הינו מקום לביטוי ועשייה התומך בכל תלמידה ותלמיד למצוינות לפי היכולות והפוטנציאל הטמונים בהם, הן בעצמאותם כיחידים והן בקבוצות ההשתייכות השונות.

### מרכז השפעה בית ספרי וקהילתי

שילוב מרחב D-STEM בבית הספר הוא חלק מיצירת תרבות למידה חדשה. משום כך יש להתייחס למרחב זה כאל מרכז בעל פוטנציאל הפריה והשפעה על כלל התרבות הבית ספרית. תפיסה זו תאפשר תהליך למידה יצירתי, המתרחש בנראות ציבורית מקסימלית ושקוף לכלל באי המקום, פתוח באופיו וגמיש לשינויים.

השפעת מרחב D-STEM על תרבות הלמידה תועצם על ידי חשיבה הוליסטית הכוללת החלטות שונות, כגון: מיקום המרחב באזור מרכזי ככל האפשר; ניצול מרחבים סמוכים ומרחבים נוספים ליד המרחב המרכזי, עבור פעולות למידה תומכות STEM בין-תחומי דוגמת חשיבה, שיתוף ועוד.

### נראות חשיבה ונראות תהליכי למידה בין-תחומיים

המרחב יתמוך בהעצמת שיתופיות, ביטוי עצמי ובין-תחומיות, דרך נראות של תהליכי למידה ותהליכי חשיבה. הנראות תמומש בתמיכה במגוון דרכי ביטוי אנלוגיות ודיגיטליות, גם במרחב עצמו וגם במרחב החיצוני הסמוך לו, למשל:

מחיצות זכוכית המאפשרות כתיבה, לוחות כתיבה ומגנט, מסכים דיגיטליים קבועים וניידים, אישיים וקבוצתיים. תהליכי העבודה ותוצריה יוצגו על ידי תצוגות פיזיות פתוחות או מוגנות, ועל ידי תצוגה דיגיטלית בתוך המרחב ומחוץ לו.

## גמישות מרחבית ותפעולית

המרחבים יתוכננו בצורה שתאפשר יעילות מרבית, זרימה אופטימלית ושינויי אסטרטגיות, בהתאם לצרכים במהלך שיעור או במהלך תהליכי הפרויקט.

המרחב יתמוך בגמישות מרבית ובמעבר יעיל בין אלמנטים קבועים לאלמנטים ניידים. לשם כך יהיו במרחב אלמנטים ניידים המאפשרים הגדרות מרחב יזומות על ידי המשתמשים, כגון מחיצות אקוסטיות ולוחות כתיבה ניידים להגדרת מרחבי משנה.

המרחב יכיל אזור מרכזי פתוח, גמיש, גדול ככל האפשר, שיכלול אלמנטים ניידים בלבד.

בהיקפי המרחב יתוכננו מערכות כגון מים, חשמל וארונות אחסון קבועים. לטובת גמישות מערכתית, המרחב יהיה מרושת במערכת חשמלית צמודת תקרה, במסילות המאפשרות הזזת אביזרי החשמל באופן אופקי וחיבור אנכי בכל נקודה במרכז המרחב הגמיש.

## תהליכים גמישים במרחב עבודה אג'ילי

לטובת העצמת יצירתיות וניווט בין ידע אנשים ורעיונות, המרחב יאפשר "ספונטניות מאורגנת" ומתח בין מנעדים התומכים בעצמאות ושיתופיות, דמיון ועובדות, בין סדר לאי-סדר, ובין משחק לעבודה.

"Creativity is fundamental...  
and evolving from contradictory performances as  
order and disorder, rigor and imagination,  
hard work and play, solitude and interactions, and sharing.

The critical tension between those contrasts  
suggests that creativity emerges on the edge of chaos  
while related to navigation between people, knowledge, and ideas."

