

# Enhanced Reality

מציאות מיטבית

אופק רז

אופק רז

## Enhanced reality

פרויקט גמר

סטודיו "טכנולוגיה מחוללת"

מנחים | פרופ' אדר' איתן קימל, אדריכל דוד רובינס

אדריכלות חוקרת

מנחה | ד"ר אדר' ליאת איזון

מסלול ארכיטקטורה ובינוי ערים

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון

התשפ"ב | 2022

**הפקולטה  
לארכיטקטורה ובינוי ערים**



## תוכן עניינים

| 4     | תקציר                                                          |
|-------|----------------------------------------------------------------|
| 6-8   | <b>פרק 1</b> אופטימיזציה של נוחות, מערכות בניין והסביבה הפיזית |
| 9-11  | <b>פרק 2</b> פיזיולוגיה אנושית והקשר לסביבה                    |
| 12-23 | <b>פרק 3</b> מציאות מדומה, מציאות רבודה, מציאות מיטבית         |
| 24-27 | <b>פרק 4</b> מיפוי החושים במרחב                                |
| 28-35 | <b>פרק 5</b> עקרונות תכנון בסביבות מגורים                      |
| 36-41 | <b>פרק 6</b> תכנון ממוקד - מלון דירות בתל אביב                 |
| 42-48 | <b>פרק 7</b> מקנה מידה של פעולה לקנה מידה של מסדרון            |
| 49-53 | <b>פרק 8</b> היגיון חברתי קומתי ועולם היברידי רב משתתפים       |
| 54-56 | <b>פרק 9</b> האתר והבניין                                      |

## תקציר

הטכנולוגיה מאחורי מציאות מדומה ורבודה התפתחה בצורה יוצאת דופן בשנים האחרונות, ועם הצהרתה האחרונה של פייסבוק לפיתוח של המטאוורס, סביר להניח שנבלה יותר זמן במרחבים וירטואליים. למרות שכיום מושקעת כמות עצומה של מחשבה, מאמצים ומשאבים בלייצר עבורנו סביבות נוחות, קיומו של חומר דיגיטלי במרחב יכול לענות על חלק מהצרכים שלנו ולפיכך חלקים מהחומר הפיזי הבנוי מתייתרים. כאשר "מתפנה" מקום, והמרחב מצטמצם לאור קיומו של החומר הדיגיטלי, ניתן לתכנן באופן המאפשר איזון מדויק של החומר הפיזי והדיגיטלי במרחב. עקרון זה מאפשר ייצור סביבות מיטביות ובריאות יותר, וכן שוויון הזדמנויות לכל.

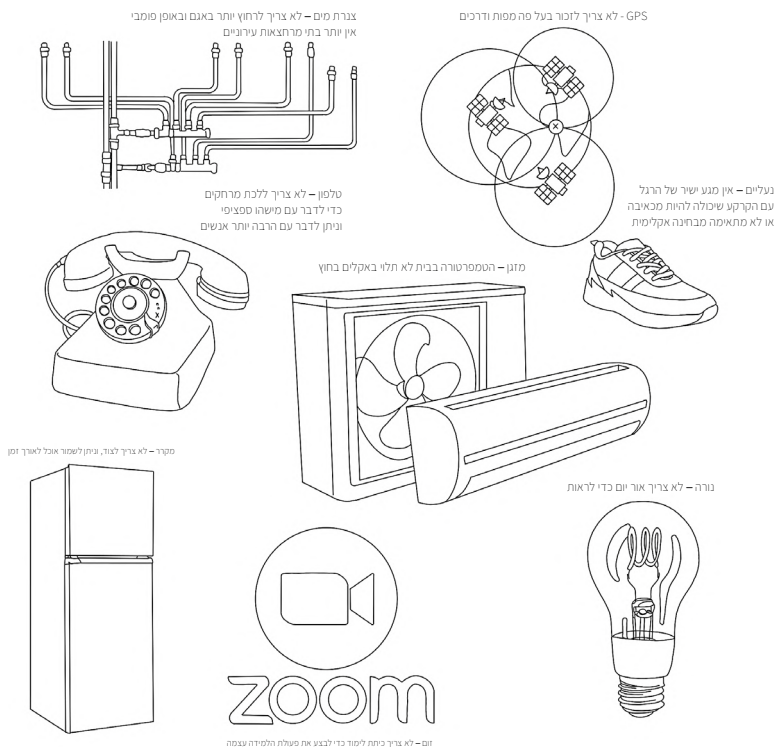
פרויקט זה יבחן את השינויים הצפויים בעתיד העולם הפיזי, תוך התחשבות בחומר דיגיטלי חדש הפרוס על גבי המרחב מתוך הבנה שמאזן הכוחות בין המרחב הפיזי למרחב הוירטואלי נתון במגמת השתנות והגבולות ביניהם מטשטשים.



# פרק 1

## אופטימיזציה של נוחות, מערכות בניין והסביבה הפיזית

הקשר של האדם אל הסביבה הפיזית הקדמונית הולך ומתרוּפף עם השנים, בשל התפתחות טכנולוגית המאפשרת לו לייצר תנאי מחיה אופטימליים יותר מהתנאים הסביבתיים הקיימים. כלומר, כיום, השימוש בטכנולוגיה הקיימת מיועד עבור אופטימיזציה של המציאות. למשל, אנחנו משתמשים במזגן על מנת לייצר תנאים אקלימיים טובים בתוך הבית שאינם תלויים בתנאי מזג האוויר, אנו משתמשים בנעליים על מנת לא לפגוע בכפות הרגליים ואפילו בתאורה מלאכותית על מנת לאפשר לנו להיות פעילים שעות נוספות. ישנן דוגמאות נוספות ורבות להמצאות שהקלו על חיינו והפכו את האדם הקדמון לאדם המודרני, כלומר כזה שאיננו תלוי בתנאי הסביבה הפיזית הקדמונית יותר, והאינטראקציה שלו איתה תלויה בבחירתו האישית.



עפ"י בואר, טכנולוגיית מיזוג האוויר היתה קפיצה משמעותית עבור המודרניזציה של הסביבה הבנויה בארצות הברית במהלך המחצית הראשונה של המאה העשרים. למרות שהמצאת מיזוג האוויר הסתמכה על טכניקות קיימות של אוורור מכני, היכולת לשלוט במדויק על הטמפרטורה, הלחות ומחזור האוויר הפכו לעיסוק מרכזי בתכנון מבנים שהשפיע על האדריכלות הן ברמה הרעיונית והן ברמה המעשית. השליטה במזג האוויר אפשרה סביבות חדשות מקדמות בריאות, וכן את הגברת היעילות והשליטה בטבע, דבר שהוביל לשינוי ארכיטקטוני מהותי במבנה דירת המגורים.

דוגמא זו עוזרת לנו להבין שהשינויים הארכיטקטוניים במרחב מושפעים בצורה מהותית מההתפתחות הטכנולוגית, ספציפית התפתחות טכנולוגית של מערכות בניין (מערכות אינסטלציה, חשמל ומיזוג אוויר כפי שתואר מעלה) הובילה לפריצות דרך משמעותיות בתחום התכנון האדריכלי. דוגמא נוספת שניתן לבחון היא התפתחות כלי הרכב והשינוי המהותי שלה על המרחב העירוני. אם בעבר היה לנו צורך בתשתית לגידול בעלי חיים וברוחב רחוב המתאים לכרכרות ולסוסים, התפתחות הכבישים אפשרה שינוי בפרופורציות של רוחב הרחוב, יתרה את הצורך בגידול בעלי חיים לטובת מעבר ממקום למקום וכן אפשרה לעיר להתפתח למקומות נוספים ולאנשים להגיע בצורה מהירה יותר ממקום למקום. תיאורטית, יתכן שבעתיד תתפתח טכנולוגיה של שיגורי אנשים מנקודה לנקודה, אשר תייתר גם את תשתית הכבישים, את הרכבים, המטוסים, הנמלים והאווניות. ולכן המשמעות הפיזית של ההתפתחות הטכנולוגית בתחום הזה היא גדולה מאד.

## תנועה למרחקים

שיגורים?  
קפסולות מהירות?

מכוניות מעופפות  
תשתית עתידית לא ידועה  
תשתית ישרה בסיון שאלה

כרכרות  
צורך בתשתיות לגידול בעלי חיים  
רוחב רחוב משתנה בהתאמה לסוג הכלי

רכיבה על בעלי חיים  
צורך בתשתיות לגידול בעלי חיים  
רוחב רחוב בהתאמה לסוג הכלי

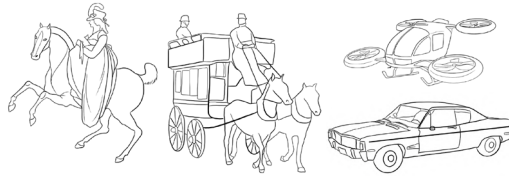
מכוניות  
צורך בכבישים, אפשרות הגעה  
למקומות רחוקים אף יותר וכן  
פיתוח עירוני נרחב יותר בהתאמה



## הטכנולוגיה

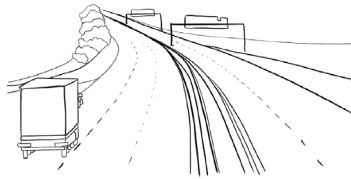
תנועה מהירה למרחקים

### המכשור הטכנולוגי



### התשתית המרחבית הנדרשת

הקניית מקום פיזי במרחב

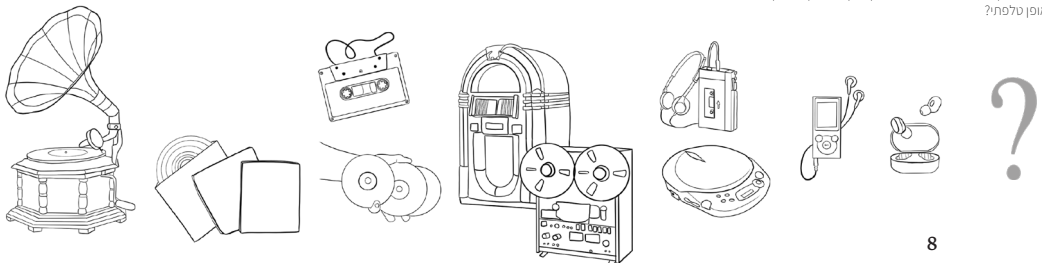


נוכל לבחון חידוש טכנולוגי נוסף, למשל האופן בו אנו צורכים מוזיקה. בעבר היה צורך בתקליטים, חנויות תקליטים, פטפונים וכו', והיום מוזיקה ניתן לצרוך באופן אישי באמצעות אוזניות אלחוטיות. עם זאת, השינוי הפיזי-מרחבי בהשפעת התפתחות הטכנולוגיה של שמיעת מוזיקה הוא לא גדול כמו התפתחות טכנולוגית של כלי תחבורה.

ניתן להבין מכך כי ישנן טכנולוגיות המשנות ברמה מהותית יותר את המרחב הפיזי, וכאלה שמשפיעות עליו פחות ומייצרות בו פחות שינויים. ניתן כמובן להבין זאת בדיעבד, לאחר שאנו יודעים מהו המכשור הטכנולוגי הנדרש, ומהי התשתית הפיזית הנדרשת עבורו.

### שמיעת מוזיקה

שיתל? מעבר גלי קול למוח באופן טלפתי? אוזניות אלחוטיות אין צורך בדיסקים או קלטות הודת שירים מהאינטרנט המצאת האוזניות מכשור קטן ואישי מכוונת להשמעת דיסקים וקלטות דיסקים, קלטות פטיפון, תקליטים, חנויות תקליטים

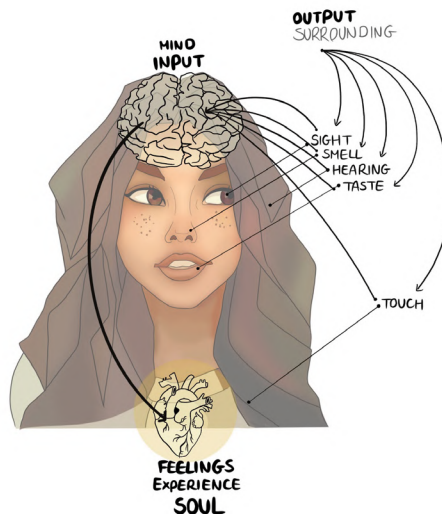


## פרק 2

### פיזיולוגיה אנושית והקשר לסביבה

ניתן להבין מהכתוב כי עד כה, מטרתה של ההתפתחות הטכנולוגית היתה לשרת תנאי מחיה "אופטימליים", בכדי להביא את האדם לאיזון פנימי מערכתי בסביבה בה הוא נמצא. לדוגמא, אם קר וחשוך בחוץ, הסביבה המלאכותית ידעה לפצות על כך באמצעות חימום ותאורה. עם זאת, לטכנולוגיה פוטנציאל לשינוי גדול יותר מאיזון התנאים הפיזיולוגיים עם הסביבה הפיזית הקיימת. היא יכולה ביחד עם הארכיטקטורה לייצר סביבה חדשה לגמרי, אשר תלויה או בלתי תלויה בתנאים של הסביבה הפיזית הקדמונית, דרך שליטה רחבה יותר בפיזיולוגיה האנושית, קרי במערכת החישה של בני האדם. כלומר, עם התפתחות הטכנולוגיה, הנדסת המרחב למתן חוויה ספציפית נעשית משוכללת יותר, ומאפשרת שליטה טובה יותר בחושים ובסביבה.

בפרויקט זה אתמקד בשינוי שעתיד להיווצר במרחב הפיזי כתוצאה משימוש בטכנולוגיות המאפשרות שליטה בתחושות ובנפש האדם דרך מערכת החושים שלו. טכנולוגיות מסוג זה כוללות כמובן את מערכות המיזוג, מערכות התאורה, מערכות הסאונד וכן מערכות של מציאות מדומה ורבודה. שילוב של כל אלה יחד, יאפשרו שליטה תכנונית בכל קשת החושים האנושית ויאפשרו חוויה חדשה לגמרי במרחב. למדנו גם על סמך ניסיון העבר, ששימוש חדש שכזה בטכנולוגיות הקיימות הוא בעל פוטנציאל לשינוי מוחלט של העולם הפיזי.



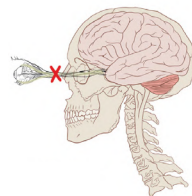
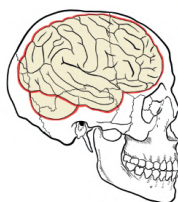
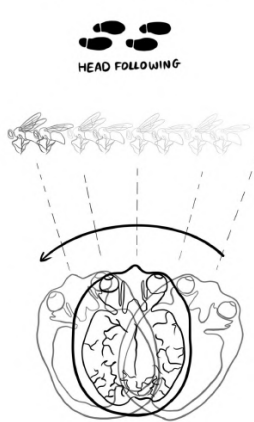
אם כן, האופן בו הטכנולוגיה משפיעה על החושים ולפיכך על נפש האדם מקורה באופן בו אנו קולטים את הסביבה הפיזית. הקליטה נעשית דרך חמשת חושינו, כאשר החוש המהותי ביותר והראשון ביצירת אינטראקציה עם הסביבה הוא חוש הראייה. עפ"י ספרו של ריצ'ארד ל. גרגורי, "העין והמוח", ניתן ללמוד כי מאחר ותפיסת הסביבה מבוססת על הקשר בין העין למוח, וכל התחושות שלנו כלפי המרחב מבוססות על קליטה זו, כאשר קורה שינוי בעין או במוח, הסביבה הנראית משתנה באופן מהותי ומשפיעה על התפיסה שלו ולכן גם על הרגשות שלנו והחווייה בו.

