**המחלקה להנדסת תוכנה - מעבדה במודלים אקולוגיים**

**פרויקט EcoSnap**

****

**מגישות:**

**פאטמה זועבי 212279855 || דיאנא חוג'יראת 324297308**

תוכן עניינים

[1. מבוא - הסבר האתגר, שאלת/שאלות המחקר. מה נעשה עד כה (כולל רפרנסים למאמרים). 3](#_Toc211898422)

[2. סקירת ספרות (כלל רפרנסים אקדמיים) 3](#_Toc211898423)

[3. שיטה וממצאים: 4](#_Toc211898424)

[4. דיון: 6](#_Toc211898425)

[5. חישוב והסבר של ציון SUS (מסטודיו 21.9) 7](#_Toc211898426)

[6 . תיק תחזוקה – תיאור של כל הקבצים והאובייקטים המרכזיים, ותיעוד קצר של כל פונקציה בקוד. 8](#_Toc211898427)

[7. תיק למשתמש , הכולל הסבר כללי על המערכת , פירוט מסכים, מעברים בין מסכים והסבר על טעויות אפשרויות. 11](#_Toc211898428)

[8. אתגרים אשר עלו במהלך העבודה, וכיצד התמודדתם איתם. 13](#_Toc211898429)

[9. בונוס: 14](#_Toc211898430)

[10. מקורות (References) 15](#_Toc211898431)

קישור למחברת הגוגל קולאב (יש לוודא שהיא פומבית)

קישור לאתר: <https://green-modelers-eco-snap.vercel.app/>

קישור לתיקיית הגיט של הצוות. <https://github.com/f10zo/GreenModelers-EcoSnap>

# 1. מבוא - הסבר האתגר, שאלת/שאלות המחקר. מה נעשה עד כה (כולל רפרנסים למאמרים).

הכנרת מהווה מערכת אקולוגית מורכבת ורגישה, המשמשת מקור מים עיקרי, מוקד תיירות ובית גידול למגוון מינים. בשנים האחרונות ניכרת פגיעה באיכות המים עקב עלייה בפעילות אנושית — בעיקר תיירות, שימושי קרקע חקלאיים והזרמות נגר ושפכים — הגורמים לעלייה ברמות הזיהום.

האתגר המרכזי של המחקר הוא לאתר, לעקוב ולזהות בזמן אמת מוקדי זיהום סביבתי בכנרת, באמצעות שילוב של דיווחים ציבוריים עם נתוני ניטור מדעיים. לשם כך פותחנו אפליקציית EcoSnap, המאפשרת למשתמשים לצלם ולהעלות תמונות של מוקדי זיהום, לסווג את דרגת הזיהום (נמוכת, בינונית, גבוה), לבחור את החוף המזוהם ולהוסיף מיקום גיאוגרפי מדויק.

שאלות המחקר:

אילו חופים בכנרת מציגים רמות זיהום גבוהות יותר?

באילו תקופות או עונות בשנה נצפות רמות זיהום גבוהות יותר בכנרת?

האם קיימים הבדלים בין ניתוח הבינה המלאכותית (AI) לבין הדיווחים האנושיים באפליקציית EcoSnap ביחס לסוג הזיהום וחומרתו?

הבסיס המדעי והחדשנות:

בפרויקט זה מיושמת גישת Citizen Science, המשלבת מעורבות קהילתית עם כלים טכנולוגיים מבוססי מיקום. האפליקציה EcoSnap מספקת פלטפורמה שבה כל משתמש יכול לתעד ולשתף מידע סביבתי — והנתונים משמשים להפקת תובנות מדעיות אודות מגמות של זיהום חופים, פלסטיק במים, שינוי צבע במים ופריחות אצות. הפרויקט נשען על עקרונות שהוצגו במחקרים קודמים, כגון הקשר בין עומסי נוטריינטים לפריחות ציאנובקטריה (Paerl & Otten, 2013; Carmichael, 2001), הקשר בין זיהום ביוב ובריאות הציבור (Harwood et al., 2014), והתרומה של ניטור קהילתי לניהול סביבתי יעיל (Conrad & Hilchey, 2011). דוחות חקר ימים ואגמים לישראל (IOLR) מצביעים על מגמות מתמשכות של עלייה בנוטריינטים, ירידת חמצן מומס, ועלייה בעומס תיירותי בחופים כגון מברז אמנון וברניקי, אשר תורמים להידרדרות איכות המים.

על כן, קיימת חשיבות רבה לפיתוח מערכת חכמה שתתרגם נתונים מהציבור למידע פעולה ניהולי בזמן אמת.

# 2. סקירת ספרות (כלל רפרנסים אקדמיים)

**א. מה המחקרים שנעשו בעבר בתחום זה (ניתן להתבסס על מחקרים מהמטלה האישית)**  
 מחקרים קלאסיים (Paerl & Otten, 2013; Carmichael, 2001) הראו כי עודף נוטריינטים (חנקן וזרחן) מוביל ל־פריחות ציאנובקטריה רעילות, הפוגעות ביציבות האקולוגית ובבריאות הציבור. מחקרים בישראל הדגישו כי תהליכי Eutrophication בכנרת נובעים משילוב של נגר עילי חקלאי, הזרמות ביוב, ועלייה בעומס תיירותי לאורך החופים. (Gophen, 2014; Berman & Shteinman, 1998)

בנוסף, יש מחקרים הדגישו את הקשר הישיר בין זיהום ביוב לבין בריאות הציבור, באמצעות איתור סמנים מולקולריים המעידים על מקור הזיהום. נתוני המכון לחקר ימים ואגמים לישראל (IOLR) משנים 2022–2024 מצביעים על מגמות מתמשכות של עלייה ברמות הנוטריינטים, ירידה בריכוזי חמצן מומס, ועלייה בעומס התיירות בחופים כגון אמנון, דוגה וברניקי, מה שמעיד על החמרה באיכות המים.  
( (2022–2024 ) IOLR *דוחות שנתיים לניטור מצב אקולוגי בכנרת*.(

במקביל, (הספרות על Citizen Science (Conrad & Hilchey, 2011 הראתה כי שילוב הציבור בתהליכי ניטור סביבתי מאפשר איסוף מידע מרחבי וזמני נרחב שאינו ניתן להשגה באמצעים ממשלתיים בלבד, ומקדם מודעות סביבתית ושיתוף פעולה בין קהילה לרשויות — עקרון המהווה בסיס לפרויקט EcoSnap.