(Montuori & Donnelly, 2013, p. 4)

השראה מתוך מונטאורי 2013 עמוד 4: הקשר בין יצירתיות קולקטיבית לאדריכלות - אדריכלית ד"ר ענת מור-אבי

לפיכך, תכנון המרחב יאפשר סוגים שונים של התנהגויות למידה ופעילויות שונות. כמו כן, ישולבו אביזרים, ציוד מדעי ומערכות טכנולוגיות שונות המאפשרות חקר מדעי, ביטוי עצמי, עשייה ושיתוף. העזרים הטכנולוגיים והמערכות ימוקמו כך שיהיו חלק אינטגרלי מתהליכי הכנה ולמידה, ויחשפו את הלומדים לכל שלבי התהליך. המרחב יאפשר סנכרון מלא בין תהליכי הוראה, התנהגויות למידה, טכנולוגיות ומערכות.

מרחב ה-D-STEM יתוכנן במתכונת של סטודיו עבודה דינמי וחינוכי (agile), הכולל פעילויות במעבדה הבית ספרית ופעילויות

1. Montuori, A., & Donnelly, G. (2013). The changing face of creativity. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 1, p. 17312). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.

רב-תחומיות ובין-תחומיות. פעילויות אלה יאפשרו התנהלות אותנטית, חווייתית, ניסויית ועצמאית, תוך כדי תנועה ודינמיות של מנחי הפרויקט ושל לומדים בכל רחבי המתחם המרכזי והמרחבים הסמוכים.

המרחב הדינמי מבקש להנחיל תרבות שמאפשרת בחירה ותנועה ספונטנית, עצמאות הלומד והקבוצה ומעברים טבעיים בין תהליכים. מכיוון שכך, המרחב יאפשר מנעד של איכויות אדריכליות: בין פתוח לסגור, שקט לרועש, פרטי לציבורי, בין התאספות להסתעפות, בין חשיבה אינדיווידואלית לשיתוף מעמיק, ועוד. המרחב יאפשר קשר עין של באי המקום באמצעות שילוב מחיצות שקופות לשם נראות תהליכי ההתנסות. השקיפות מאפשרת תחושת שיתוף ושייכות לקהילה חוקרת.

לסיכום, מרחב D-STEM דינמי מאפשר פעילויות והתנהגויות שונות ואף מנוגדות לטובת קידום הוגנות, שיתופיות ויצירתיות בחיבור בין ידע, רעיונות ואנשים.

## 6. מהלכים לבחירת טיפוסים ואיכויות מרחביות

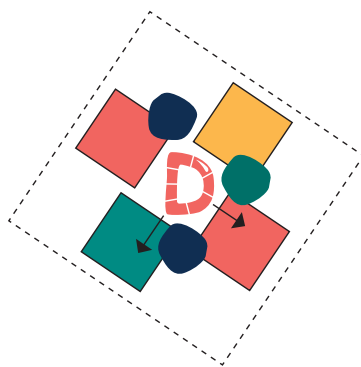
ההתארגנות המרחבית מתייחסת לשילוב מרחב D-STEM בסוגים שונים של בתי ספר וסטטוס תכנוני, כגון בתי ספר קיימים, חדשים או מתחדשים (ראו בהמשך תיאור גרפי לכל אחת מהאפשרויות). לכל אחד משלושת הטיפוסים המוצעים למרחב D-STEM יש השפעה על התרבות הבית ספרית, ולכן בחירת הטיפוס והאיכויות האדריכליות ייעשו בהלימה לפוטנציאל המרחבי הנתון, לתרבות הבית ספרית ולחזון הפדגוגי.