התרגום של הקלט שאנו מקבלים מהסביבה החיצונית במוח, מייצר עבורנו את החוויה הפנימית על הגוף והנפש, משפיע על הרגשות שלנו ומייצר עבורנו את החוויה המלאה של המרחב בו אנו נמצאים. על אף שאנו חווים את המרחב דרך כל חמשת החושים, חוש הראייה יכול לייצר לנו חוויה כמעט מלאה לבדו, כלומר חווית המרחב מבוססת בעיקרה על הקליטה הראייתית שלנו. הסיבה לכך היא הטווח הרחב של חוש הראייה בניגוד לחושים האחרים וכן הקשר המהותי בין העין למוח. התפיסה החזותית של המרחב מבוססת על מיליארדי קולטנים עצביים בעיניים, אשר מעבירים את המידע שהם קולטים אל המוח, שם הוא עובר עיבוד נוסף ומציג בפנינו את הסביבה התלת מימדית שאנו מכירים. בספרו, גרגורי מתאר כיצד שינויים בכל מרכיב במערכת הראייה בנפרד משפיעים באופן מובהק על תפיסת הסביבה. השינויים הללו יכולים להגרם משינויים פיזיולוגיים שונים ביניהם עייפות, חומרים מטשטשים דוגמאת אלכוהול וכו'. כך או כך, כלל השינויים במערכת הראייה אשר משפיעים על תפיסת הסביבה החזותית, משפיעים על הנפש והרגשות שלנו וגם נושא זה נידון בספרו.

## Image retina system



## Eye-head system



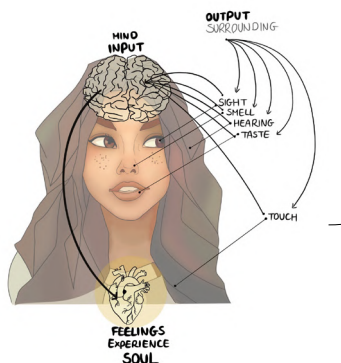
בפרק 6 בספרו שמדבר על ראייה ותנועה, הוא מסביר כיצד האינסטינקטים הקדמונים שלנו הם בעלי משמעות בתפיסת תנועה וכן ביצירת אינטראקציה עם המרחב. על מנת לתת יציבות לעולם החזותי, האדם מייצר איזון בין התנועות הצפויות שהוא קולט (מערכת עקיבת הראש והעיניים) לבין התנועות הבלתי צפויות שנכנסות לשדה הראייה (אינסטינקט הרטינה). בנוסף, המוח משלים את המידע החסר המתקבל מהעיניים ולכן אנו לא מרגישים בנקודות ה"מתות" בעיניים שלא קולטות את הסביבה כל הזמן, מאחר והמוח עסוק ללא הפסקה בלהשלים עבורנו את המידע ע"י פענוח של החוסרים.

אם כך, חוש הראייה הוא החוש הראשון והראשי בפיתוח אינטראקציה עם הסביבה לאנשים שאין להם בו מום. מאחר ותפיסת הסביבה מבוססת על הקשר בין העין למוח, וכל התחושות שלנו כלפי המרחב מבוססות על קליטה זו, כאשר קורה שינוי בעין או במוח, הסביבה הנראית משתנה באופן מהותי ומשפיעה על התפיסה שלו ולכן גם על הרגשות שלנו והחווייה בו.

עם זאת, על אף חשיבותו הרבה של חוש הראייה באינטראקציה שלנו עם הסביבה, היא נקלטת גם באמצעות החושים האחרים – שמיעה, ריח, מגע וטעם. כאשר ישנה הלימה בין כל החושים הרלוונטיים לחוויה מסוימת במרחב, לבין מה שקורה במרחב בפועל – המוח משתכנע באופן מלא שזו אכן החוויה שאנו חווים.

#### הטכנולוגיה מענה על צורך אנושי

#### המכשור הטכנולוגי התשתית המרחבית הנדרשת הקניית מקום פיזי במרחב



פיתוח חדשני במכשור הטכנולוגי משנה את התשתית המיועדת לו, וכן את המקום שיש להקנות במרחב הפיזי

אופן הקניית המקום במרחב משנה את הסביבה הפיזית

שינוי בסביבה הפיזית משנה את התגובה החושית אליה, ומשפיע על המוח, החוויה במרחב והרגש

## פרק 3

### מציאות מדומה, מציאות רבודה, מציאות מיטבית

דנו עד כה באפשרות של טכנולוגיות לשנות את המרחב הפיזי ולהשפיע על הנפש הנקלט דרך חמשת חושינו. בפרק זה אתמקד בטכנולוגיות של מציאות מדומה ורבודה, בעלות פוטנציאל לשינוי מהותי בנפש האדם באמצעות השפעה על מערכת החישה. טכנולוגיות אלה החלו את דרכן בעולם הבידור כבר בשנות ה-50 של המאה ה-20. עם התפתחותן המפתיעה בשנים האחרונות, התגלה פוטנציאל גדול יותר לשימושן בחיי היומיום והיכולת שלהן לייצר סביבה שהיא איננה רק לטובת החוויה או הבידור, אלא גם כזו שתהיה טובה יותר מבחינה בריאותית ונפשית ובעלת פוטנציאל לסיוע בפתרון קשיים שונים של העולם הפיזי. טכנולוגיות של מציאות מדומה ורבודה מעלות הרבה שאלות בנוגע לעולם הפיזי והשינויים שיגיעו בעקבות פיתוח שלהן, שאלות שכבר היום מנסים לתת עליהן מענה באמצעות פיתוחים שונים דוגמאת metaversen , עולם וירטואלי עתידי.

טכנולוגיה של מציאות מדומה, היא טכנולוגיה שהמכשור הטכנולוגי המדרש עבורה הוא סט של משקפיים ושני שלטים, והיא זקוקה למרחב פיזי "נקי" מאובייקטים פיזיים ככל שניתן. מטרתה היא להחליף את הסביבה הפיזית הנראית בסביבה וירטואלית חדשה לחלוטין דרך השפעה ישירה על חוש הראיה והשמיעה. בתור משתמש, כל זמן שהנך מרכיב את המשקפיים, אתה לא רואה את העולם הפיזי. בזכות ההשפעה העמוקה של חוש הראייה על המוח, החוויה במרחב תהיה מבוססת בצורה רבה על המרחב הוירטואלי שאתה רואה ומה שמתרחש בו. מחקר בשם virtual twin ניטר את תחושותיהם של אנשים שעשו פעולה פיזית מסוימת דוגמאת הטסת מטוס ואת תחושותיהם של אנשים שעשו את אותה הפעולה באופן וירטואלי באמצעות שימוש במציאות מדומה. התוצאות המדהימות מוכיחות כי התחושה של האדם שהטיס מטוס אמיתי ושל האדם שהטיס מטוס במציאות מדומה היא כמעט זהה. המסקנות הן שלמציאות מדומה השפעה עמוקה מאד על הנפש והחוויה ללא צורך בחומר פיזי. הצפי הוא שעד שנת 2030 מציאות מדומה תהיה שוק של 28 מיליארד דולר, עפ"י תחזיות Global Data.

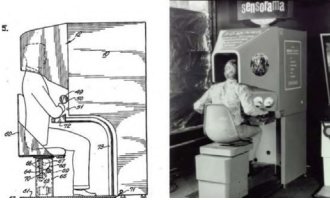






#### 1956 - סנטורמה

תא המדמה חוויות שונות באמצעות הפעלת החושים - כך למשל ניתן לדמות נסיעה באופניים ברחוב, המכונה תדמה את הרוח, הצלילים והמראות



#### 1968 - חרב דמוקלס

מכשיר המתלבש על העיניים ומחובר לזרועות מהתקרה בשל משקלו, אשר נועד למחקר בנושא עקבת אישונים. בתצוגה ניתן היה לראות חדרי פשוטים Wireframe



#### 1984 - תעשיות צבאיות ואוויריות

פיתוח טכנולוגי מתקדם יותר שלא מצריך תא מיוחד או זרוע תקרתית. מתפקד כסימולטור צבאי ועבור תעשיית האוויר והחלל



#### 1991 - מכונת משחקים

לראשונה ניתן למצוא מכונת משחקים בשימוש מציאות מדומה



#### 2010 - משקפי VR בעלות 2 דרגות חופש

מציאות מדומה לא משוכללת, מאפשרת לאדם להסתכל על סוג של מסך ניד המשודר דרך מכשיר הטלפון



#### 2014 -

פייסבוק קונה את אוקולוס ומכריזה על פיתוח מרחבים דיגיטליים

#### 2016 - משקפי VR עם קונסולה חיצונית

ללא צורך בשימוש בטלפון

#### 2018 - משקפי VR בעלות 4 דרגות חופש

מתאפשרת תנועה במרחב בתוך עולם וירטואלי חדש ומשוכלל

#### 2020 - משקפי VR בעלות 6 דרגות חופש

התנועה במרחב מתקיימת בעוד שתי דרגות חופש הדיגיטליזציה משוכללת יותר



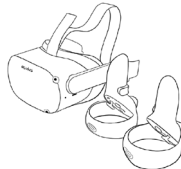
### הטכנולוגיה

מציאות מדומה | virtual reality

החושים המייצרים את החוויה הם בעיקר חוש הראייה, וחוש השמיעה תומך אותו

### המכשור הטכנולוגי

הפתרון הטכנולוגי כיום הוא סט המורכב ממשקפיים ושני שלטים



### התשתית המרחבית הנדרשת

מבחינה אופטימלית, נדרש אזור כמה שיותר פתוח וריק, תאורה מלאכותית ניתן לייצר גרید וירטואלי מאחר ושאר הסביבה הפיזית מוסתרת



אם כך, בשלב זה עולה השאלה המתבקשת: מהי המשמעות הנותרת לסביבה הפיזית האמיתית, כאשר ניתן להחליפה באופן כמעט מלא בוירטואלית?

ובכן, על אף שמציאות מדומה יכולה להשפיע בצורה קיצונית ביותר על הנפש, וזהו דבר שאין לזלזל בו בהיבטי הרצון שלנו כאדריכלים להשפיע על נפש האדם וחוויותו במרחב, הגוף עדיין נמצא בעולם הפיזי ומושפע מהמאפיינים הפיזיים שלו. לא ניתן למשל להחליט שאין צורך יותר בניקוי הרחוב על אף שטכנית ניתן לראות אותו כנקי ומצוחצח, מאחר וכאשר הסביבה הפיזית לא טובה ולא בריאה, הגוף יחלה, ללא קשר למה שהעיניים רואות. לכן אין תחליף אמיתי לסביבה הפיזית ולא ניתן להחליפה בוירטואלית. יחד עם זאת, היתרונות של סביבה וירטואלית באופן השפעתה על הנפש והחוויה של האדם בה הם חשובים ויכולים לשמש ככלי תכנוני בעתיד בו צפוי שהטכנולוגיה תהיה חלק בלתי נפרד מהיומיום.



טכנולוגיה של מציאות רבודה היא טכנולוגיה בעלת פוטנציאל רחב יותר בשילוב עם העולם הפיזי, מאחר והיא תלויה בו ונסמכת עליו. היא שונה באופן מהותי מבחינה טכנית מטכנולוגיה של מציאות מדומה, אך מבחינת הפיתוחים האחרונים בתחום ואופן השפעתה על המרחב הנראה והנפש, ההבדל הולך ונעשה זניח. בניגוד למציאות מדומה אשר מתנגדת ומתעלמת מהסביבה הפיזית הקיימת, מציאות רבודה מייצרת שכבות דיגיטליות על גבי הסביבה הפיזית, ומאפשרת לאדם לחוות את הסביבה הוירטואלית והפיזית ביחד.

בשנת 2015 מייקרוסופט הציגו פריצת דרך חדשה בתחום, כאשר הם השיקו את משקפי hololens שלראשונה הציגו קשר משמעותי בין המרחב הפיזי למידע הדיגיטלי. כלומר, המידע הדיגיטלי ידע "להתלבש" נכון על המאפיינים של המרחב הפיזי, ולהתאים עצמו לצורה של המרחב הפיזי. המכשור הטכנולוגי הנדרש יהיה בקרוב מאד עדשות ראייה בלבד, המכילות מצלמות זעירות שקולטות את המרחב, מעבדות את מאפייניו, ומלבישות עליו את המידע הדרוש. כלומר, התשתית הפיזית הנדרשת לשימוש בטכנולוגיה איננה קיימת, מאחר והמצלמות הזעירות בתוך העדשות יוכלו לאתר את מאפייני הסביבה ולהתאים את הטכנולוגיה לכל סביבה שהיא, ללא צורך בחומר פיזי מוטמע בה שיסייע לה לעבוד. לכן אין זה מפתיע שהצפי הוא שעד שנת 2030 מציאות רבודה תהיה שוק של 76 מיליארד דולר, יותר מפי 3 ממצאות מדומה, עפ"י תחזיות Global Data.

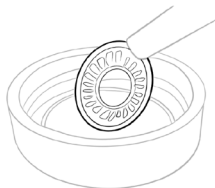
#### הטכנולוגיה

מציאות רבודה | augmented reality

זים המייצרים את החוויה הם חוש הראייה בלבד, אבל הסביבה המקורית נשמרת

#### המכשור הטכנולוגי

בקרוב מאד ניתן יהיה להשתמש בעדשות מנע



#### התשתית המרחבית הנדרשת

לא נדרשת תשתית מרחבית על מנת לגרום לAR לעבוד  
המצלמות הזעירות מזוהות את הסביבה ויודעות להתאים אליה  
את החומר הדיגיטלי בהתאם לבקשת המשתמש



1992

ד"ר האוור האמריקאי משתמש בטכנולוגיה לטובת סימולטורים

**videospace - 1975**

שימוש ראשוני במציאות רבודה על גבי מסך כדי ליישם בטכנולוגיה של הקרנות וצילום



**Dancing in Cyberspace - 1994**

ההופעה כללה רקדנים ואקרובטים עם אביזרים ויזואליים בגודל אנושי



**ARQuake - 2000**

המשחק הראשון שנוצר בשימוש AR וכלל ערכה גדולה לכלל הגוף



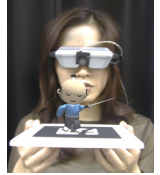
**טניס - 2005**

נוקיה מציעה משחק טניס בשימוש טלפון ומשטח



**ARToolKit - 2009**

פלאש מציאה אתה דרכו ניתן לחבנת אובייקטים דיגיטליים ולצפות בהם לאחר מכן



**kinetic motion - 2010**

מייקרוסופט מפתחת חוכנה דרכה ניתן לראות דרך מסך דמות אוטואר שמגיבה לתנועות הגוף



**Marta - 2013**

חוכנה המאפשרת לבצע תיקונים במכוניות באמצעות AR



**Google glasses - 2013**

משקפיים המציעות מידע דיגיטלי על גבי המרחב הפיזי, אך ללא חלולת בו



**Hololens - 2015**

פריצת דרך בתחום AR, כאשר בעת למידע הדיגיטלי יש אחיזה במרחב הפיזי, והוא מתאים את עצמו לאובייקטים



**Pokémon Go - 2016**

משחק המצריך מציאת אובייקטים דיגיטליים במרחב הפיזי



**ARKit SDK - 2017**

טכנולוגיה לשימוש אישי דרך מכשיר אישי, המאפשרת שנייה המרחב באמצעות הוספת אלמנטים דיגיטליים. בשלב זה הטכנולוגיה ניתנת לשימוש רק דרך מסך הטלפון/האייפד



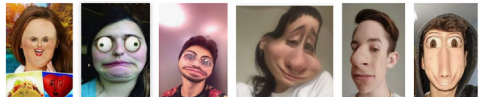
**magic leap - 2018**

פיתוח נוסף בדומה להולולנס, הערכה כוללת משקפיים ושולט



**2017 - אפקטי מצלמה**

טכנולוגיה לשימוש אישי דרך מכשיר אישי המאפשרת לשנות את פרופורציות הפנים



**Hololens 2 - 2019**

פריצת דרך נוספת בתחום כאשר כבר אין צורך בשלטים וניתן לנעת בהולוגרמות עם הידיים ולהזיזן/לסבירן הפזיות. המשקפיים כוללת מצלמות אשר סורקות את הסביבה ויוצרות מה ניח ומדויק, ובהתאמה יוצרות להלביש עליה את החומר הדיגיטלי



אם כך, בשלב זה עולה השאלה: כאשר לכל אחד יש את הטכנולוגיה לשימוש האישי ויכול לראות את מה שהוא רוצה לראות, מי שולט על עיצוב המרחב?