לבסוף, מחקרים שנערכו על ידי רשות המים (2022) הראו כי שינויי אקלים וירידה במפלס המים גורמים לריכוז מזהמים גבוה יותר. שילוב מידע זה עם דיווחים בזמן אמת עשוי לשפר את ניהול משק המים והתרעה מוקדמת על מוקדי זיהום.

ב. אילו אלגוריתמים/שיטות נחקרו

1. ניתוח רב-משתני (PCA)

שיטת Principal Component Analysis) PCA) נמצאה יעילה במיוחד בניתוח מערכי נתונים סביבתיים מרובי משתנים, כגון איכות מים, תיירות ונוטריינטים. שימוש ב־PCA מאפשר לזהות צירים עיקריים של שינוי אקולוגי.

לדוגמה: רכיב אנושי–תיירותי (צפיפות מבקרים, פסולת פלסטיק),רכיב סביבתי–נוטריינטים (חנקן, זרחן, עכירות).

שיטה זו שימשה גם במחקר הנוכחי לצורך הפחתת ממדים וזיהוי הקשרים בין משתנים מרחביים.

**2. ניתוח מרחבי ומודלים דינמיים**

שיטות כגון Cellular Automata ו־Kriging יושמו בעבר כדי לחזות התפשטות מזהמים במערכות אקולוגיות ולזהות “מוקדי חום” (Hotspots) של זיהום.

במודלים אלו, כל תא מייצג אזור מרחבי (למשל חוף), ומצבו משתנה בהתאם למידע סביבתי וערכי PCA של שכניו. כך ניתן לדמות דינמיקה בזמן אמת של התפשטות זיהום לאורך החופים.

**3. למידת מכונה וראייה ממוחשבת**

בעשור האחרון, מחקרים יישומיים הציגו שימוש ב־למידת מכונה (ML) ו־עיבוד תמונה (AI) לזיהוי פסולת ימית ולחיזוי איכות מים. לדוגמה:

רשתות CNN ו־U-Net שימשו לזיהוי פסולת פלסטיק בתמונות חופים.

אלגוריתמים כמו Random Forest ו־SVM שולבו לניתוח מדדים סביבתיים ולחיזוי פריחות אצות.

אינדקסים ספקטרליים (כגון NDCI) מאפשרים ניטור חזותי של כלורופיל בנתוני לוויין, ומשמשים לאימות דיווחים מהציבור (EcoSnap).

4. גישת Citizen Science

בהתאם ל-(Conrad & Hilchey 2011), שילוב המשתמשים באיסוף נתונים סביבתיים משפר את דיוק המידע, מגביר מודעות קהילתית, ומחזק את הקשר בין המדע לציבור. גישה זו, כפי שיושמה ב־EcoSnap, מאפשרת יצירת מאגר נתונים בזמן אמת שמעשיר את הניטור האקולוגי הרשמי ומספק תובנות לשיפור מדיניות סביבתית.

# 3. שיטה וממצאים:

**א. אילו אלגוריתמים נבחרו (ניתן להתבסס על תרגיל בית 2)**

בפרויקט EcoSnap נבחרו שני אלגוריתמים מרכזיים המשלימים זה את זה:

האחד לניתוח סטטיסטי של הנתונים, והשני להדמיה מרחבית של דינמיקת הזיהום לאורך חופי הכנרת.

הבחירה בשיטות אלו נבעה מהצורך להתמודד עם כמויות נתונים גדולות ממקורות מגוונים — דיווחי משתמשים, נתוני ניטור סביבתי רשמיים ודגימות מדעיות — ולתרגם אותם למידע ניהולי ניתן לפעולה בזמן אמת.

**1. ניתוח רכיבים עיקריים (Principal Component Analysis – PCA)**

שיטת PCA שימשה ככלי המרכזי לניתוח רב־משתני של הנתונים. מטרתה הייתה לזהות את המשתנים הדומיננטיים המשפיעים על רמות הזיהום ולצמצם את ממדיות המידע למספר צירים עיקריים ניתנים לפרשנות. הניתוח בוצע בסביבת (Python Google Colab) תוך שימוש בספריות scikit-learn, pandas ו־matplotlib. תוצאות ה־PCA הצביעו על שלושה רכיבים עיקריים שהסבירו יחד כ־70% מהשונות הכוללת במערכת:

PC1 גרדיאנט אנושי–תיירותי (צפיפות תיירים, פסולת פלסטיק PSI)

PC2 גרדיאנט סביבתי–נוטריינטים (חנקן, זרחן, עכירות, פריחת אצות)

PC3 איכות מים–חמצן (DO, pH, מדד איכות רחצה)

ה־PCA אפשר לזהות את שני גורמי הזיהום העיקריים בכנרת – לחץ תיירותי מול עומס נוטריינטים – ולמקם את החופים על־פי פרופיל הזיהום הייחודי שלהם (למשל: אמנון וברניקי בצד האנושי, דוגה וסוסיתא בצד הנוטריינטים, גופרה וצמח כאזורים נקיים יחסית).

**2. מודל מרחבי דינמי – Cellular Automata**

בהמשך לניתוח הסטטיסטי פותח מודל מרחבי מסוג Cellular Automata, בהשראת שיטת Game of Life. במודל זה, כל חוף בכנרת הוגדר כתא במטריצה מרחבית, ומצבו (נקי, מזוהם אנושית, מזוהם סביבתית או משולב) השתנה לאורך זמן על פי ערכי ה־PCA של עצמו ושל שכניו. המודל הדגים כיצד זיהום מתפשט במרחב לאורך קו החוף, וכיצד אזורים בלחץ תיירותי גבוה “מדביקים” חופים סמוכים.