### טיפוסים מארגנים למרחב D-STEM משפיעים

איור 3. D-STEM - עקרונות מארגנים למרכזי השפעה

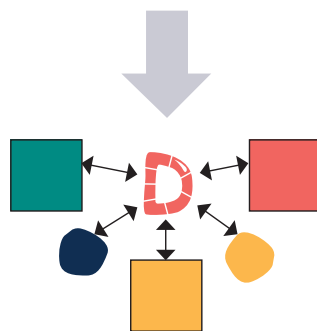
### בחירת טיפוס ובניית פרוגרמה פדגוגית ומרחבית

מרחב D-STEM משקפים ערכים תרבותיים, כגון גיוון, גמישות, שקיפות והכלה. השיקוף מציג מנעד של סוגי מרחבים שונים,



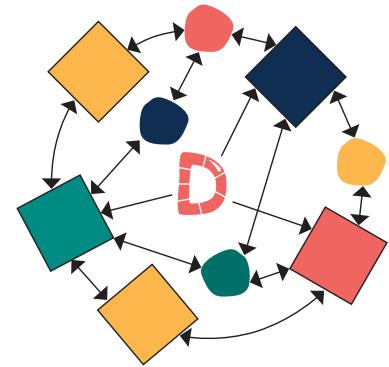
**D-STEM Lab**  
נגיש/מרכזי

מרחב במתחם חדר קיים של מקצוע מדעים, לרבות חדר הכנה (85 מ"ר) הכולל חלוקה חדשה שמקדמת חזון פדגוגי ונראות חזון.



**D-STEM Hub**  
נגיש/מרכזי

מרחב במקום מרכזי בבית הספר, עם נראות וגישה מקסימליות לכל באי בית הספר, כולל מרחבים לא פורמליים לחשיבה ולשיתוף ברחבי בית הספר ובסמיכות אליו.



**D-STEM Puzzle**  
מסעף

מרחב פעילות תומכי STEM, כגון מרחב חשיבה פרטניים או בקבוצות קטנות ועוד, הפזורים בשכבות הגיל השונות ובאזורים שונים במרחב הבית ספרי לקידום למידה רב-גילאית.

מרחב פורמלי 

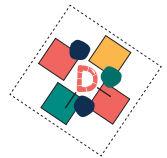
מרחב לא פורמלי 

המיועדים לתמוך בהתנהגויות למידה שונות ומשתנות, ובתהליכי למידה מורכבים ודינמיים. לטובת בניית פרוגרמה שמכילה התייחסות לצרכים השונים בכל בית ספר, להלן סדר הפעולות הנדרש:

## 1. בחירת טיפוס מארגן בית ספרי

### D-STEM Lab

ארגון מרחב במעבדה קיימת. יש להתייחס לסוגי ההפרדה הפנימית בין המרחבים במעבדה: האם ההפרדה בקיר קבועה או ניידת? בנוסף לכך, יש להתייחס לרמת השקיפות, כגון שקיפות למחצה או מלאה, עם או בלי אפשרות שליטה בעזרת וילון.



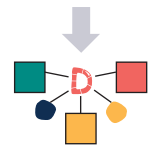
### D-STEM Puzzle

מרחב מרכזי ומרחבי משנה בבית הספר. בבחירת המרחבים השונים יש להתייחס לדרגות שונות של קרבה, כגון ארגון מתכנס באותה קומה עם סמיכות מרבית בין המרחבים השונים, או ארגון מבוזר באותה קומה ובקומות הסמוכות (מתכנס-מבוזר). כמו כן יש להתייחס למידת ההשתלבות של מרחבי המשנה, למשל מרחבי חשיבה ועבודה קבוצתית עם פעילויות בית ספריות אחרות (חד-שימושי-רב-שימושי).



### D-STEM Hub

מרחב מרכזי בית ספרי עם מרחבי משנה סמוכים. יש לבחור מרחב שנמצא בנגישות ונראות מרביות.



## 2. בחירת מרחבי יסוד ומרחבים משניים

- מרחב סטודיו מרכזי להצגת ידע, חומרים, עשייה ושיתוף לעד 34 תלמידים, בחישוב של 3.5-4 מ"ר לתלמיד.
- מרחב חשיבה אישי.
- מרחב חשיבה ושיתוף לקבוצה קטנה (2-3 תלמידים).
- מרחב חשיבה ושיתוף לקבוצה בינונית (3-8 תלמידים).
- מרחב לא פורמלי למפגש ספונטני (פנימי או חיצוני או שניהם).
- אזורי תצוגה למוצרים פיזיים ודיגיטליים.
- אזורי אחסון מאובטחים, סגורים, סגורים עם נראות, פתוחים וכו'.