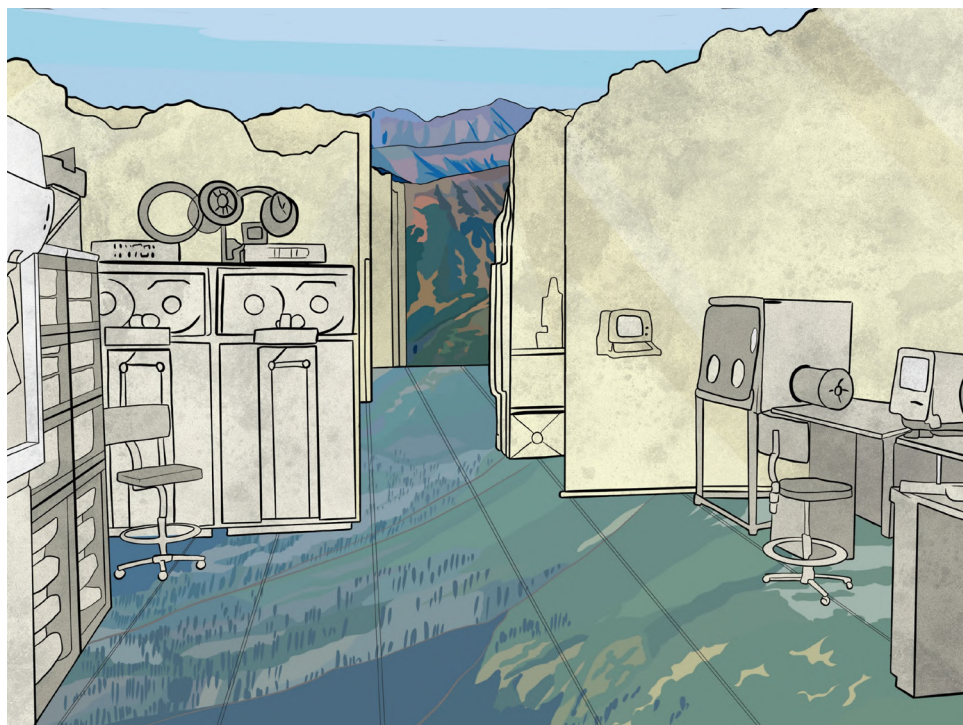
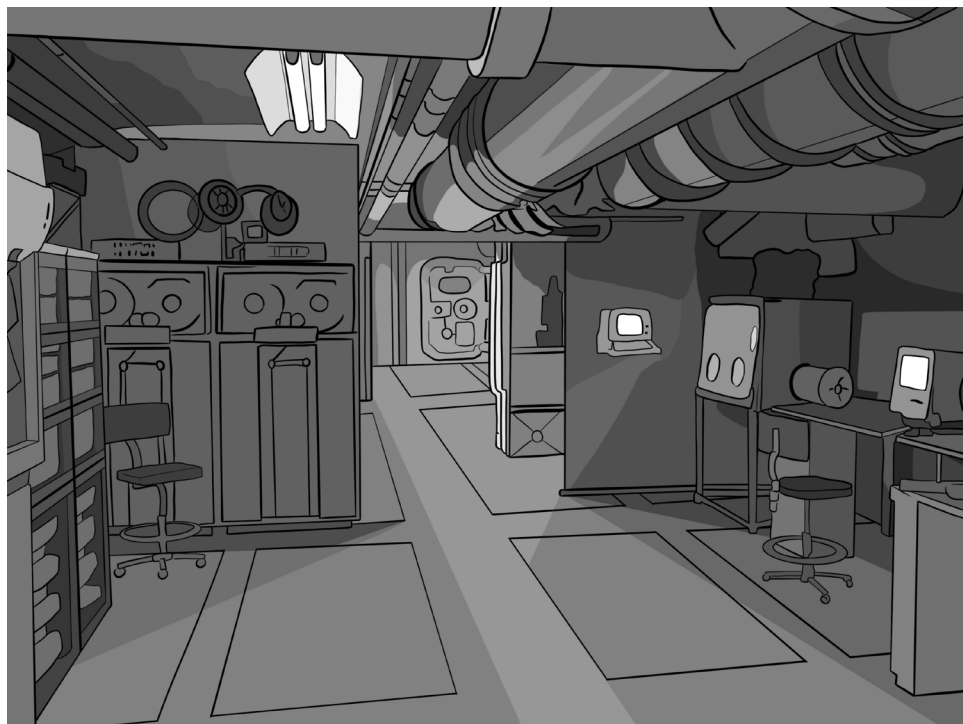
פרויקט זה יוצא מנקודת הנחה שהאחראיים הבלעדיים על עיצוב המרחב הם האדריכלים ומתכנני הערים. אי לכך, בתור מתכננים, אנחנו צריכים להבין שהמציאות הדיגיטלית הזאת צפויה להופיע במימד הפיזי ממש בקרוב, ועלינו לקבל אותה ולהשתמש בה כתשתית נוספת בעת תכנון מבנה. כפי שעלינו לקחת בחשבון תשתיות עירוניות, תשתיות בניין ונתונים אקלימיים למשל, יהיה עלינו להתחשב כעת גם בשכבה חדשה דיגיטלית שמתווספת לנו על המציאות הקיימת, ומשפיעה, בניגוד לשאר השכבות שאנו מכירים, באופן עיקרי ומהותי על חוש הראייה והדרך בה האנשים חווים את המציאות.

תוך התחשבות בטכנולוגיות של מציאות מדומה ורבודה ובטכנולוגיות נוספות בחיי היומיום, יש לנו את הכלים לייצר חוויות משמעותיות ומיטביות יותר עבור האדם. היכולת שלנו לשלוט בחוש הראייה לבד ודרכו לייצר חוויה כמעט מלאה היא מהותית, אך ניתן לשלב אותה עם טכנולוגיות נוספות המאפשרות שליטה בחושים נוספים ובכך להשלים את החוויה המתוכננת. מטרת העל הארכיטקטונית תהיה, כמו תמיד, לייצר מציאות מיטבית עבור המשתמשים, כלומר כזו שמאזנת את כמות האינטראקציה הרצויה ביחס לפעולה המבוצעת במרחב, וביחס לאינטראקציה הקיימת באותו מרחב ובכך לייצר סביבות בריאות יותר וטובות יותר.





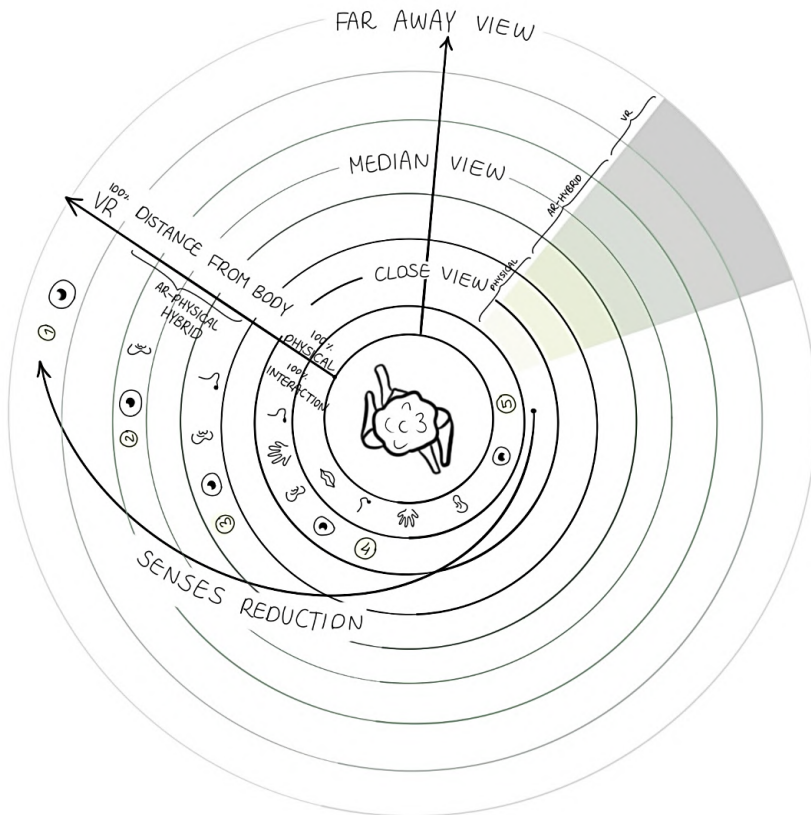
שיפור סביבות שהאינטראקציה הבסיסית שלהן עם הסביבה החיצונית לוקה בחסר באמצעות מציאות רבודה



## פרק 4

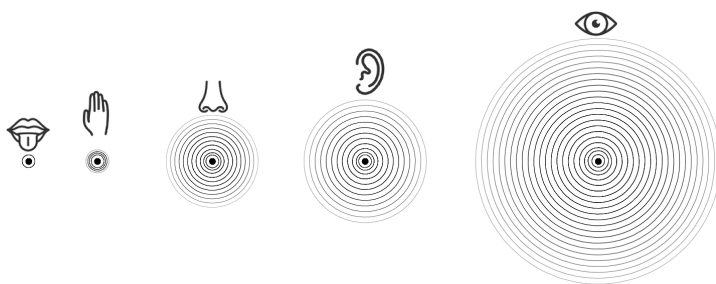
### מיפוי החושים במרחב

אם נפרוס את החושים ביחס למרחב, נראה כי ככל שדברים מתקרבים לגוף באופן פיזי, ישנו שימוש ביותר ויותר חושים כנגדם. כאשר הדברים מתרחקים מהגוף, בהדרגה, אנו מתקשרים עם הסביבה באמצעות פחות ופחות חושים עד למצב בו כמות החושים שאנו מפעילים כנגדה מצטמצם עד לכדי אחד - והקשר איתה הופך להיות ראייתי בלבד. כאשר מדובר בקשר שאינו תלוי באף חוש מלבד חוש הראייה, המרחב יכול להיות מדומה לחלוטין ואפילו לא רבוד, מאחר והוא לא נדרש עבורנו לשום מטרה אחרת.



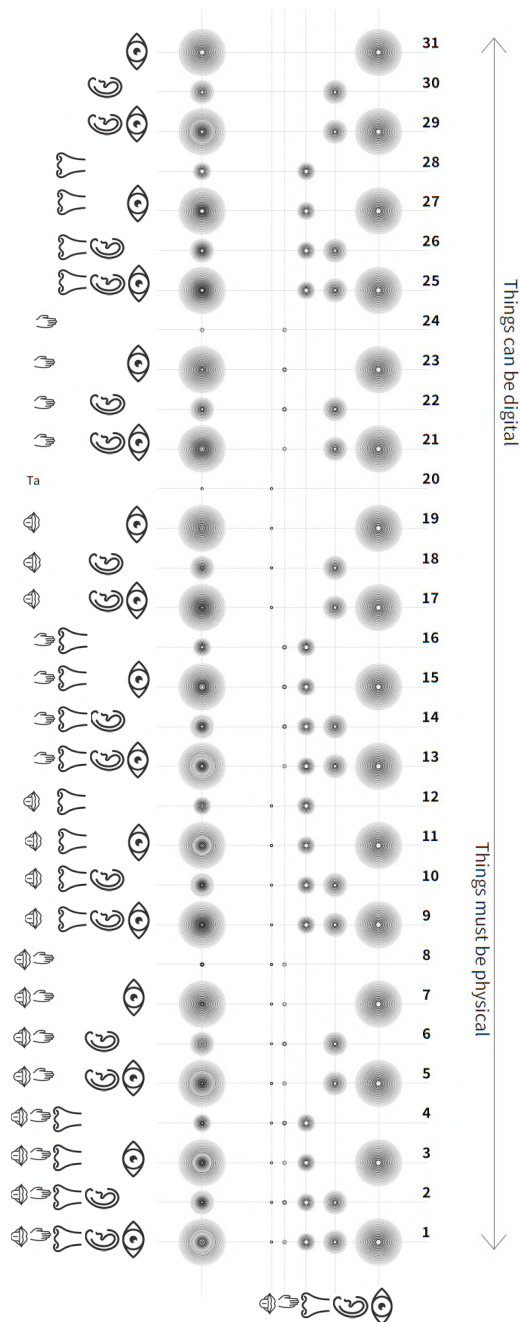
ניתן להבין מכך שלכל חוש יש טווח פעולה אישי וניתן לדירוג. מדד זה יקרא מעתה מדד חושי אוניברסלי, ודרכו ניתן לתת מקדם לכל חוש על פי טווח ההשפעה שלו, וביחס לחושים האחרים. הדירוג החושי לפי סדר עולה של טווח השפעה הוא: טעם, מגע, ריח, שמיעה וראייה. המדד החושי האוניברסלי מתאר את האופן בו הגוף מתקשר עם כל סביבה פיזית, ללא תלות באחת ספציפית.

השתמשתי באלגוריתם מתמטי והגדרתי מקדם לכל חוש, כאשר החוש ה"וירטואלי" ביותר (הראייה) קיבל את המקדם הנמוך ביותר, והחוש ה"פיזי" ביותר (הטעם) קיבל את המקדם הגבוה ביותר באמצעות האלגוריתם, ניתן לבחון את השילובים החושיים האפשריים ולהבין מבחינת אחוזים כמה המרחב יכול להיות וירטואלי (עבור אותה פעולה ספציפית שדורשת רק שילוב החושים הנבדק). התוצאות הגרפיות הללו מייצרות תמונת מצב כללית של החסכון החומרי האפשרי בסביבות העתיד.