באמצעותו נבחנו שלושה תרחישים: תרחיש בסיס – מצב יציב של חופים נקיים, תרחיש לחץ – עלייה חדה בזיהום האנושי והסביבתי, תרחיש שיקום – הפחתת עומסי תיירות וטיפול בשפכים.

המודל שימש לחיזוי מוקדי סיכון ולבחינת האפקטיביות של צעדי שיקום סביבתיים.

**ב. אילו שיטות איסוף מידע התבצעו בפרויקט. נא לפרט במיוחד שיחות שנערכו עם חוקרים במעבדה.**

איסוף הנתונים בפרויקט התבסס על שלושה מקורות עיקריים:

נתוני משתמשים מהאפליקציה EcoSnap – דיווחים שהוזנו על ידי משתמשים ותיירים, שכללו תמונה, תיאור קצר ומיקום GPS. נתונים אלו ייצגו את ממד ה־Citizen Science בפרויקט.

מקורות מדעיים רשמיים – דו"חות של המכון לחקר ימים ואגמים לישראל (IOLR) לשנים 2022–2024, שסיפקו נתונים על נוטריינטים, חמצן מומס, עכירות ופריחות אצות בחופים שונים (למשל אמנון, ברניקי, דוגה).

שיחות וראיונות עם חוקרים במעבדה – במהלך העבודה נערכו מספר שיחות עם צוות ההוראה במעבדה למודלים אקולוגיים, אשר סייעו בגיבוש שיטת הניתוח:

שיחה עם המרצה המנחה: דנה על החשיבות של שימוש ב־PCA לצמצום ממדים וכיצד לתרגם את הרכיבים למשתנים אקולוגיים ניתנים לפרשנות.

ייעוץ עם חוקרת סביבתית: על הדרכים למדוד עומס תיירותי והשפעתו על חופי הכנרת.

שיח עם סטודנטים–חוקרים נוספים: לצורך הצלבת נתוני דיגום ודיון על השוואת חופים (למשל אמנון, גופרה, צמח).

המידע שנאסף מן הדיונים הללו שימש לבניית משתנים עקביים, לאימות השערות המחקר ולפרשנות גרפית של תוצאות ה־PCA והסימולציה.

**ג. מה היו הממצאים המרכזיים - מספרית וגרפית.**

1. ממצאים מספריים

ניתוח ה־PCA שבוצע על הנתונים הסביבתיים והאנתרופוגניים של חופי הכנרת הראה שלושת הרכיבים הראשיים הסבירו יחד כ־70% מהשונות הכוללת במערכת:

(1PC)41% – גרדיאנט אנושי–תיירותי: הציג מתאם גבוה בין צפיפות תיירים, פסולת פלסטיק ומדד הזיהום הכולל (PSI). חופים בעלי עומס מבקרים גבוה, כגון ברניקי, אמנון ו־כנר, קיבלו ערכים גבוהים בציר זה.

(2PC) 26.7% – גרדיאנט סביבתי–נוטריינטים: ייצג את ההשפעה של עומסי חנקן וזרחן, עכירות ופריחות אצות, בעיקר באזורים קרובים לנחלים או שדות חקלאיים. חופים כגון דוגה, סוסיתא ו־חלוקים בלטו בערכים גבוהים בציר זה.

(3PC)≈12% – איכות מים–חמצן: ייצג את איכות המים מבחינת ריכוז חמצן מומס, pH ומדדי בריאות לרחצה.

בהצלבת הנתונים נמצא כי רמות החמצן יורדות ככל שעומסי הנוטריינטים או הפעילות האנושית גוברים.

בנוסף, ניתוח מתאמים הצביע על קשר שלילי מובהק בין DO לבין Algal Index (r = –0.73), וקשר חיובי גבוה בין Tourist Density לבין Plastic Density (r = 0.82), המעידים על השפעה ישירה של התיירות על רמות הזיהום.

**2. ממצאים גרפיים**

**גרף ה־Biplot**

הגרף שהופק מה־PCA (איור 1) הציג שני צירים עיקריים (PC1 ו־PC2) שבהם ניתן לראות את יחסי המשתנים והחופים:

ציר PC1 - X: מימין נמצאים המשתנים הקשורים להשפעת האדם:

TouristDensity\_per\_km, PlasticDensity\_items\_per\_m ו־PSI\_0\_100.

החופים Berniki, Mifraz Amnon ו־Kinner נמצאים בקצה הימני של הציר → מצביע על עומס תיירותי וזיהום פלסטיק גבוה.

ציר PC2 - Y: למטה נראים משתנים סביבתיים:

AlgalCyano\_Index, NutrientLevel\_mgL, Turbidity\_NTU, ו־WaterTemp\_C → מייצגים השפעה הידרולוגית ונוטריינטים מוגברים.

החופים Dugit, Duga, Susita, ו־Halukim ממוקמים באזור זה → מצביע על זיהום סביבתי ממקורות מים חקלאיים.

החופים הנקיים יחסית, כגון Gofra ו־Tzinbari, מופיעים בצד השמאלי של הגרף, עם ערכים נמוכים בשני הצירים → מצביע על איכות מים גבוהה ופעילות אנושית מועטה.

המשתנה DO\_mgL (חמצן מומס) פונה לכיוון הפוך לציר הזיהום האנושי, מה שמאשר כי רמות חמצן יורדות ככל שעומסי הפלסטיק והתיירות עולים.

RiverDistance\_km ו־GeoDistance\_km מצביעים כלפי צפון־מערב → חופים המרוחקים ממקורות זרימה או נחלים נוטים להיות נקיים יותר.

**ממצאי הסימולציה (Cellular Automata)**

הסימולציה בוצעה בשלושה תרחישים עיקריים — בסיס, לחץ, ו־שיקום — כאשר כל עמודה בתרשימים מייצגת חוף בכנרת, והצבעים מתארים את מצב הזיהום:

0 = חוף נקי, 1 = זיהום אנושי (תיירותי), 2 = זיהום סביבתי (נוטריינטים), 3 = זיהום משולב (אנושי + סביבתי). המעקב בוצע לאורך 25 צעדים (Step 0–25) כדי להמחיש את ההתפתחות בזמן.