### 3. בחירת קונספט המרחב (הבחירה לכל סוג מרחב בנפרד)

- מרחב פורמלי (מרכזי)  לא פורמלי (מרחבי משנה)
- סגור / נעול  פתוח / חצי פתוח
- עבור יחידים  עבור קבוצה / מליאה
- אנלוגי (פיזי)  דיגיטלי (וירטואלי)
- מרחב אטום ללא נראות  מרחב שקוף ברמות שונות, לנראות מלאה או חלקית
- ציוד נייד  ציוד קבוע
- זיקה למרחב חיצוני ותאורה טבעית  זיקה לפנים בית הספר
- שימוש במרחבים חיצוניים, כגון חצר לימודית ומרחבי העיר

### 4. אובייקטים, מערכות וריהוט במרחב (הבחירה לכל סוג מרחב בנפרד)

- שולחן מעבדה (משטח עם ציפוי מגנטי, משטח לעבודת נגרות וכו')
- אובייקטים להצגת תוצרי הלמידה (אנלוגי/דיגיטלי)
- אובייקטים אישיים / אובייקטים קבוצתיים לתיעוד הלמידה (אנלוגי/דיגיטלי)
- כיסא סטודיו נייד, בגובה רגל או בגובה חצי בר
- פתרונות אחסון (אישיים וקבוצתיים)
- מושבים אלטרנטיביים רכים
- ארונות תצוגה לכלים ולדגמים
- מחיצות אקוסטיות ניידות להפרדה
- ארונות אחסון לציוד לימודי
- לוחות כתיבה ומגנט קבועים וניידים
- משטחי עבודת הכנה
- קירות לתליית ציוד נגיש
- מערכת מים וכיורים
- מסכים דיגיטליים קבועים וניידים

### 5. טכנולוגיה

- שילוב ציוד ואביזרים טכנולוגיים, כגון ציוד רובוטיקה, מדפסות תלת-ממד, אמצעי הגדלה, מדפסות לייזר וכדומה.
- שילוב ציוד תקשורת צפייה ושמע לשיעורים היברידיים, בשיתוף בתי ספר אחרים מהארץ ומחו"ל.
- שילוב מקרנים לצפייה אימרסיבית.

פיזי  שילוב טכנולוגיה  וירטואלי  
כפלטפורמת למידה

## 7. סיכום

כדי שמרחבי D-STEM יתמכו בערכי ההוגנות עליהם להיות כחומר ביד היוצר, דהיינו להעצים פרקטיקות שמקדמות הון מדעי, ולהשתנות בהתאם לפדגוגיה דינמית ומתפתחת.

סביבות הלמידה והעבודה תומכות הן בחיבור ובהבניה בין ידע STEM בין-תחומי ובין אנשים ורעיונות, והן בהתנסות בחקר מדעי וטכנולוגי לפתרון בעיות, הנותן מענה ללמידה רלוונטית ומשפיע על נושאים עכשוויים.

**מרחבי STEM הם סוכני שינוי בעלי פוטנציאל השפעה על כל אחד ואחת מבאי בית הספר. מרחבים אלה מנחילים תרבות למידה בית ספרית ומקדמים תהליכי חקר מדעי, חשיבה, למידה והתנסות בערכי הוגנות. מיקום המרחבים באזורי גישה מרכזיים בתוך המרקם הבית ספרי יהיה מקור להנחת תרבות זו והדהודה באקלים הבית ספרי, תוך כדי עיסוק בסוגיות מהעולם האמיתי ופיתוח מיומנויות של המאה ה-21.**

### דוגמאות לפרוגרמות לשלושת טיפוסים מרחבי D-STEM

להלן דוגמאות לפרוגרמות מורחבות, העוסקות בכל ההיבטים הפדגוגיים והמרחביים הקשורים למרחבי STEM הפוטנציאליים.