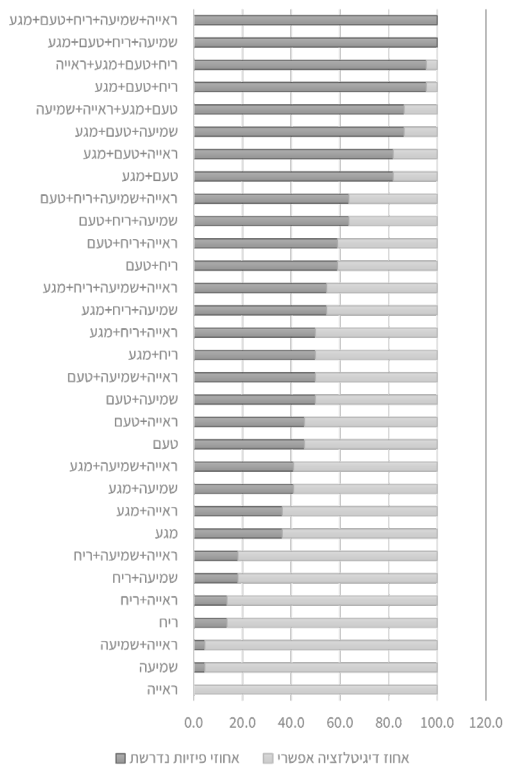


## מדד חושי אוניברסלי

מדגים מהו הפוטנציאל של חלוקת המרחב לאחוזי פיזיות ודיגיטליות לפי שילובים חושים המתארים פעולות שונות



אחוז פיזיות נדרשת ואחוז דיגיטליזציה אפשרי בתכנון המרחב בהתאם לדירוג החושי של הפעולה המבוצעת

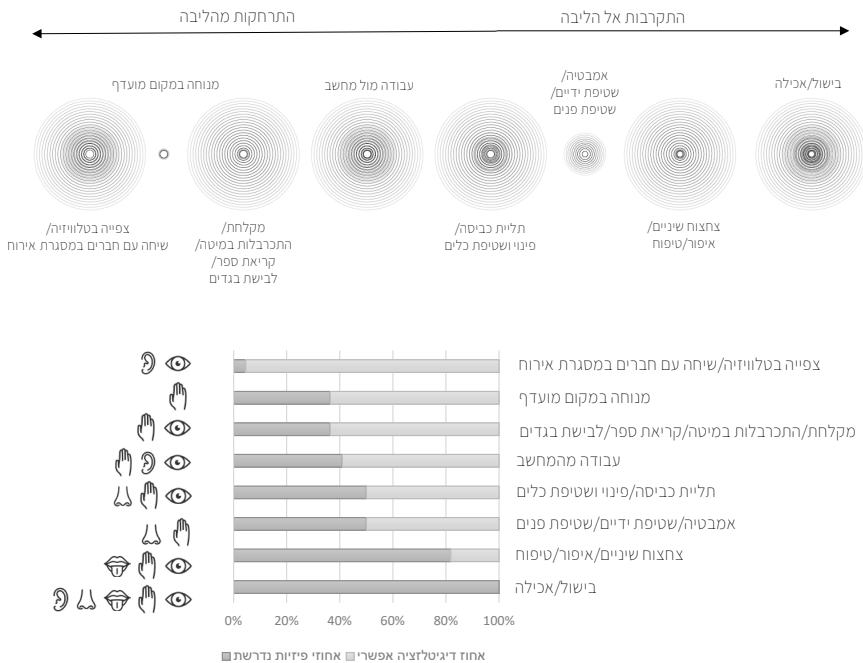


[illegible]

## פרק 5

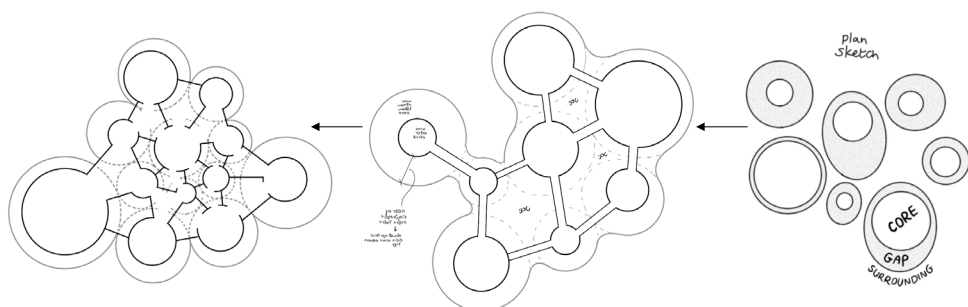
### עקרונות תכנון בסביבות מגורים

כלל הגרפים של המדד החושי מדרגים פעולות שילוב חושי. כלומר, נכון לבחון את המרחב והבניה בו על סמך פעולות שאנו עושים ולא לחלק אותו לחדרים. עבור פעולות שילוב חושי שונות, נקבל אחוזים שונים של הצורך במרחב פיזי לעומת וירטואלי. כלומר, המרחב הדירתי לא יהיה מחולק יותר לחדרים, אלא לפעולות, המוגדרות על ידי השילוב החושי הנדרש עבורן. ולכן, בשלב הראשון, ניתן לחלק את כל הפעולות שעושים בבית לשילובי חושים ולהכניסן למדד החושי האוניברסלי על מנת לקבל תמונת מצב על היכולת של הפעולות הללו להיות וירטואליות יותר. כך, ניתן לדרג אותן ולהבין מהן הפעולות הפיזיות יותר ומה הן הפעולות הווירטואליות יותר ולהתאימן למרחק ממעטפת הבניין והגישה אל החוץ.



פעולות פיזיות יותר יצטרכו לבוא במגע הדוק יותר עם החוץ וידרשו פחות מערכות, פעולות וירטואליות יותר ידרשו יותר מערכות ואי מגע עם החוץ. היגיון זה מסייע בהקניית הסידור של השטחים הציבוריים והפרטיים בדירה. גודל המרחב הדרוש לכל פעולה יהיה למעשה הגודל הפיזי הדרוש לתנועה עבור אותה הפעולה ועבור גבולות הידיים הפרוסות, כלומר, פרופורציות החללי היותליות בצורך התנועת בבצוע אותה פעולה ספציפית ויתאימו את עצמן מבחינת מימדים לטובת אותה הפעולה הספציפית. לכן אריזות הפעולות תיעשה בצורה המינימלית ביותר והמיושרת ביותר, תוך לקיחת חללים נמוכים וגבוהים בחשבון.

כל פעולה תהיה מוקפת מערכות אשר ישלימו את החוויה המלאה עבור המשתמש באמצעות השפעה על החושים במרחב. במקומות בהם האינטראקציה הבסיסית עם הסביבה לוקה בחסר, כמו בתת הקרקע, יהיה צורך ביותר מערכות מאשר מקומות בהם היא נרכשת באופן טבעי (ויכולים להיות מצבים בהם לא יהיה כלל צורך במערכות).