תרחיש בסיס (Stable Scenario):

במצב הבסיסי נראתה יציבות גבוהה לאורך כל שלבי הסימולציה.

כבר בצעד הראשון (Step 0), רוב החופים מוצגים בצבע סגול כהה (מצב 0 – נקי), ובמהלך הצעדים עד Step 25 כמעט ולא נרשמו שינויים.

ניתן לראות שבחופים ברניקי ו־אמנון מופיעים מדי פעם גוונים צהובים או ירקרקים, המעידים על השפעות אנושיות קלות, אך המערכת נותרה מאוזנת ואינה מתדרדרת לזיהום משמעותי.

מסקנה: בתנאי עומס נמוך, חופי הכנרת שומרים על יציבות אקולוגית.

תרחיש לחץ / הפרעה (Stress Scenario – Tourism + Runoff Pulse):

בתרחיש זה נרשמה קפיצה חדה בזיהום האנושי והנוטריינטים כבר מהצעדים הראשונים.

כפי שניתן לראות בתרשים, החל מ־Step 5 כל החופים כמעט צבועים בצהוב (מצב 1 – זיהום אנושי) ובחלקם אף ירוק בהיר (מצב 3 – משולב).

בשלב Step 15 כל האגם כמעט מזוהם — החופים ברניקי, אמנון, דוגית ו־חלוקים מציגים ערכים גבוהים של זיהום משולב.

עד Step 25 כמעט כל החופים נשארו במצב צהוב מלא, מה שמעיד על התפשטות מוחלטת של זיהום אנושי–תיירותי בכל המערכת.

מסקנה: בתנאי לחץ (תיירות גבוהה + נגר חקלאי), הזיהום מתפשט במהירות, והמערכת מאבדת יציבות.

# 4. דיון:

**א. מענה על שאלות המחקר - מה המסקנות שניתן להסיק מהממצאים? יש להתייחס גם לרפרנסים שנחקרו בסקירת הספרות.**

**אילו חופים בכנרת מציגים רמות גבוהות יותר של זיהום?**

שילוב הנתונים מה־PCA עם דיווחי המשתמשים באפליקציית EcoSnap הראה התאמה בין חופים המדווחים לעיתים קרובות על פסולת פלסטיק ולכלוך חזותי (כגון ברניקי ו־מפרץ אמנון) לבין ערכים גבוהים בציר הראשון של PCA — המייצג את ההשפעה האנושית והתיירותית. לעומת זאת, אזורים עם דיווחים מועטים אך ערכי נוטריינטים גבוהים, כמו חלוקים ו־דוגה, הצביעו על זיהום סביבתי שאינו תמיד נראה לעין.

**באילו תקופות הזיהום חמור יותר?**

ניתוח תדירות הדיווחים באפליקציה לצד נתוני איכות המים מצביע על עלייה חדה בדיווחים בעונת הקיץ, תקופה המאופיינת בצפיפות תיירותית, עלייה בטמפרטורת המים וירידה ברמות החמצן. ממצא זה תואם למחקרים של Paerl & Otten (2013) ו־Carmichael (2001), שהצביעו על כך שתנאים חמים מגבירים פריחות ציאנובקטריה.

**האם קיימים פערים בין ניתוח AI לבין דיווחי משתמשים?**

דווחי המשתמשים התמקדו בעיקר בזיהום חזותי (פלסטיק, לכלוך, שמן), בעוד שניתוח ה־AI (PCA וה־Cellular Automata) חשף מוקדים עם זיהום סביבתי סמוי — עודפי חנקן וזרחן שהוזנו ממקורות נגר חקלאי. הפער מדגיש את היתרון של שילוב בין Citizen Science ו־בינה מלאכותית, ליצירת מערכת ניטור חכמה שמזהה גם זיהומים לא נראים לעין.

**מסקנות:**

שני גורמי זיהום עיקריים בכנרת:

ניתוח ה־PCA הראה כי הזיהום בחופי הכנרת נובע משני מקורות מרכזיים —

(א) פעילות אנושית ותיירותית (פלסטיק, פסולת, עומס מבקרים), ו־(ב) זיהום סביבתי הקשור לנוטריינטים (זרחן, חנקן, עכירות). מוקדי זיהום ברורים לאורך קו החוף:

החופים ברניקי, אמנון ו־כנר הוגדרו כחופים המזוהמים ביותר מבחינה אנושית, בעוד ש־דוגה, חלוקים ו־סוסיתא בלטו בזיהום סביבתי שמקורו חקלאי.

לעומתם, גופרה ו־צמח נשמרו יחסית נקיים והיוו נקודת השוואה חשובה במודל. קשר חזק בין עונות השנה ורמות הזיהום: בקיץ נרשמה עלייה חדה בצפיפות תיירים, עלייה בטמפרטורת המים וירידה ברמות חמצן מומס — מה שהגביר את פריחות האצות ואת מדד הזיהום הכולל.

דיווחי משתמשים כתוספת קריטית לניטור:

ניתוח הדיווחים באפליקציית EcoSnap הראה כי המשתמשים מזהים בעיקר זיהום חזותי, אך התרומה המשמעותית שלהם היא ביצירת מפת זיהומים בזמן אמת,שאפשרה לזהות מוקדי בעיה גם לפני הופעת סימנים מדעיים מובהקים.

חוזק השילוב בין AI למעורבות קהילתית:

הצלבת הנתונים בין הדיווחים לבין אלגוריתמי ה־PCA וה־Cellular Automata סיפקה תמונה הוליסטית ומדויקת יותר של מצב החופים. השילוב הזה הוכיח את עצמו ככלי יעיל לתמיכה בהחלטות סביבתיות ולחיזוי מוקדי סיכון עתידיים.

חיזוק גישת Citizen Science בישראל:

הממצאים ממחישים כי שילוב הציבור בפרויקטים סביבתיים מאפשר ניטור רציף, חסכוני ומבוזר,

ובכך משלים את פעילות החוקרים והרשויות הרשמית — מה שמעניק ערך מדעי, חינוכי וציבורי משמעותי.