הפרוגרמות כוללות התייחסות לנושאים האלה:

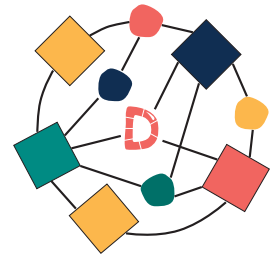
- **סוג המרחב במרקם הבית ספרי:**  
חדר מעבדה, מרחבים במרקם בית ספרי, מרחב מרכזי.
- **ערכים ותרבות מקום:**  
הרחבת תרבות החקר המדעי, מרחב לחשיבה עצמאית.
- **מהות המרחב, סוג המרחב, תפקידו ושימושו:**  
חדר הכנה, חדרי חשיבה, חדרים לעבודה קבוצתית קטנה, מרחבים לעבודה קבוצתית בינונית, מרחב למליאה.
- **מספר התלמידים והתלמידות (מינימום ומקסימום):**
- **פעולות ותהליכים לימודיים:**  
למידה התנסותית, חקר, איסוף ידע וייצוג, שיתוף והחלפת רעיונות.
- **התנהגויות למידה רצויות:**  
חושב, משתף, באופן עצמאי, בקבוצות.
- **מהי חוויית המשתמש המבוקשת עבור התלמיד:**  
אקטיבי או פסיבי, בתנועה או בישיבה קבועה, עצמאי או נשלט, וכדומה.
- **מתודות הוראה:**  
הנחיית מליאה או בקבוצות, תיווך למידה, הצגת ניסויים וכדומה.
- **אביזרים טכנולוגיים:**  
מחשבים, מסכים, ציוד לימודי.
- **מערכות ותשתיות:**  
חשמל ותקשורת, מים וכו'.
- **סוג הריהוט.**
- **שטחים לכל מרחב, יסוד ומשנה.**



## דוגמה לפרוגרמה מורחבת מותאמת ל-D-STEM Puzzle

עוגנים קבועים מגוונים: מרחבי פעילות STEM הפזורים בשכבות הגיל השונות באזורים שונים במרחב הבית ספרי ובהם מקודמות פעולות מגוונות

**ערכים סטמיים:** עוגנים ושלוחות בכל חלקי בית הספר: חשיפה רב-גילאית, השפעה לפיתוח תרבות חקר ועשייה כלל בית ספרית

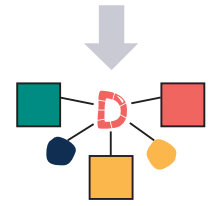


מהות המרחב	מרחב עשייה	מרחבי שיתוף	מרחבי חשיבה
	מרחב סטודיו יצרני, מעבדת מייקר ועשייה	בקבוצה קטנה במנעד איכויות (פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, וציבוריים	לאינדיוידואל ולקבוצה קטנה במנעד איכויות (מרחבים פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, פרטיים וציבוריים)
<b>מספר תלמידים</b>	17-34	4-8	1-6
<b>פעולות לימודיות</b>	חקר ופיתוח מדעי: איסוף ידע, בניית תוצרים, אזור משחק הרכבה, הצגת מידע	חקר מידעי ומדעי: חשיבה משותפת, איסוף ידע, החלפת רעיונות, הצגת מידע	חקר מידעי מדעי: חשיבה, תכנון ואיסוף ידע
<b>התנהגויות לימודיות</b>	פוקוס על מקור הידע; חשיבה בקבוצה גדולה, חקר מעשי ועשייה	חשיבה בקבוצת עבודה קטנה/בינונית	חשיבה, פוקוס
<b>תפיסת המשתמש או חוויית המשתמש</b>	פסיבי ואקטיבי, עצמאי ומנוהל חלקית	אקטיבי, עמית חוקר	אקטיבי, עצמאי
<b>מתודות הוראה</b>	הרצאה, הנחיה תאורטית ומעשית	הנחיה	נגישות בעת הצורך
<b>אביזרים טכנולוגיים</b>	ברקו ומסך, מסך חכם אינטראקטיבי ראשי, 2 מסכי תצוגה ושיתוף	מסכי תצוגה ושיתוף 55"	מחשבים ניידים לפי הצורך
<b>מערכות ותשתיות</b>	מערכת חשמל צמודת תקרה; משתלשלת במיקומי השולחנות או במודול קבוע, שקע A בהיקף כל 2 מטר	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות ואופציה לעמודי חשמל במרכז השולחן	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות
<b>ריהוט</b>	שולחנות סדנה ניידים בגובה עמידה 90 ס"מ, משטחי עבודה היקפיים בשילוב ארונות אחסון עליונים וארונות אחסון שקופים, מדפי תצוגה ועגלות ניידות לאחסון נייד	קפסולת עבודה קבוצתית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך.	קפסולת עבודה פרטנית, מדף עמוק היקפי לעבודה פרטנית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך
<b>שטחים</b>	136-68 מ"ר: 4 מ"ר לתלמיד ללמידה פעילה	18-9 מ"ר	15-2 מ"ר