סקיצת דירה לדוגמא

סידור אפשרי של חללי פעולה

תוך התחשבות בחומר פיזי ודיגיטלי במקביל

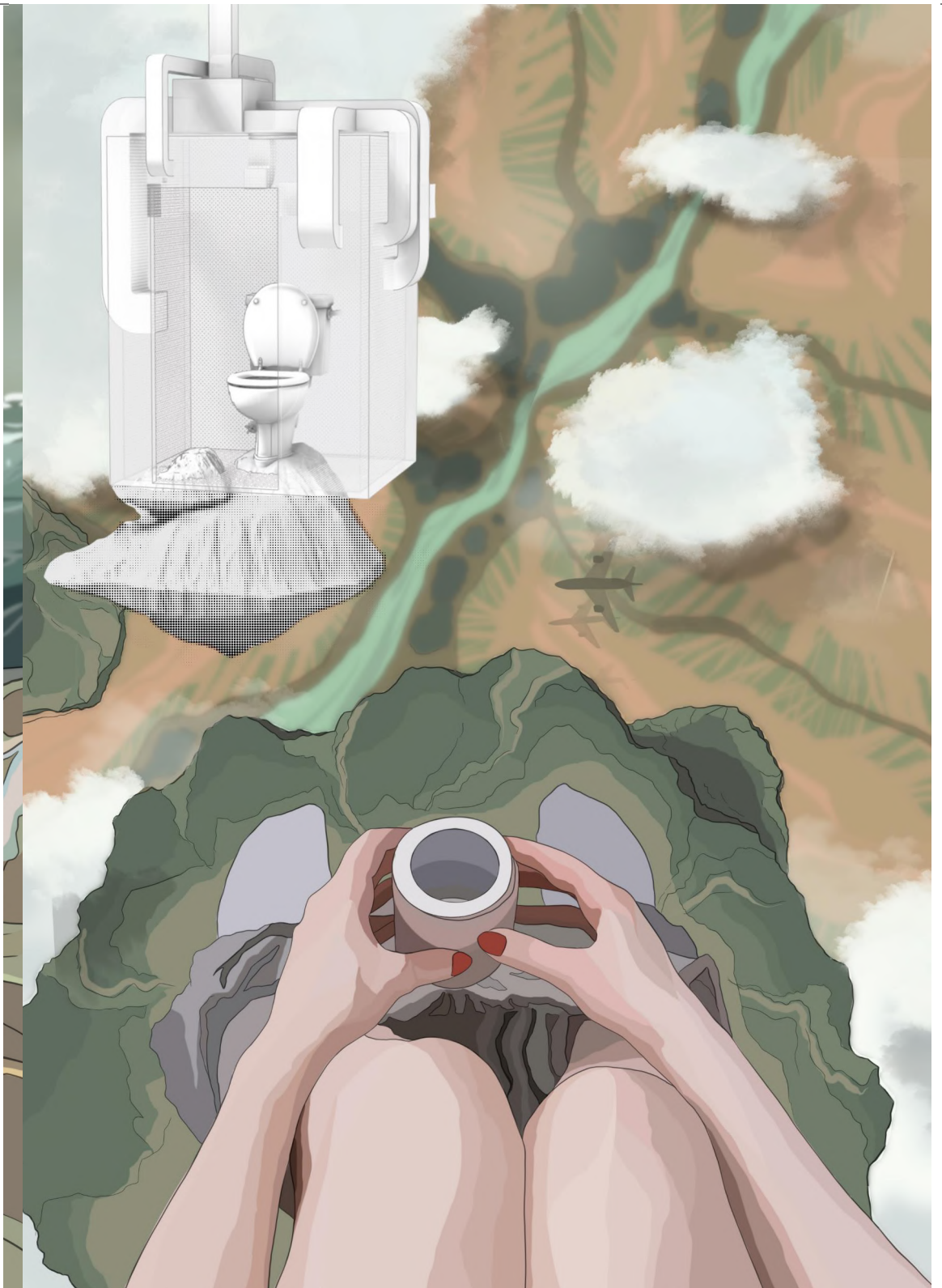
להשלמת החוויה המלאה ולמתן מציאות

מיטבית. בהמשך, יוצגו תמונות

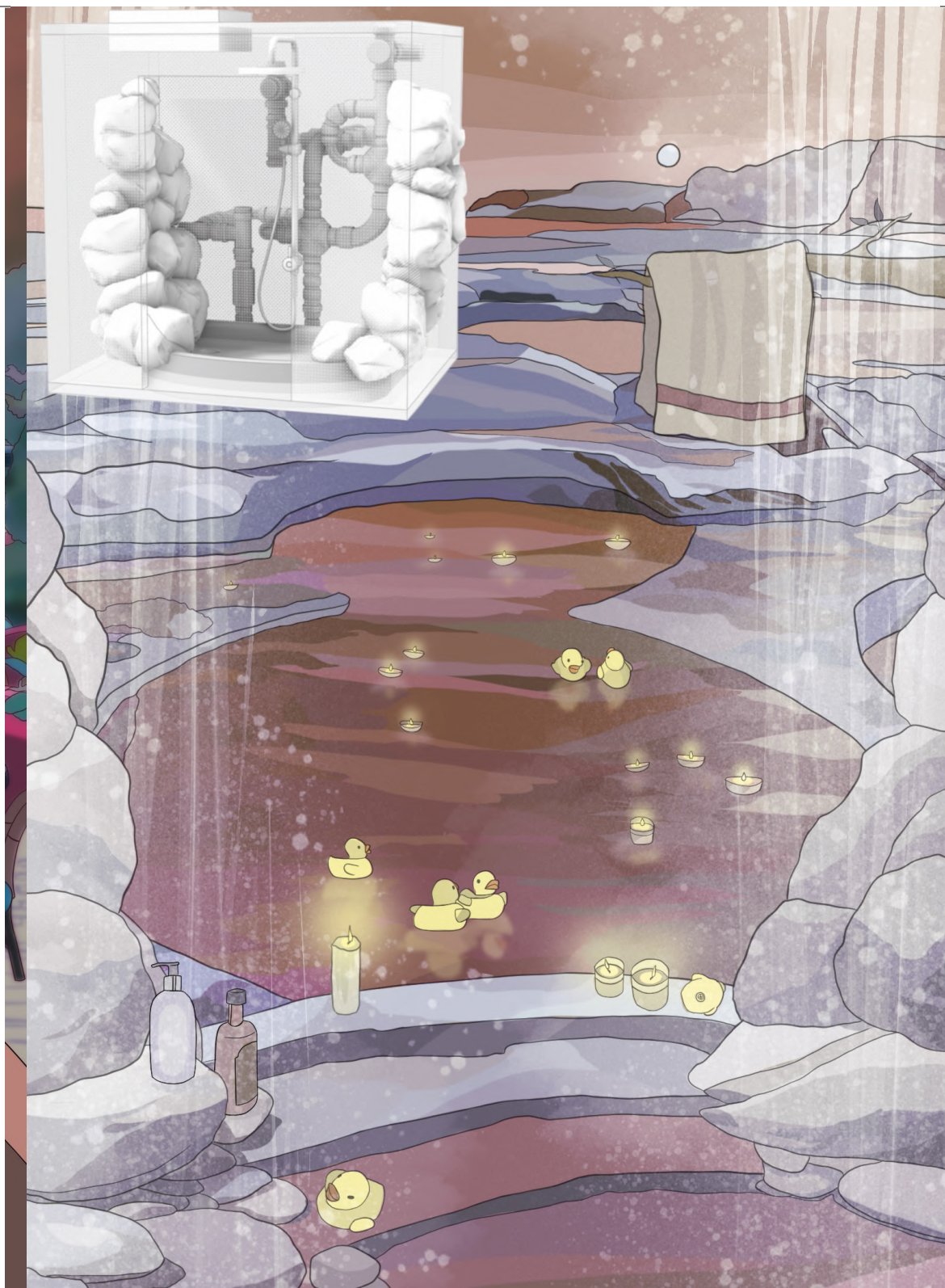
של המרחב כפי שהוא נראה

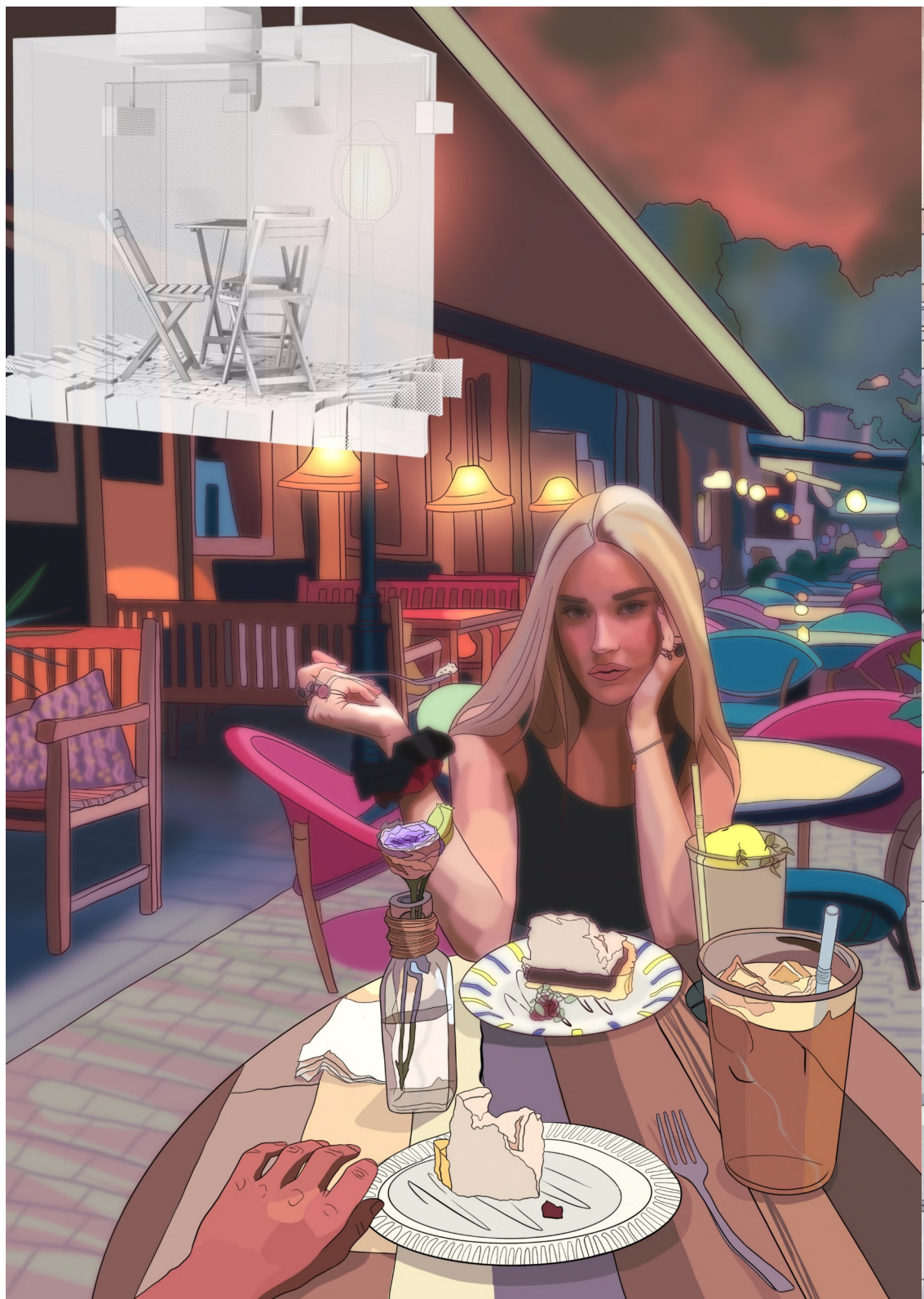
מעיני המשתמש בעת שילוב

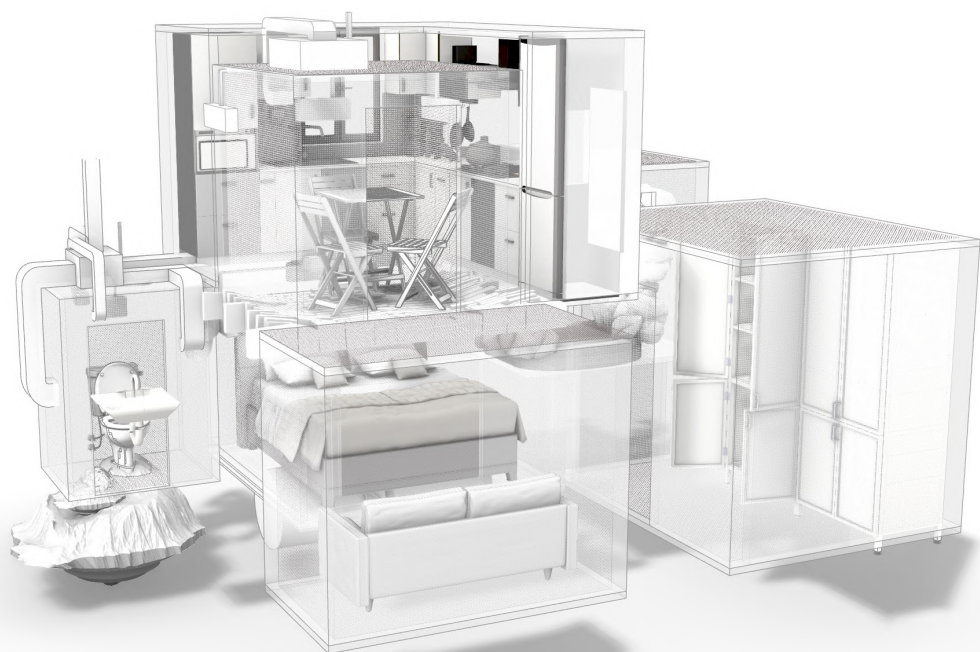
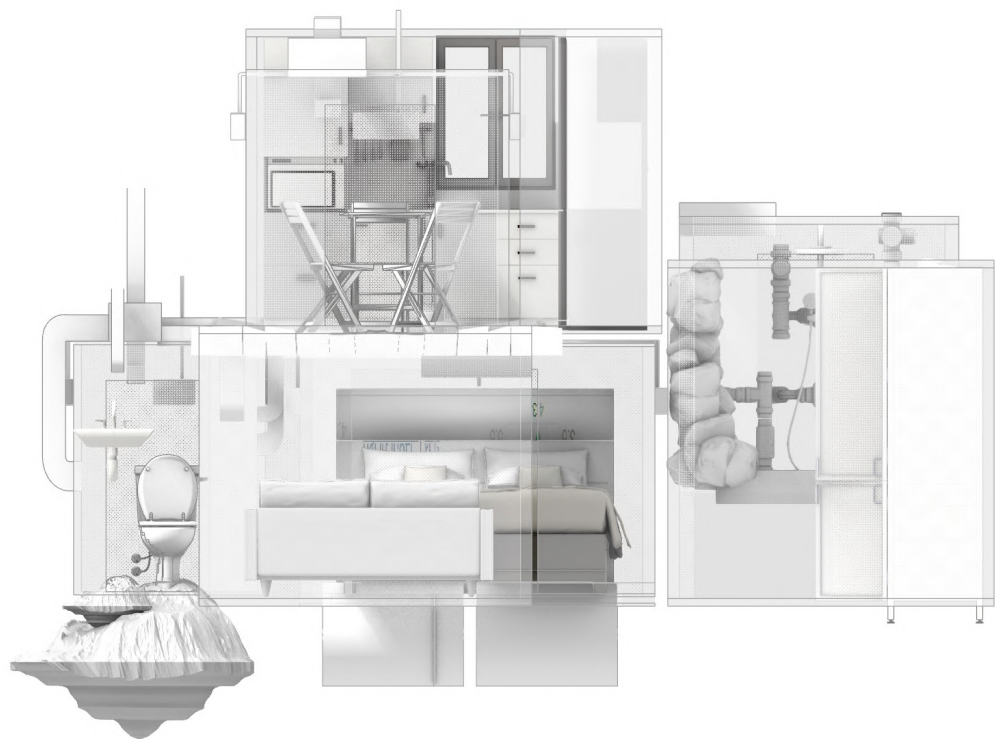
כל המערכות יחד עם העולם הפיזי

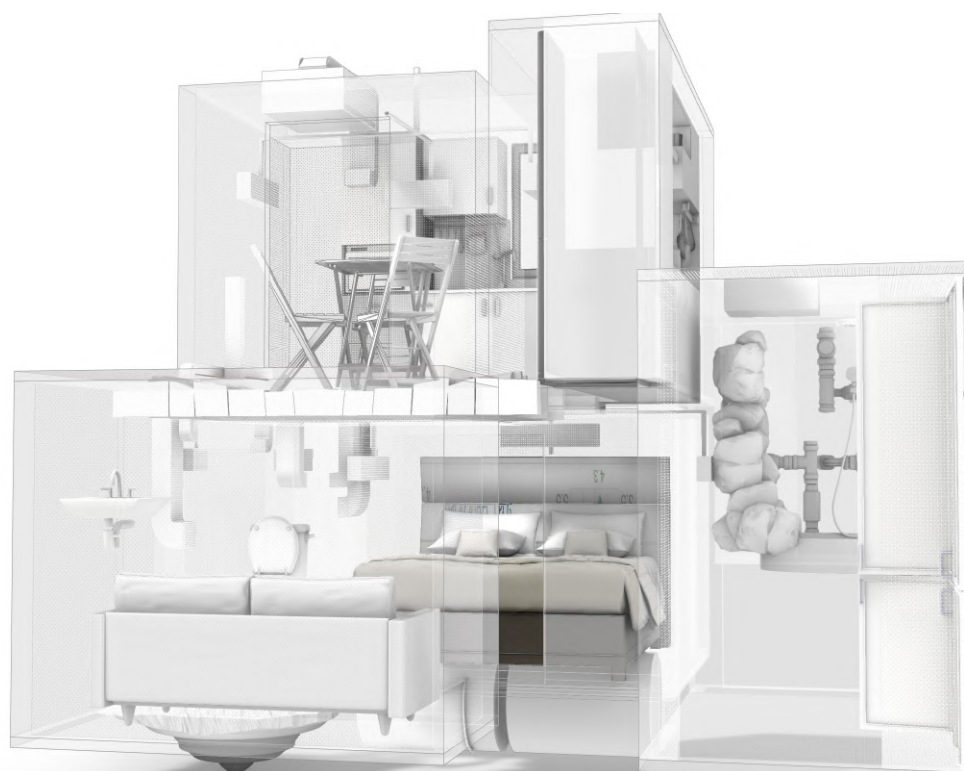








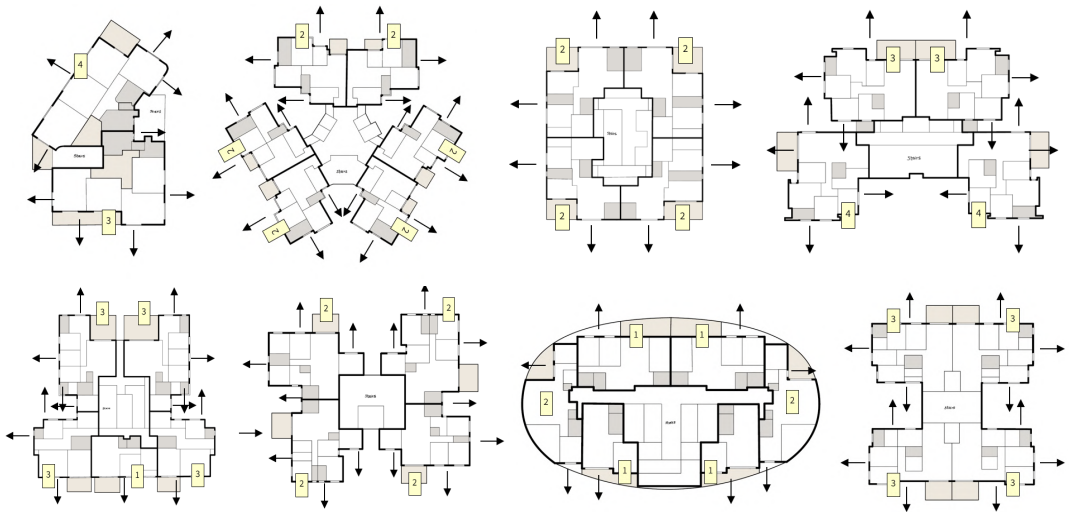




## פרק 6

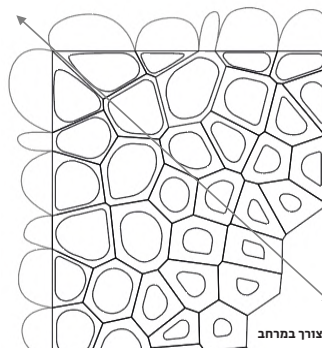
### תכנון ממוקד - מלון דירות בתל אביב

אחד ההבדלים המהותיים ביותר בין סביבה היברידית לסביבה וירטואלית הוא הצורך במספר כיווני אויר לדירה. כיום, טיפולוגיות המגורים הקיימות מביאות לכך שתתקבל צורת חזית מסוימת בהשפעת הרצון לאפשר מספר רב ככל הניתן של כיווני אויר לדירה. לפי הרעיון של הפרויקט הזה, כאשר ניתן להתמך באמצעות מערכות ולאפשר את התחושה של החוץ בכל פעולה, אין למעשה צורך ביותר מכיוון אויר אחד אמיתי וטהור לדירה אחת, המהווה את הפעולה הפיזית ביותר ושקשורה באופן המהותי ביותר לעולם הפיזי. ועל כן העיקרון של תכנית הקומה יהיה כזה שכל שמתקרבים לליבה, הפעולות נעשות וירטואליות יותר וקטנות יותר ודורשות יותר מערכות. וככל שיוצאים לכיוון החזית, הפעולות נעשות גדולות יותר ודורשות פחות מערכות.



טיפולוגיות דיור נפוצות כיום בישראל

פיזי  
פחות צורך במערכות, יותר צורך במרחב  
פיזי גדול

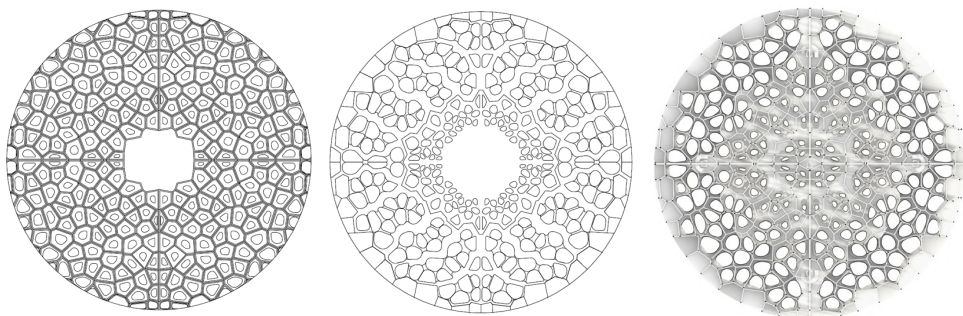


וירטואלי

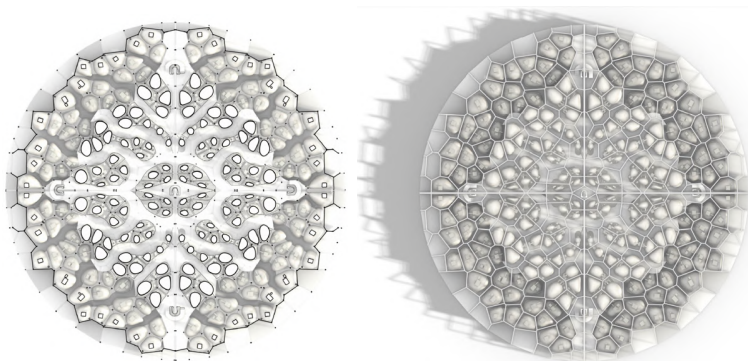
יותר צורך במערכות, פחות צורך במרחב

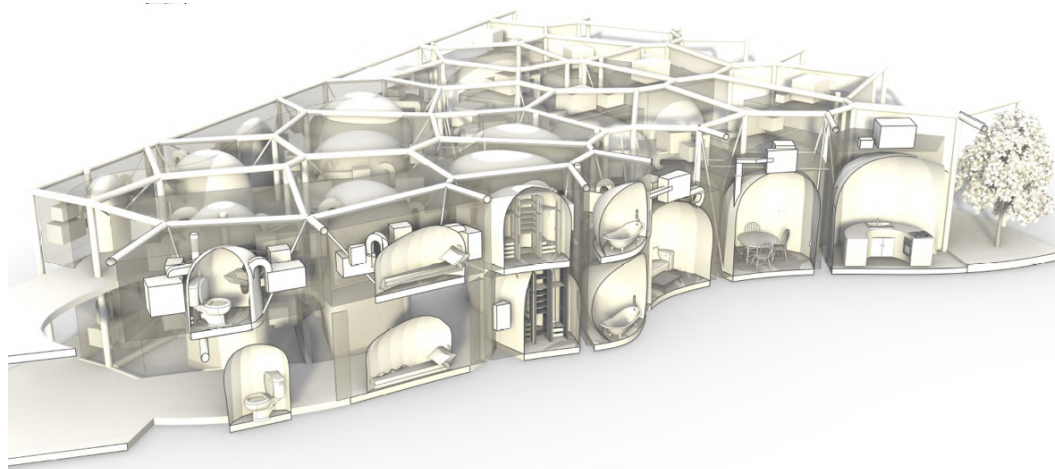
פיזי גדול

על מנת לייצר את ההיגיון בתכנית קומה, השתמשתי בקוד גראסהופר שמייצר את גריד הורונוי הבסיסי, ובתוכו מייצר את חללי הפעולות שגודלן משתנה כתלות של מרחק ממה שאני מגדירה כליבת הקומה. מאחר ותנאי האתר שלי הם עגולים (אפרט על בחירת האתר בשלב מאוחר יותר בהמשך), צורת המבנה הכללי שנבחרה היא עגולה, וייצרתי את ההיגיון המתואר בתכנית קומה זו. לאחר מכן, על מנת לייצר מעברים נאותים בין פעולה לפעולה, הצמדתי כל זוג פעולות אחת לשניה. בהמשך, השתנתה התכנית מבחינת חלוקת הפירים ונוצרו ארבעה פירים באזורים הפיזיים יותר של הביין, ופיר קטן נוסף במרכז.