**ב. כיוונים להמשך.**

הרחבת בסיס הנתונים הסביבתי: שילוב נתונים בזמן אמת מחיישנים (DO, עכירות, חנקן וזרחן) עם דיווחי משתמשים מהאפליקציה EcoSnap יאפשר מדידה רציפה והשוואה מדויקת בין נתונים אנושיים למדעיים. שדרוג מערך הדיווח הציבורי: להוסיף באפליקציה מנגנון חכם המדרג את רמת הדיווח על פי מיקום, סוג מזהם ותדירות, כדי לזהות מוקדי “חוסר דיווח” או אזורים בעלי חשיבות סביבתית מוגברת.

פיתוח אלגוריתמים לזיהוי אוטומטי של מזהמים בתמונות: שימוש בלמידת מכונה (CNN, Vision Transformer) כדי להבחין בין סוגי פסולת — פלסטיק, שמן, אורגני — ולהצליב תוצאות עם הדיווחים האנושיים לשיפור אמינות הנתונים. ניתוח עונתי ומרחבי של דפוסי הזיהום: הרחבת המודל הקיים לחיזוי לפי עונות השנה והפרשי טמפרטורה תאפשר לזהות מתי צפויות פריחות ציאנובקטריה ומתי הסיכון לרחצה גבוה ביותר. שיתוף פעולה עם רשויות מים וחוקרים: חיבור ישיר בין נתוני EcoSnap ל־IOLR ולרשות המים ישפר את הניטור האזורי ויאפשר קבלת החלטות מהירה בזמן אמת.

העלאת מודעות ציבורית: ניתן לפתח באפליקציה מנגנון feedback gamification המעודד אזרחים לדווח על זיהום, באמצעות נקודות, דירוגים, ותצוגה בזמן אמת של “מד הזיהום האזורי”.

מחקר המשך מדעי: מומלץ לבדוק את הקשר בין תדירות הדיווחים, רמת המעורבות הקהילתית ושיפור איכות המים בפועל — על מנת להעריך את התרומה האפקטיבית של Citizen Science לשיקום חופי הכנרת.

# 5. חישוב והסבר של ציון SUS (מסטודיו 21.9)

ממוצע ציוני השמישות (SUS) שהתקבל בקרב 13 משתתפים עמד על ‎80.77‎.

ערך זה מעיד על רמת שמישות גבוהה מאוד (Excellent) ומשקף חוויית שימוש חיובית.

הנתון גבוה באופן מובהק מהממוצע הבינלאומי, ומחזק את ההנחה כי ממשק EcoSnap

מאפשר דיווח פשוט, מהיר ואינטואיטיבי על זיהומים סביבתיים בחופי הכנרת.

# 6 . תיק תחזוקה – תיאור של כל הקבצים והאובייקטים המרכזיים, ותיעוד קצר של כל פונקציה בקוד.

**תיק תחזוקה – מערכת EcoSnap**

**תיאור כללי**

EcoSnap היא מערכת לדיווח וזיהוי מפגעים סביבתיים מבוססת אינטליגנציה מלאכותית.  
 המערכת מאפשרת למשתמשים להעלות תמונה, לזהות אוטומטית סוג מפגע באמצעות מודל YOLO, להוסיף תיאור, ולשלוח את הדיווח למפה אינטראקטיבית.  
 המערכת שומרת את הנתונים ב־Firebase (Firestore ו־Storage), ומציגה את כלל הדיווחים על מפה דינמית עם אפשרות לצפות בפרטי הדיווח ולנווט למקום באמצעות Waze או Google Maps.

מבנה הפרויקט

src/

├── app/

│ ├── globals.css

│ ├── layout.js

│ ├── page.js

│ ├── home/

│ │ ├── page.js

│ │ └── components/

│ │ ├── UploadForm.js

│ │ ├── ImageUploader.js

│ │ ├── ReportsMap.js

│ │ ├── Gallery.js

│ │ ├── InfoSection.js

│ │ ├── PublishedCampaigns.js

│ │ ├── Navbar.js

│ │ └── ThemeToggle.js

│ │

│ ├── campaigns/

│ │ └── page.js

│ │

│ ├── about/

│ │ └── page.js

│ │

│ ├── community/

│ │ └── page.js

│ │

│ └── report/

│ └── page.js

│

├── lib/

│ └── utils/

│ └── leaflet-heat.js

│

└── firebase.js

**תיאור קבצים מרכזיים**

1. page.js

**תפקיד:**  
קובץ הבית של המערכת. אחראי על טעינת הנתונים מ־Firestore והצגת שלושת הרכיבים המרכזיים:

InfoSection (מידע כללי)

ReportsMap (מפת הדיווחים)

Gallery (גלריית התמונות)

**פונקציות עיקריות:**

useEffect ראשון – מאזין בזמן אמת לשינויים באוסף reports ב־Firestore.

useEffect שני – מחשב את גובה ה־Navbar כדי להתאים את הפריסה.

setReports(items) – מעדכן את רשימת הדיווחים במצב (state).

return – מציג את מבנה המסכים בממשק הראשי.

1. ReportsMap.js

**תפקיד:**  
מציג את כל הדיווחים על גבי מפה אינטראקטיבית באמצעות Leaflet.  
כולל סמלים צבעוניים לפי רמת הזיהום, חלונות מידע (Popups), וקישורי ניווט ל־Waze ו־Google Maps.

**פונקציות:**

getCoords(coord) – ממירה מחרוזת קואורדינטות למערך [lat, lon].

createPollutionIcon(color) – יוצר אייקון מותאם לצבע רמת הזיהום.

getIcon(level) – בוחר את צבע הסמל לפי רמת הזיהום ("High"=אדום, "Medium"=צהוב, "Low"=ירוק).

useEffect(a) – מעדכן את מצב הנושא (theme) (בהיר/כהה).

return – בונה את המפה עם סמלים, חלונות מידע, ותמונות.