## D-STEM Hub-ל מותאמת מורחבת מורחבת

מרחב במיקום מרכזי בית סיפרי עם נראות גישה מקסימלית לכל באי בית הספר כולל מרחבים לא פורמליים לחשיבה ושיתוף.

**ערכים:** ריכוז נראות ומרכזיות; מיקרוקוסמוס: חשיפה קהילתית למחקר פיתוח ועשייה כעוגן תרבות למידה חוקרת ומפתחת.



מהות המרחב	מרחב עשייה	מרחבי שיתוף	מרחבי חשיבה
	לחקר יצרני מרכזי "שקוף" (חושף, מזמין מבשר), פתוח למליאה ברצף טריטוריאלי באזור הציבורי הבית ספרי	סמוכים בקבוצה קטנה ובינונית במנעד איכויות (פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, פרטיים וציבוריים)	סמוכים עבור יחידיים ואופציה לקבוצה קטנה 2-3 תלמידים במנעד איכויות (פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, פרטיים וציבוריים)
<b>מספר תלמידים</b>	40-20	8-2	עד 6 תלמידים יחידים או שתי קבוצות קטנות בכל מרחב
<b>פעולות לימודיות</b>	חקר מדעי: איסוף ידע, בניית תוצרים, אזור משחק הרכבה, הצגת מידע	חקר מדעי: חשיבה משותפת, איסוף ידע, החלפת רעיונות, הצגת מידע	חקר מדעי: חשיבה, תכנון ואיסוף ידע
<b>התנהגויות לימודיות</b>	פוקוס על מקור הידע. חשיבה בקבוצה גדולה; חקר מעשי ועשייה	חשיבה בקבוצת עבודה קטנה או בינונית	חשיבה, פוקוס
<b>תפיסת המשתמש או חוויית המשתמש</b>	פסיבי ואקטיבי, עצמאי ומנוהל חלקית, קשר עין עם כל העמיתים	אקטיבי, חבר קהילה	אקטיבי, עצמאי
<b>מתודות הוראה</b>	הרצאה, הנחיה תאורטית ומעשית, רצף נראות	הנחיה	נגישות בעת הצורך
<b>אביזרים טכנולוגיים</b>	מקרן ומסך, מסך חכם אינטראקטיבי ראשי, 2 מסכי תצוגה ושיתוף, בחירה לפי החלטה בית ספרית: מדפסות תלת-ממד, לייזר, ציוד רובוטיקה וכו')	מסכי תצוגה ושיתוף 55"	מחשבים ניידים לפי הצורך
<b>מערכות ותשתיות</b>	מערכת חשמל צמודת תקרה, משתלשלת במיקומי השולחנות או במודול קבוע, שקע A בהיקף כל 2 מטר	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות ואופציה לעמודי חשמל במרכז השולחן	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות