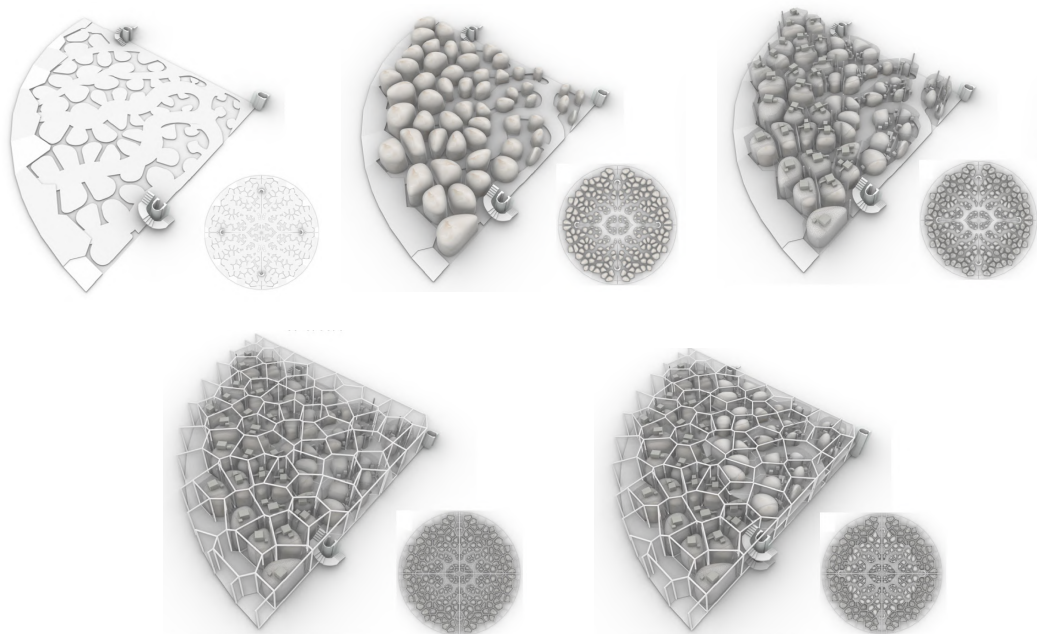
בהמשך, ועל פי העקרונות שהגדרתי קודם, הבנתי כי מאחר ויש פעולות שלא מצריכות גובה תקרה גבוה במיוחד (אם אפשר לראות את התקרה כאילו היא בגובה של 10 מ', זה לא משנה אם היא בגובה 2.30 או 2.70), ניתן לערום אותן אחת על גבי השניה ובכך לחסוך מקום. כך, נקבל חתך קומתי שאת הפעולות הוירטואליות יותר עורם אחת על גבי השניה ואילו לפעולות הפיזיות יותר מקנה גובה תקרה גבוה יותר וחלל מרחב גדול יותר.



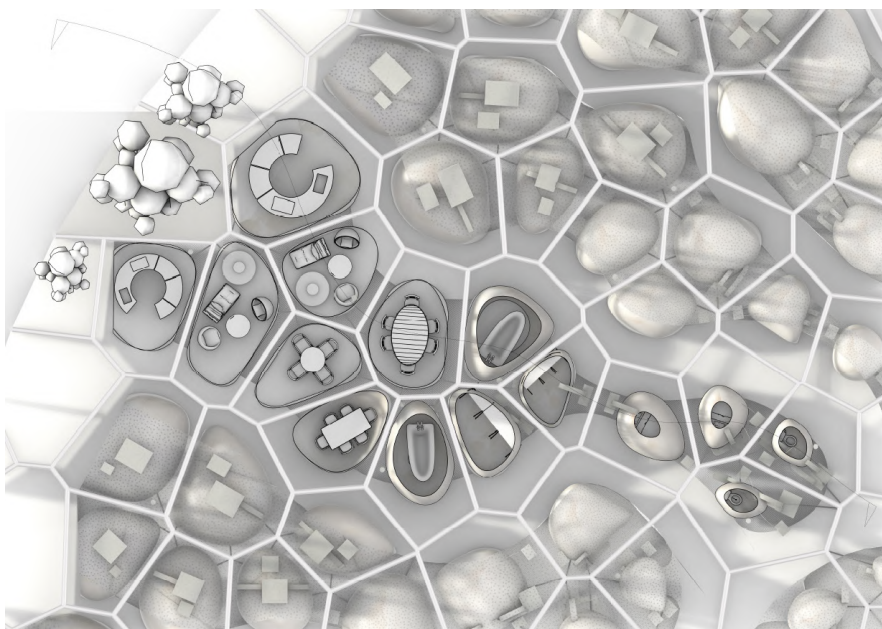


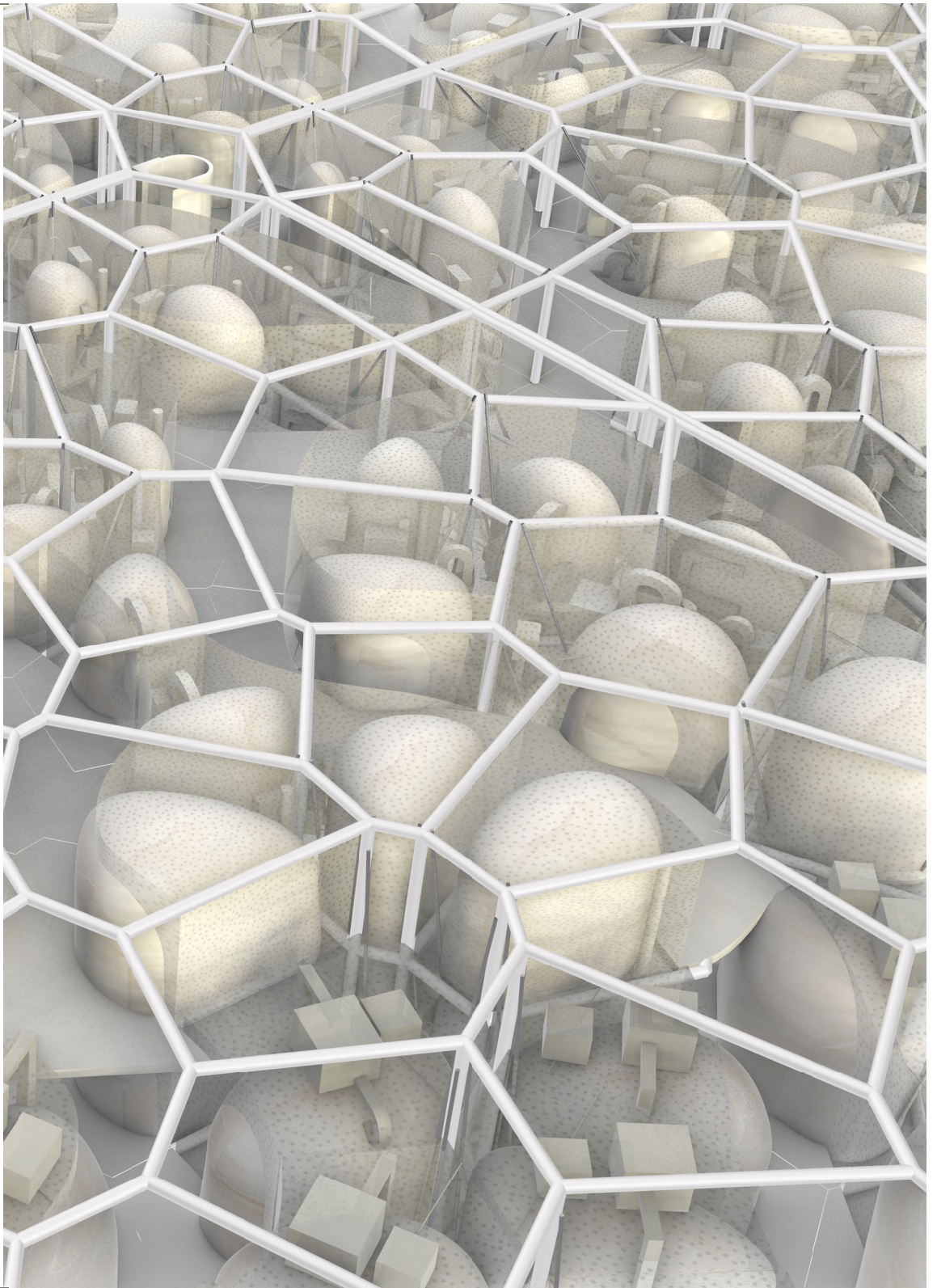
מרכיבי הקומה הטיפוסית כוללים רצפות עליהם אנשים הולכים ובהם הם מבליים בתוך פעולות. במקומות בהם יש מערכות המקיפות את הפעולות, מיקמתי רשתות ולא מדרכים רגילים. הפעולות הוירטואליות יותר מקבלות מערכות מקיפות, והפעולות הפיזיות יותר מקבלות מערכות מעליהן שמזכירות מיקום של מערכות כיום. חלק מהמערכות המשרתות פעולות ספציפיות יהיו מיועדות גם לטובת חווית המסדרון בה אדון בהמשך.

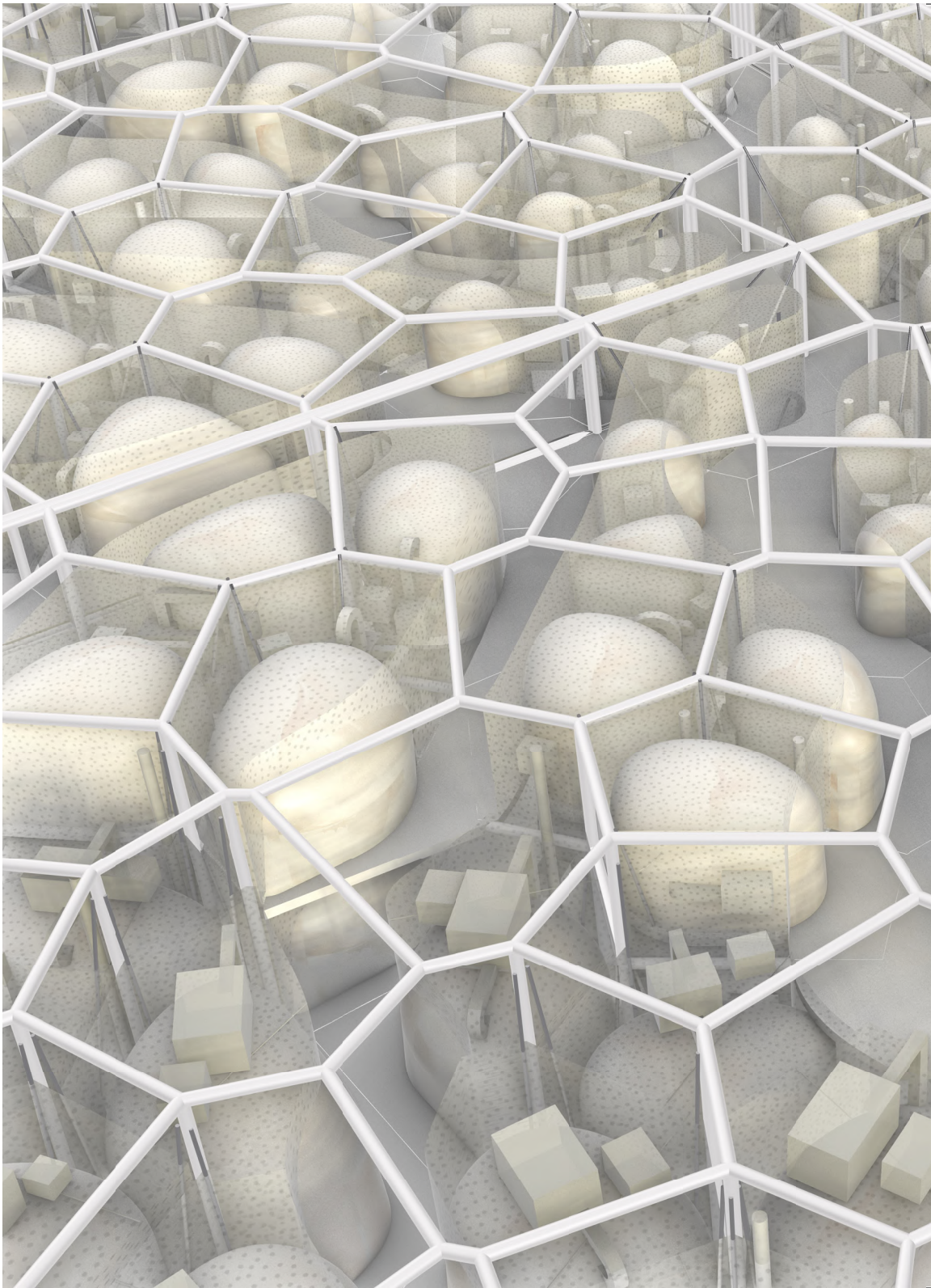
עם זאת, יש לציין כי אני צופה שהמערכות הללו יעברו שכלולים ופיתוחים רבים ויהיו יותר יעילות סביבתית ויותר מקיפות ופחות ממוקדות. אי לכך, הצורניות של החללים היא עגלגלה. המטרה היא שהגוף יחוש את המערכות באופן שווה ולא מנקודות ספציפיות כמו שמתקיים כיום (מפתח ספציפי של מזגן מרגישים יותר אוויר מבשאר החדר). בנוסף מבחינת ההיבט הסביבתי יש לציין כי על אף שהפרויקט מתמקד בחוויה עצמה ולא בתועלת הסביבתית של שימוש רב במערכות, על מנת לבחון האם מבנה הוא אכן חסכוני מבחינה אנרגטית יש לבחון את ההשפעה שלו על החיים מא' ועת ת'. הכוונה היא שיתכן שבחינה מדויקת של שימוש במערכות כאלה דוקא תוכיח את עצמה כמועילה לסביבה. כאשר אנשים צריכים לנסוע ולטוס פחות מאחר ופגישות יכולות להתקיים מכל כסא, וכאשר מצופפים פעולות לכדי בניינים עמוקים יותר, יתכן מאד וכמות הזיום תפחת וכמות השטחים הירוקים הפוטנציאליים תגדל.



כאשר נגדיל שרוול לדוגמא מתוך תכנית הקומה, נוכל לראות את האופן בו מנוצל החלל לפעולות ספציפיות המסודרות על פי השילוב החושי שהן דורשות ביחס לפנים/חוץ הקומה. בשלב מאוחר יותר בפיתוח הפרויקט חשבתי על כך שיהיה נכון שצורניות הביצים המדויקת תהיה תלויה בצורניות הריהוט הפנימי וסידורו הרצוי. את עקרון זה טרם הבאתי לפועל בתכנית הקומה.