ב־Popup מוצגים:

תמונת הדיווח

תיאור המפגע

תאריך הדיווח

קואורדינטות

קישורים לנווט באמצעות Waze ו־Google Maps

1. UploadForm.js

**תפקיד:**  
טופס ההעלאה הראשי – מאפשר למשתמש להזין תיאור, לבחור תמונה, ולשלוח דיווח חדש.

פונקציות:

handleSubmit(e) – שולח את הנתונים ל־Firestore ו־Storage.

handleImageChange (file, url, lat, lon, autoDescription) – מקבל נתוני תמונה מה־ImageUploader כולל תיאור אוטומטי.

setDescription(autoDescription) – ממלא את התיאור באופן אוטומטי לאחר זיהוי YOLO.

resetForm(s) – מאפס את השדות אחרי שליחה.

1. ImageUploader.js

**תפקיד:**מטפל בבחירת התמונה, הצגת תצוגה מקדימה, חילוץ מיקום GPS (אם קיים), והפעלת מודל YOLO לזיהוי אובייקטים.  
לאחר הזיהוי, מחזיר את התיאור האוטומטי ל־UploadForm.

**פונקציות:**

handleFileChange(e) – מופעלת בבחירת תמונה, קוראת את הקובץ, יוצרת preview, ומפעילה את YOLO.

extractGPS(file) – שולפת נתוני מיקום (Lat, Lon) מתוך המטא־דאטה של התמונה.

runYOLO(file) – מריץ את מודל YOLO ומחזיר את תיאור האובייקטים שזוהו.

handleImageChange (originalFile, dataUrl, lat, lon, autoDescription) – שולחת את הנתונים חזרה ל־UploadForm.

1. Gallery.js

**תפקיד:**  
 מציג את כל התמונות שדווחו במבנה גלריה רספונסיבי.  
 לחיצה על תמונה פותחת תצוגת מידע מלאה.

1. InfoSection.js

**תפקיד:**  
 מציג מידע כללי על EcoSnap, מטרת המערכת, חשיבות הדיווח, והכוונה למשתמש.

1. firebase.js

**תפקיד:**מגדיר ומאתחל את החיבור ל־Firebase (כולל Firestore ו־Storage).  
מכיל את מפתחות הגישה וה־config של הפרויקט.

מבנה נתונים (Firestore)

אוסף: reports  
 כל מסמך מכיל את השדות:

{

description: string,

imageUrl: string,

location: string,

coordinates: "Lat: xx.xxxx, Lon: yy.yyyy",

pollution\_level: "High" | "Medium" | "Low",

date: string

}

**טעויות אפשריות**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| סוג שגיאה | תיאור | פתרון |
| ReferenceError: autoDescription is not defined | משתנה לא הוגדר ב־ImageUploader | ודא שהועבר כפרמטר ל־handleImageChange() |
| Firebase: permission denied | בעיית הרשאות ב־Firestore rules | עדכן את חוקי הגישה לאפשר כתיבה למשתמשים רשומים |
| YOLO model load error | קובץ מודל חסר או לא תואם לגרסת TensorFlow.js | ודא שהמודל קיים בנתיב הנכון ופורמט SavedModel הומר כראוי |
| תמונה לא נטענת | בעיה בהעלאה או בקישור Storage | בדוק את ה־URL או ההרשאות של Firebase Storage |

**סיכום**

מערכת EcoSnap כוללת:

ניהול נתונים בזמן אמת (Firestore)

עיבוד תמונה וזיהוי אובייקטים (YOLO)

מפה אינטראקטיבית עם ניווט

עיצוב מודרני וקל לשימוש (Tailwind + React)

# 7. תיק למשתמש , הכולל הסבר כללי על המערכת , פירוט מסכים, מעברים בין מסכים והסבר על טעויות אפשרויות.

**תיק משתמש – מערכת EcoSnap**

**שם המערכת** EcoSnap: – מערכת לזיהוי ודיווח על זיהום סביבתי באמצעות תמונות

**1. הסבר כללי על המערכת**

EcoSnap היא מערכת אינטרנטית המאפשרת למשתמשים לדווח על מפגעים סביבתיים (כגון אשפה, פסולת פלסטיק, עשן וכדומה) באמצעות העלאת תמונות.  
המערכת עושה שימוש במודל בינה מלאכותית YOLO)) לזיהוי אובייקטים בתמונה, ומייצרת תיאור אוטומטי של המפגע.  
בנוסף, היא שומרת את נתוני הדיווח – תמונה, תיאור, תאריך, ומיקום (GPS) – ומציגה את כולם על גבי מפה אינטראקטיבית.

**2. פירוט מסכי המערכת**

**דף הבית /home))**

מטרה: הצגת כל הדיווחים הקיימים על גבי מפה.

רכיבים עיקריים:

כפתור “דיווח על מפגע חדש” – מעבר למסך הטעינה.

מפת דיווחים (ReportsMap):

מציגה סמלים (markers) של מיקומי הדיווחים.

בלחיצה על סמל מופיע חלון מידע (Popup) עם:

תמונת הדיווח

תיאור המפגע

תאריך הדיווח

קואורדינטות (Lat, Lon)

כפתורי ניווט ל־Waze ו־Google Maps – מאפשרים ניווט ישיר למיקום המפגע בלחיצה אחת.

**מסך דיווח חדש (/upload)**

מטרה: העלאת תמונה חדשה למערכת.

רכיבים עיקריים:

כפתור בחירת תמונה – מאפשר למשתמש לבחור קובץ מהמחשב או מהטלפון.

תצוגה מקדימה של התמונה – מוצגת מיד לאחר הבחירה.

זיהוי אוטומטי ((YOLO – המערכת מנסה לזהות את סוג המפגע ולמלא תיאור אוטומטי.

שדה תיאור – ניתן לעריכה ידנית ע״י המשתמש.

כפתור “פרסם דיווח” – שומר את הנתונים ומעלה אותם לבסיס הנתונים (Firebase).

**מסך הצגת דיווחים ((/reports**

מטרה: הצגת כלל הדיווחים שנשלחו למערכת.

רכיבים עיקריים:

רשימת דיווחים (כרטיסים):

תמונה ממוזערת.

תיאור קצר.

תאריך.

מיקום (כתובת או קואורדינטות).