מרחב עשייה	מרחבי שיתוף	מרחבי חשיבה	
שולחנות סדנה ניידים בגובה עמידה 90 ס"מ, כיסאות חצי בר ניידים, משטחי עבודה היקפיים בשילוב ארונות אחסון עליונים וארונות אחסון שקופים, מדפי תצוגה ועגלות ניידות לאחסון נייד. לוחות כתיבה וביטוי אנלוגי קבועים וניידים	מרחב עם מדף עמוק היקפי לעבודה פרטנית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך	קפסולות חשיבה שקטה, עמדות עבודה מוגנות חצי סגורות, מרחב סגור עם עמדות פרטניות	<b>ריהוט</b>
75-100 מ"ר	9-18 מ"ר	2-15 מ"ר	<b>שטחים</b>

<b>דוגמה לפרוגרמה מורחבת מותאמת ל-D-STEM Lab</b> עוגן קבוע מרחבי קיים: מעבדה קיימת וחדר ההכנה <b>ערכים:</b> הרחבת תרבות החקר המדעי בתוך מרחב קיים		
<b>מהות המרחב</b>	<b>מרחב מעבדה ראשי</b>	<b>מרחב חשיבה ושיתוף</b>
מרחב סטודיו יצרני, מעבדת מייקר או עשייה	ליחיד ולקבוצה קטנה, סגור ושקוף, מחולק לשני חדרי חשיבה ליחיד ולקבוצות קטנות (מרחב הכנה לשעבר)	
<b>מספר תלמידים</b>	17-34	1-4
<b>פעולות לימודיות</b>	חקר מדעי: איסוף ידע קבוצתי, בניית תוצרים, אזור משחק הרכבה, הצגת מידע	חקר מדעי: איסוף ידע פרטני, תכנון, שיתוף, החלפת רעיונות
<b>התנהגויות לימודיות</b>	פוקוס על מקור הידע, חשיבה בקבוצה גדולה ובמליאה מלאה. עשייה תוך חקר	חשיבה ועבודה עצמאית, עבודה בקבוצה קטנה
<b>תפיסת המשתמש או חוויית המשתמש</b>	פסיבי ואקטיבי, עושה, חוקר ומשתף	אקטיבי, עצמאי, חושב ומשתף
<b>מתודות הוראה</b>	הרצאה, הנחיה, ניהול עשייה, ניהול שיתוף	הנחיה קבוצתית, קבוצה קטנה
<b>אביזרים טכנולוגיים</b>	מקרן ומסך, מסך חכם ראשי, 2 מסכי תצוגה ושיתוף	מחשבים ניידים לפי הצורך, מסך טלוויזיה 55" לשיתוף
<b>מערכות ותשתיות</b>	מערכת חשמל צמודת תקרה; משתלשלת במיקומי השולחנות או במודול קבוע, שקע A עמדת עבודה בהיקף כל 2 מטר	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות
<b>ריהוט</b>	שולחנות סדנה ניידים בגובה עמידה 90 ס"מ, משטחי עבודה היקפיים בשילוב ארונות אחסון עליונים וארונות אחסון שקופים, מדפי תצוגה	מדף עמוק היקפי לעבודה פרטנית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך
<b>שטחים</b>	70 מ"ר	2X7.5 מ"ר

## 8. מקורות

Montuori, A., & Donnelly, G. (2013). The changing face of creativity. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 1, p. 17312). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.

Mor-Avi, A. (2020). Architecture for Collaborative Creativity [Ph.D. dissertation, Illinois Institute of Technology College of Architecture]. Chicago.

טישור, ב' (2020). קשרים בין עיצוב מרחבי למידה לתהליכי הוראה ולמידה. ירושלים: יוזמה – מרכז לידע ולמחקר בחינוך. מת"ת. <https://meyda.education.gov.il/files/LishcatMadaan/ConnectionsLearningSpace.pdf>

מוראבי, ע', אריאן-כדריה, מ' וביאליק, ג' (2023). חדשנות בפיתוח, תכנון ועיצוב סביבות ומרחבי למידה. מינהל הפיתוח, משרד החינוך. <https://meyda.education.gov.il/files/Pituach/innovation-design.pdf>