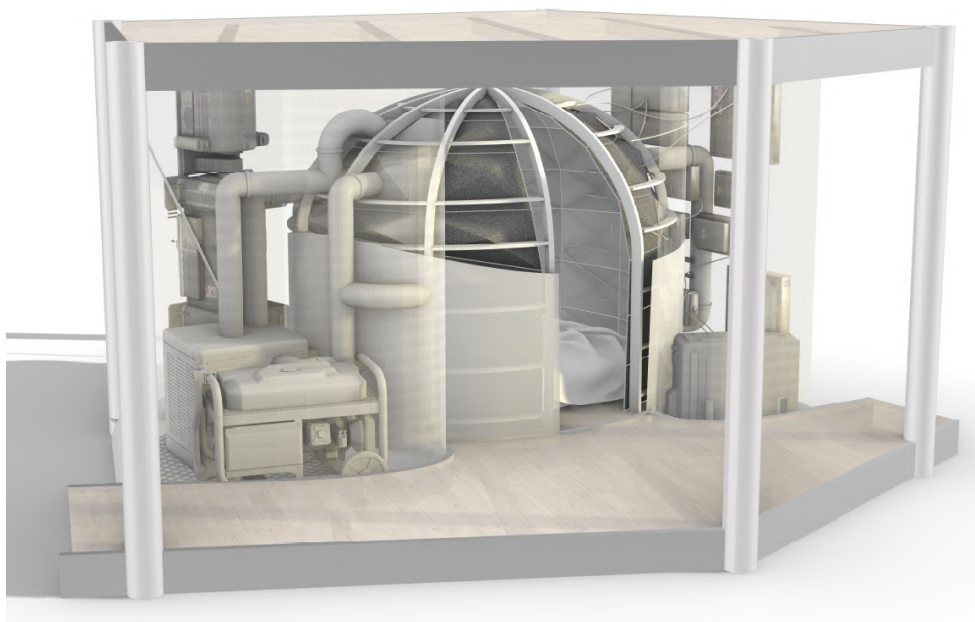


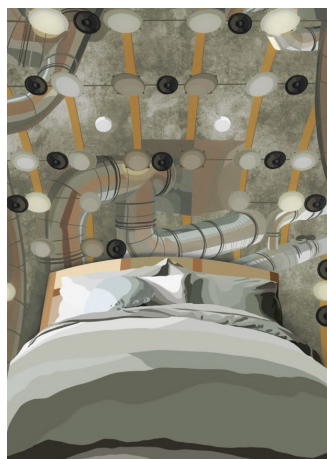


## פרק 7

### מקנה מידה של פעולה לקנה מידה של מסדרון

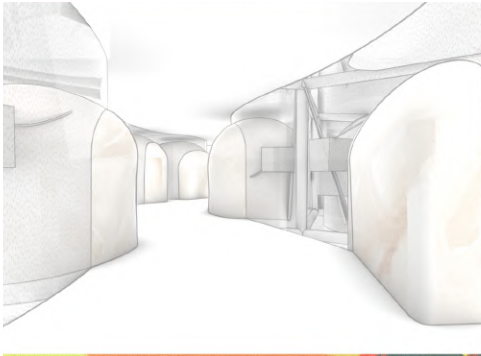
על מנת לבחון את המצב הפיזי ללא מציאות רבודה ועם מציאות רבודה של פעולה וירטואלית, החלטתי להתמקד בפעולת השינה. פעולת השינה היא פעולה וירטואלית יותר, מאחר והיא לא מצריכה שימוש חושי רב ותנועה מרובה בחלל וכן היא לא מצריכה מרחב גבוה במיוחד. לכן היא מוקפת מערכות רבות וגובהה ומידותיה קטנים. על אף האופן בו היא בנויה ונראית מבפנים ללא התוספת של המציאות הרבודה, היא ניתנת לחוויה במגוון דרכים ואופנים. המערכות הן מערכות מקיפות בסיסיות ועבור כל חוויה ספציפית יפעלו בצורה שונה. המערכות המקיפות כוללות מיזוג אוויר, תאורה, סאונד, ריחות ואינסטלציה במידת הצורך (לא במקרה זה). כך למשל אם נרצה להרגיש בסקי בחדר השינה, נצטרך מערכות שיקררו את החדר במיוחד. אם נרצה להרגיש דוקא על חוף הים, נצטרך סאונד אחר לחלוטין, מזג אוויר שמתאים לאווירה ועוד. היכולת להיות מקובע למיטה בעולם הפיזי (מפאת גיל או בעיה פיזית אחרת) ועדיין לחוות במידה מסוימת חוויה מעולם אחר, שלא יכולה להתקיים בתנאים של מקום פיזי, מייצרת שוויון הזדמנויות ומאפשרת לכל האנשים חוויות נרחבות.

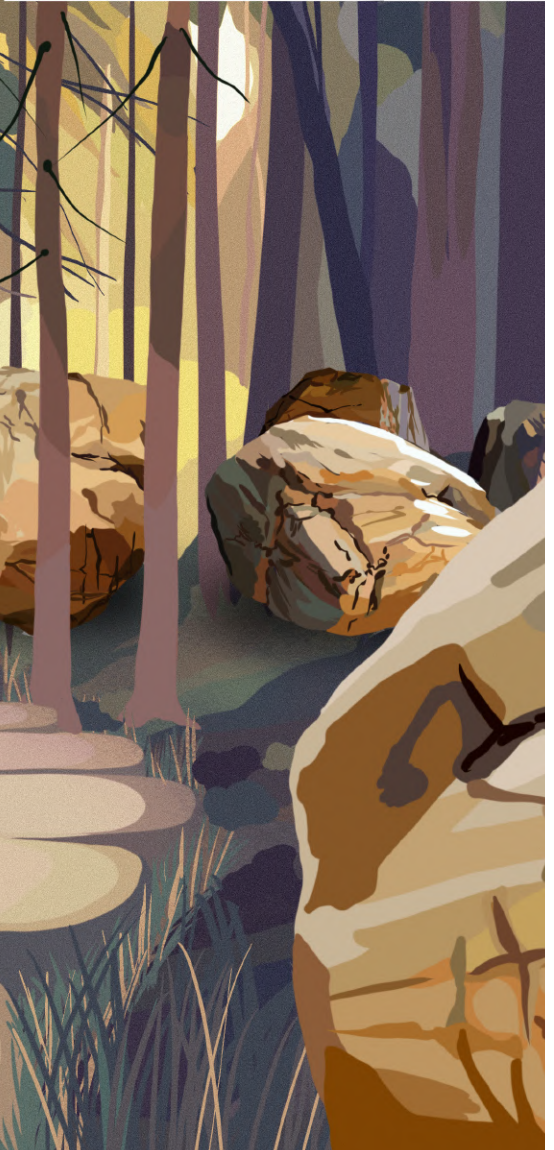
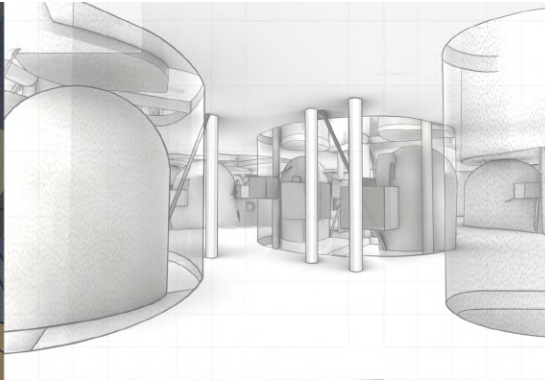


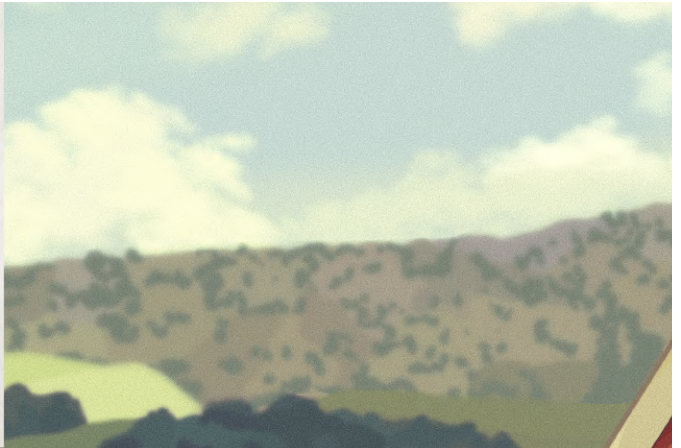
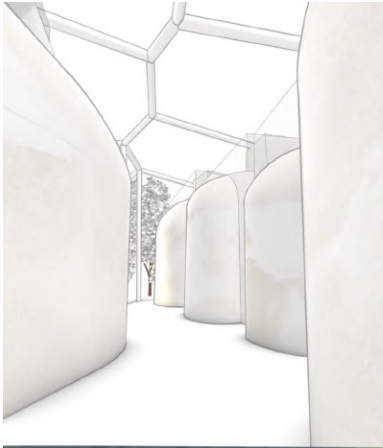


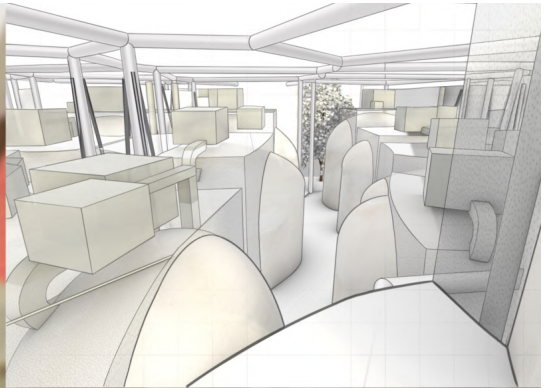
עם זאת, חווית השינה יכולה להיות מורגשת בצורות שונות גם מכיוון המסדרון ולא רק מכיוון החלל הפנימי שלה. כאשר מתכננים עולם היברידי שמתייחס לחסמים פיזיים אמיתיים במרחב דוגמאת העמודים, המדרכים הרלוונטיים ופתחים נדרשים לכניסות לפעולות, אלה אובייקטים שיהיו חייבים להישמר גם בעולם הוירטואלי אך עם התאמה לנושא בו הוא תוכנן. בעמוד הבא ניתן לראות תמונה של מבט מסדרון על פעולת השינה, כאשר הפעולה תוכננה להיראות כמו אגם נטוש עם הרבה סירות עץ. ניתן לראות שהעמוד הפך לתורן, הכניסה הפכה למסגרת עץ וכדומה. שאר העולם יכול להיראות למשתמש כפנטזיה מוחלטת מאחר והוא נמצא באינטראקציה של ראייה בלבד עם החלקים האלה של המציאות שלו. היגיון דומה חוזר על עצמו בעוד מבטי מסדרון לדוגמא בהמשך הפרק.











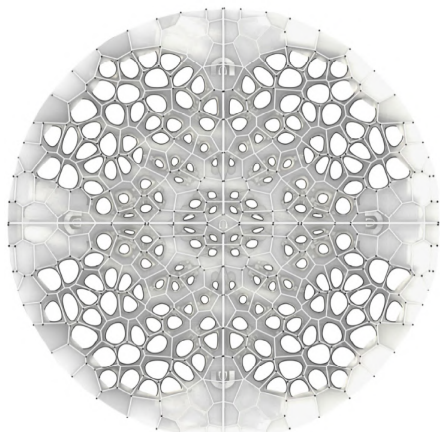
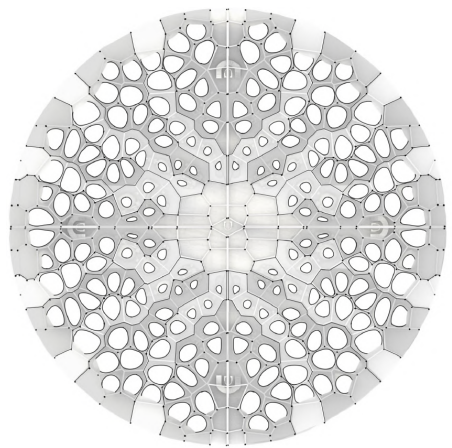
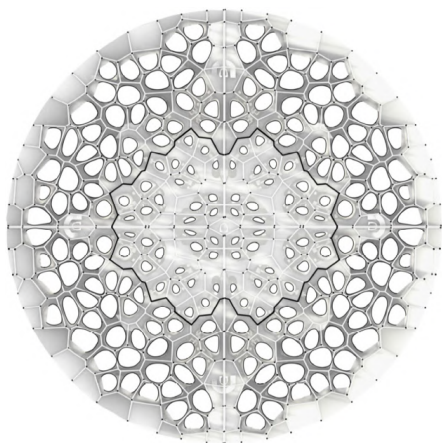
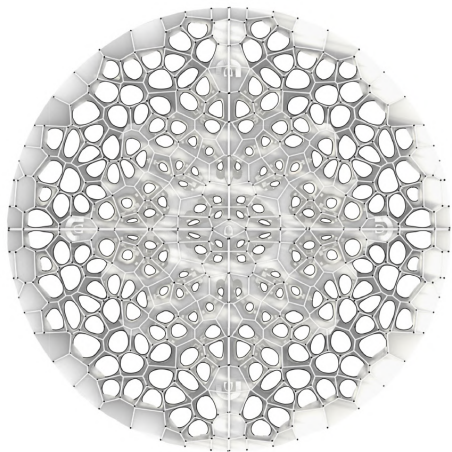
## פרק 8

### היגיון חברתי קומתי ועולם היברידי רב משתתפים

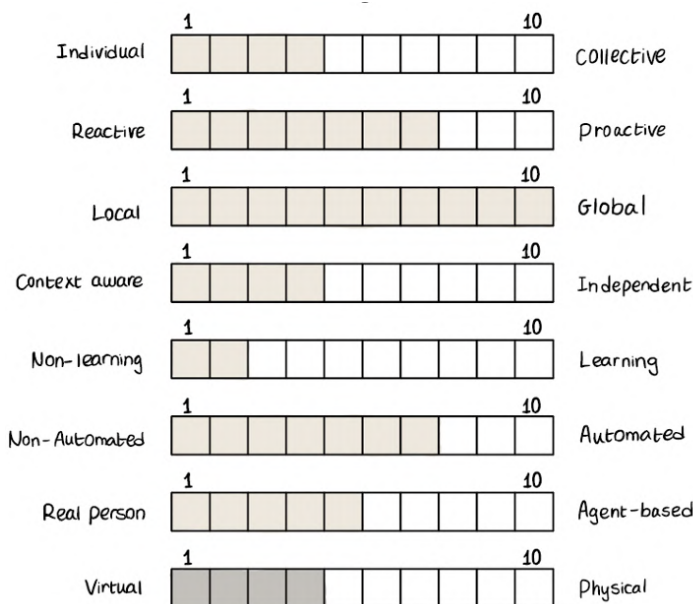
מבחינת ההגיון הארגוני של תכנית הקומה, ניתן להתייחס לפעולות בה במספר דרכים. ראשית, ניתן להסתכל על תכנית קומה כאסופה של פעולות שאינן משויכות לאף אחד באופן אישי. כאשר אדם נכנס לקומה, הוא מחליט מה הוא רוצה לעשות (לבשל, לישון, להתקלח...), והעדשות יכוונו אותו לפעולה פנויה באמצעות טכנולוגיית מציאות רבודה כמובן. כאשר הוא יסיים את הפעולה וירצה לעבור לפעולה הבאה, אותו היגיון יפעל. כך המרחב לא שייך לאף אחד באופן קבוע, וכל אחד יכול לשלם על הזמן שהוא מבלה בכל פעולה באופן ספציפי. בהקבלה לכך ניתן להסתכל על הדירה והאופן בו אנו משתמשים בה כיום. אנו רוב הזמן נמצאים בעבודה, וגם כאשר אנו כבר בבית, אנו נמצאים בחדר מסוים ולא בכל הבית כל הזמן ולכן לא משתמשים בכל המרחב כל הזמן. ועדיין משלמים באותו האופן שהיינו משלמים על הבית גם אם היינו נמצאים בו כל היום ובכל מקום בעת ובעונה אחת.

אך היגיון זה יכול לייצר אי נעימויות בהיבטי פרטיות ולכן הוא לא מתאים לכל הקומות, אלא רק לחלק מסוים מהן שמתאים לאנשים מסוימים. לכן אפשרות נוספת לחלוקה קומתית היא שיוך חלק מהקומה באופן אישי למשתמשים, ובחלק האחר המצב ה"ציבורי" יחזור לפעולה. השיוך יהיה עברו הפעולות הוירטואליות יותר, כך שאנשים יודעים שיש תא שירותים או מיטה ספציפית שהיא שלהם. הפעולות הפיזיות יותר יישארו ציבוריות יותר ועל תקן מקום פנוי.