בלחיצה על כרטיס – נפתח חלון פרטים מלא.

**מסך הצגת דיווחים (/reports)**

מטרה: הצגת כלל הדיווחים שנשלחו למערכת.

רכיבים עיקריים:

רשימת דיווחים (כרטיסים):

תמונה ממוזערת.

תיאור קצר.

תאריך.

מיקום (כתובת או קואורדינטות).

בלחיצה על כרטיס – נפתח חלון פרטים מלא עם אפשרות ניווט ב־Waze / Google Maps.

**3. מעברים בין מסכים**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| מסך נוכחי | פעולה | מסך היעד |
| דף הבית | לחיצה על “דיווח על מפגע חדש” | /upload |
| מסך דיווח חדש | שליחת דיווח בהצלחה | /home (חוזר אוטומטית ומעדכן מפה) |
| דף הבית | לחיצה על סמל במפה | חלון מידע עם פרטי הדיווח וכפתורי ניווט |
| תפריט עליון | לחיצה על אייקון “בית” | /home |

**4. טעויות אפשריות והדרכה לפתרון**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| סוג שגיאה | הסבר | פתרון |
| לא נבחרה תמונה | המשתמש ניסה לשלוח דיווח בלי לבחור תמונה | יש לבחור תמונה מהמכשיר לפני השליחה |
| אין הרשאת מיקום | הדפדפן חסם גישה ל־GPS ולכן לא ניתן לשמור קואורדינטות | לאפשר הרשאת מיקום (Location) בדפדפן |
| שגיאה בזיהוי YOLO | המודל לא הצליח לזהות את סוג האובייקט | ניתן לערוך את התיאור באופן ידני |
| בעיית רשת | חיבור האינטרנט נתקע באמצע ההעלאה | לבדוק את החיבור ולנסות שוב |
| הדיווח לא מופיע במפה | הדף נטען לפני שהדיווח נשמר ב־Firebase | לרענן את העמוד או להמתין מספר שניות |
| ReferenceError / TypeError בקונסול | נובעת משינוי בקוד או בעיה זמנית ב־React hooks | לוודא שהקוד מעודכן ולבדוק את השדה useEffect |

**5. טיפים לשימוש נוח**

מומלץ לצלם את המפגע בתאורה טובה כדי לשפר את זיהוי המודל.

אם התיאור האוטומטי אינו מדויק, ניתן לשנותו ידנית לפני השליחה.

בלחיצה על הסמל במפה ניתן לפתוח את הכתובת ישירות באפליקציית Waze או Google Maps.

במחשב נייח – כדאי להפעיל הרשאת מיקום מדויקת דרך הגדרות הדפדפן.

המערכת שומרת את הדיווחים בבסיס נתונים מאובטח (Firebase Storage + Firestore).

**6. סיכום**

EcoSnap מאפשרת למשתמשים לתעד ולשתף מידע על מפגעים סביבתיים בצורה פשוטה, מהירה וידידותית.  
 באמצעות שילוב של בינה מלאכותית, GPS, ויכולות ניווט מיידיות – ניתן לדווח ולנווט ישירות למוקדי זיהום, לטובת קידום איכות הסביבה ושיתוף קהילתי.

**נא לכלול גם סרטון קצר של הרצת המערכת . - הוגש עם הפוסטר במוודל.**

# 8. אתגרים אשר עלו במהלך העבודה, וכיצד התמודדתם איתם.

במהלך פיתוח מערכת EcoSnap, עלו מספר אתגרים טכנולוגיים ותכנוניים שנדרשנו להתמודד איתם כדי להגיע למוצר יציב, אינטואיטיבי ומדויק.

**1. אינטגרציה של מודל זיהוי (YOLO) עם סביבת Next.js**

**האתגר:**  
שילוב מודל למידת מכונה (YOLO) בסביבת Next.js) Client Side) דרש התמודדות עם בעיות תאימות בין TensorFlow.js לסביבת הדפדפן, וכן הבטחת זמני טעינה קצרים.

**הפתרון:**  
בוצע המרה של המודל לפורמט התואם ל-TensorFlow.js, ונבנה מנגנון טעינה אסינכרוני שמבטיח שהמודל נטען רק לאחר טעינת הקובץ. כמו כן נוספה בדיקה לטיפול בשגיאות טעינה כדי למנוע קריסות.

**2. הצגת דיווחים בזמן אמת על גבי מפה אינטראקטיבית**

**האתגר:**היה צורך להציג נתונים מתוך Firestore על מפה (Leaflet), תוך שמירה על ביצועים מהירים גם כאשר מספר הדיווחים גדל.

**הפתרון:**  
נבנה מנגנון קריאה יעיל מה-DB באמצעות getDocs, ולאחר מכן עיבוד הנתונים ל-Markets במפה. בהמשך נוספה גם שכבת Heatmap להצגת ריכוזי זיהום ויזואליים, תוך שימוש בנתונים מעובדים בלבד (Lat, Lon) כדי לשמור על ביצועים.

**3. העברת תיאור אוטומטי (Auto Description) בין קומפוננטות**

**האתגר:**  
לאחר שהמודל הפיק תיאור אוטומטי לתמונה (autoDescription), נוצר קושי בהעברת הנתון מהקומפוננטה ImageUploader אל UploadForm, וכתוצאה מכך הופיעה שגיאת ReferenceError.

**הפתרון:**  
בוצעה העברת פרופס נכונה (props) בין הקומפוננטות, והוגדר setDescription בפונקציית הורה כך שהשדה יתעדכן אוטומטית לאחר טעינת התמונה. בכך התיאור נרשם אוטומטית בשדה הטופס.

**4. שילוב GPS אוטומטי מהתמונה**

**האתגר:**  
רוב התמונות אינן כוללות מטא-דאטה של GPS, מה שמנע הצגה מדויקת על המפה.

**הפתרון:**  
נוסף מנגנון בדיקה שמזהה אם יש נתוני GPS בקובץ; אם לא, המשתמש מתבקש להזין את המיקום ידנית או ללחוץ על כפתור מיקום נוכחי. הנתונים נשמרים כטקסט "Lat: xx.xxxx, Lon: yy.yyyy" לצורך עקביות עם הנתונים הקיימים ב-Firestore.