אופציה נוספת היא חלוקה מלאה של הקומה לדירות, כאשר כל רצועה מקבלת חצי מהמסדרון והוא משויך לה באופן אישי וכן על הפעולות בה. ולבסוף ישנה תכנית קומה עם אזורים ציבוריים בה חלק מהפעולות נעלמות, והמרחב נשאר פתוח ומנוצל לטובת הציבור הרחב. מגוון התכניות הללו ווריאציות נוספות שלהן ייצרו גיוון בחזית הבניין.



דרך נוספת להגדיר את מאפייני העולם ההיברידי היא מטריצת ההעדפות האישיות. שיטה זו מביאה לדיוק גדול יותר של ה'היברידיות' של העולם ההיברידי עבור יחידים וגם עבור קבוצת אנשים, על ידי בחירת קבוצת העדפות המדרגת את הטווח של כל אחד מהם. אם ברצוננו להגדיר חלל היברידי לאדם, הוא יצטרך להגיש סדרה של העדפות בסיסיות, שהקונספט העיצובי יצטרך לעקוב אחריהם. אם נרצה להגדיר חלל היברידי לקבוצת אנשים שאמורה לגור באותו חלל ביחד, כל אחד מהם יגיש את העדפותיו והקונספט העיצובי של העולם ההיברידי יהיה ממוצע ההעדפות שלהם, שכן צריכים להתחשב אחד בשני. הקריטריונים לבחירה שהגדרתי הם אינדיבידואלית, קולקטיבית, תגובתית, פרואקטיבית, מקומיות, גלובליות, מודעות לסביבה, עצמאות, שימוש בבינה מלאכותית או ללא בינה מלאכותית, מערכת אוטומטית-או לא אוטומטית. כל בחירה תדורג בין 1-10 עבור כל משתתף בעולם ההיברידי. בניגוד לשיטה הראשונה (אינדקס חושי אוניברסלי), במקרה זה, הקשר בין פרמטרים אלו לסולם וירטואלי-פיזי אינו קיים באופן שנוכל לתת לו מספר ולקבוע את כמות החומר הפיזי או הווירטואלי מטעם בחירה. זו הסיבה שעלינו ליצור שאלה מכרעת נוספת של כמה העולם צריך להיות וירטואלי-לעומת פיזי, וגם אותה יש לדרג. בסופו של דבר, נדע להנדס כל חוויה שנבחרה הן פיזית והן וירטואלית באמצעות הכללים שהוגדרו.



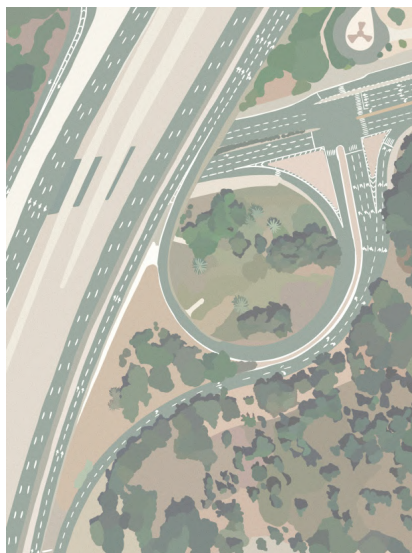
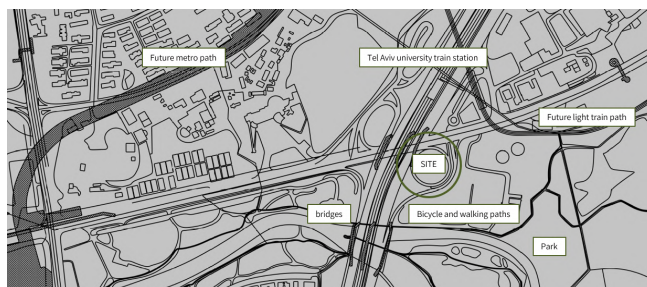
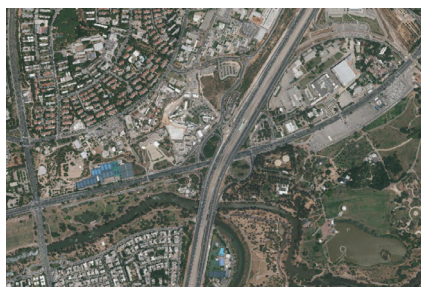




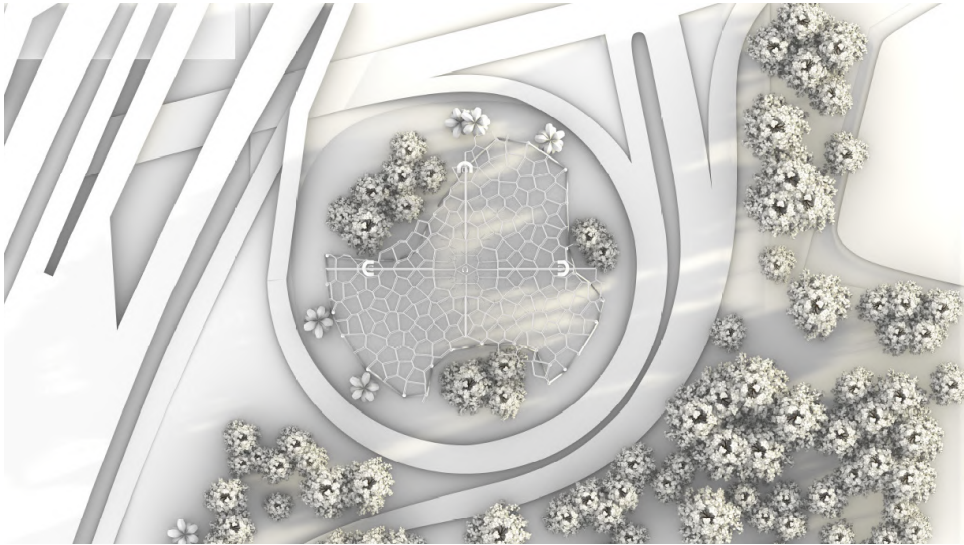
## פרק 9

### האתר והבניין

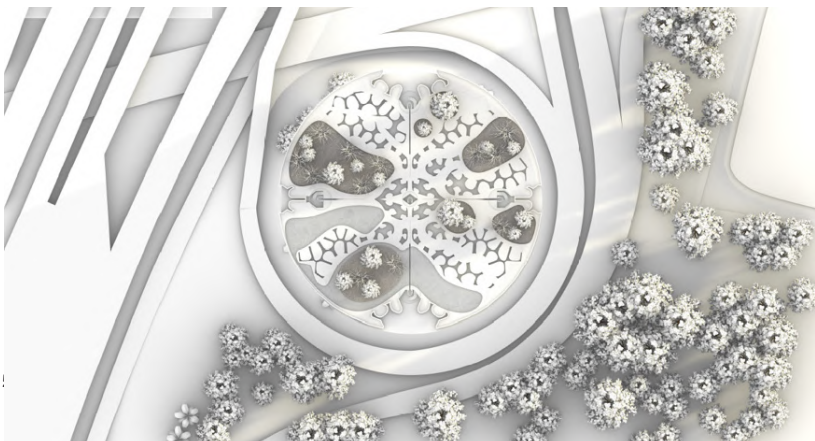
האתר שבחרתי לפרויקט הוא פיסת אדמה שנותרה מאחור. הוא ממוקם ליד תחנת תל אביב האוניברסיטה ומרכז הירידים, ועתיד לעבור פיתוח מהותי בהמשך. תחנות מסרו ורכבת קלה עתידות לקום, וכן גשרים רבים להולכי רגל ושבילי אופניים. האתר ממוקם בסמיכות לפארק הירקון, והוא עיגול בקוטר 100 מטרים אשר מוקף מכל צדדיו כבישים. הסיבה שבחרת אתר זה היא מעניינת ונכונה בעיני להדגמת הקונספט, היא שהעיקרון שאני עומדת מאחוריו הוא שפיתוחים טכנולוגיים יכולים לאפשר לנו להתמודד עם בעיות אינטראקציה בסביבות פיזיות. אתרים שהם אינם טובים מבחינה פיזית מכל מיני סיבות, יכולים להיתמך יותר באמצעות מערכות ובכך מתקיים הפיצוי. לכן, האתר שבחרתי הוא רק דוגמא לאתרים נוספים שהם "שאריות".

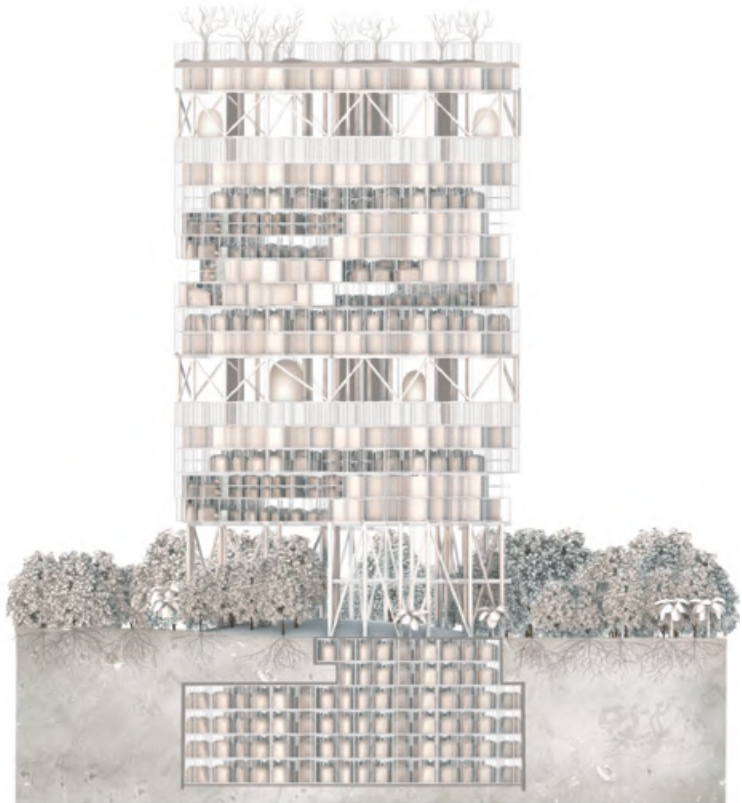
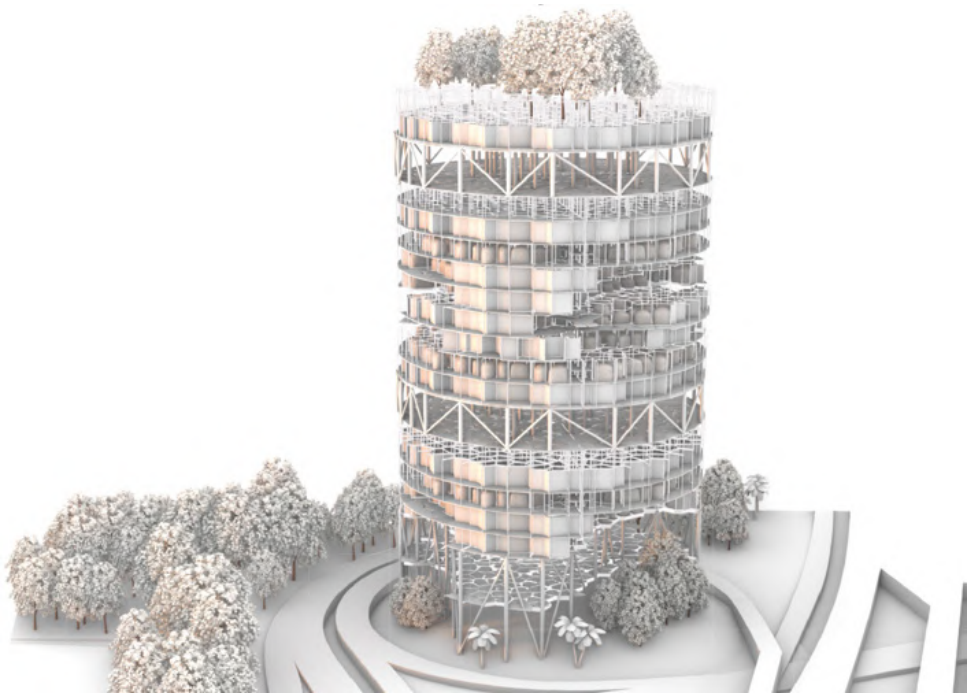


על מנת להתחשב בעצים הקיימים בקרקע האתר, מאחר והם חלק מהעולם הפיזי והם חשובים ביותר, ניתן לראות כיצד יכול הגריד הבסיסי של הקומה "להיחתך" ולהשתנות בקומת הקרקע, כך שהוא מאפשר מקום לעצים. קומה זו תהיה גם גבוהה יותר ותכלול שטחים ציבוריים נרחבים. שינויים דומים בתכניות קומה שונות באים לידי ביטוי בעוד קומות בהמשך הדרך לטובת חללים ציבוריים בקומה ועוד.



בתת הקרקע של המבנה ניתן לראות פעולות נוספות אשר לא מקבלות מהעולם הפיזי המלא כמו פעולות מעל הקרקע. את הפעולות הפיזיות שלהם הם מקבלים דרך קומות אחרות במבנה וכך מתקיים קשר ורטיקלי חשוב. בנוסף, קומת הגג היא הקומה הכי פיזית במבנה מאחר והיא כוללת רק את העולם הזה. ולכן היא מהווה פארק.





- Adrian David Cheok, M' H'. (2009). *Mixed reality entertainment and art*. International journal of virtual reality.
- akia Noah, M' S. (2009). 'A review on augmented reality for virtual heritage system'. Part of the Lecture Notes in Computer Science book series (LNISA, volume 5670).
- Bannon, L' J. (2008). 'Designing hybrid places: merging interaction design, ubiquitous technologies and geographies of the museum space'. *International Journal of CoCreation in Design and the Arts*.
- Bates, J. (1992). 'Virtual Reality, Art, and Entertainment'. Teleoperators and Virtual Environments.
- Böer, W. (2019). 'Air-conditioning, Architecture, and Modernism. On the History of the Controlled Environment, 1911-195'. *ETH Zurich*.
- Craig, A' B. (2013). 'Understanding Augmented Reality'. Waltham, USA: Elsevier.
- Gregory, R' L. (1966). 'Eye and brain'.
- Ho-Gun Ha, J' H. (2016). 'Augmented reality in medicine'. Hanyang University College of Medicine · Institute of Medical Science.
- kisielnicki, J. (2008). 'virtual technologies, concepts, methodologies, tools and applications'. Poland: Warsaw university.
- Kyong Ho-Kim, K' Y. (2011). 'Effects on productivity and safety of map and augmented reality navigation paradigms'. *IEICE transactions on information and systems* Vol.E94-D.
- Lauren Herckis, J' C. (2020). 'Exploring Hybrid Virtual-Physical homes'. *Association for computing machinery conference*.
- M. Claudia tom Diek, T' J. (2019). 'Augmented Reality and Virtual Reality - the power of AR and VR for business'. *Gewerbest Switzerland: Spring Nature*.
- M.E Portman, A' N'-G. (2015). 'To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning'. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ceus](http://www.elsevier.com/locate/ceus).
- Michael Batty, H' J. (2021). 'Representing and visualizing Physical, Virtual and Hybrid information spaces'. *Information, space and cyberspace journal*.
- Michael May, M' C. (2017). 'A glimpse into the future of facility and maintenance management: A case study of augmented reality'. *Corporate Real Estate Journal*, Volume 6 / Number 3 / Spring 2017, pp. 227-244.(18)
- Nicholas S. Dalton, H' S. (2016). 'Architecture and Interaction'. Springer.
- Siang, K' A. (2014). 'Virtual Reality and Augmented Reality Combination as a Holistic Application for Heritage Preservation'. *UNESCO World Heritage Site of Melaka*. International Journal of Social Science and Humanity, Vol. 4, No. 5.
- Virilio, P. (1994). 'The Vision Machine'. Indiana University Press.