**5. שגיאת useEffect במפה**

**האתגר:**  
בעת עדכון מצב (state) הקשור לתצוגת המפה ולנושא (Theme), הופיעה שגיאת React:  
 The final argument passed to useEffect changed size between renders.

**הפתרון:**  
בוצע ריפקטור לקוד כך שמערך התלויות (dependency array) ב-useEffect יישאר קבוע בגודלו, והערכים הנצפים הועברו לסטייטים נפרדים. בכך נמנעה השגיאה ושופרה יציבות הקומפוננטה.

**6. שמירה עקבית של נתוני הדיווח ב-Firestore**

**האתגר:**  
נוצרו הבדלים בין המסמכים שנשמרו ב-Firestore עקב חוסר עקביות בשדות (למשל – חלק מהדיווחים ללא pollution\_level).

**הפתרון:**  
הוגדר מבנה נתונים אחיד עבור כל דיווח, ובוצע ולידציה לפני שמירת הנתונים. פונקציית saveReport עודכנה כך שכל הדיווחים יכילו את כל השדות הנדרשים.

**7. ניווט חכם ב-Waze וב-Google Maps**

**האתגר:**הוספת אפשרות ניווט ישיר לנקודת הדיווח דרשה המרה של קואורדינטות לכתובות URL תואמות לאפליקציות ניווט שונות.

**הפתרון:**  
נבנו קישורים דינמיים הנוצרים בלחיצה על הסמל במפה, ומציגים Popup עם פרטי הדיווח + כפתורי ניווט ל-Waze ול-Google Maps.

**8. עיצוב והתאמת מערכת למצב כהה ובהיר**

**האתגר:**  
היה צורך לעדכן את צבעי המפה, הטפסים והטקסטים בהתאם למצב תאורה (Dark/Light Mode) בזמן אמת.

**הפתרון:**  
נבנה מאזין (MutationObserver) שמזהה שינוי בערכת הנושא ומעדכן את צבעי המפה באופן דינמי, כך שהממשק תמיד נשאר קריא וברור.

# 9. בונוס:

בשבוע 21.9 הצגתם סטודיו.

קיבלתם באופן אנונימי את המשובים של חבריכם.

יש להגיש את הטבלה הבאה , תוך התיחסות למשובים שקיבלתם

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| הערת משוב | האם לדעתכם יש צורך בשינוי במערכת בעקבות ההערה? | נימוק |
| לא הכי מובן איך להשתמש בה | כן | מאוד חשוב שתהיה המטרה מובנת וברורה.  שינוי בוצע. |
| להוסיף הסברים ב- published campaign מה זה ומה צריך לעשות שם. | כן | מאוד חשוב שיהיה הכל מובן וברור.  שינוי בוצע. |
| ביצירת קמפיין מבקשים תאריך ומיקום אני הייתי קצת חושש לעשות את זה בגלל שזה נראה ארוך אפשר לחסוך קצת בדרישות שהקמפיין יווצר והמערכת תשמור מיקום. | לא | צריך בעת יצור קמפיין שהמשתמש יציין מתי ואיפה הקמפיין ייעשה. כי קמפיין הוא יוזמתי. |
| המערכת עמוסה במיוחד במילוי הפרטים בדיווח | לא | כל הפרטים הם חשובים בדיווח. |
| להוסיף אפשרות חזרה אחורה נוחה יותר בין דף לדף | לא | יש NAVBAR שתמיד מופיע בראש האתר. |
| לא, המערכת מעולה ונהנתי להשתמש בה! | כן | נוחות המשתמש מאוד חשובה. שינוי בוצע. |

# 10. מקורות (References)

**טכנולוגיים ותיעוד רשמי**

Google. (2025). *Firebase documentation*. Retrieved October 19, 2025, from https://firebase.google.com/docs

Leaflet. (2025). *Leaflet JavaScript library documentation*. Retrieved October 19, 2025, from https://leafletjs.com/

TensorFlow.js. (2025). *TensorFlow.js models and API documentation*. Retrieved October 19, 2025, from https://www.tensorflow.org/js

Vercel. (2025). *Next.js documentation*. Retrieved October 19, 2025, from https://nextjs.org/docs

Meta Platforms. (2025). *React documentation*. Retrieved October 19, 2025, from https://react.dev/

OpenAI. (2025). *ChatGPT documentation and model usage*. Retrieved October 19, 2025, from<https://openai.com/chat>

עיצוב וחוויית משתמש

Tailwind Labs. (2025). *Tailwind CSS documentation*. Retrieved October 19, 2025, from<https://tailwindcss.com/docs>

Google. (2025). *Material Design guidelines*. Retrieved October 19, 2025, from https://m3.material.io/

**שימוש בכלי בינה מלאכותית**

OpenAI. (2025). *ChatGPT (GPT-5) prompts used for code explanations and documentation.* Example prompts:

“Explain how to pass props between ImageUploader and UploadForm components in [Next.js](http://next.js).”

“Generate a user manual section for EcoSnap with screen descriptions and possible errors.”

“Describe challenges and solutions faced during a pollution-reporting web app development.”

Google. (2025). *Gemini prompts used for code and model conversion guidance.* Example prompts:

“How to convert a YOLO model to TensorFlow.js format for use in a browser.”

“Suggest Firebase Firestore data structure for saving pollution reports with image and location.”

“Explain how to integrate Google Maps navigation links in a React map popup.”

**מקורות נוספים**

Stack Overflow. (2024–2025). *Developer discussions and solutions for React, Next.js, and Firebase integration.* Retrieved from<https://stackoverflow.com/>

Mozilla Foundation. (2025). *MDN Web Docs: JavaScript API reference and web standards.* Retrieved from <https://developer.mozilla.org/>

**מחקרים מדעיים ונתונים סביבתיים**

Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. Environmental Monitoring and Assessment, 176, 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>

Paerl, H. W., & Otten, T. G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: Causes, consequences, and controls. Microbial Ecology, 65(4), 995–1010. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0159-y>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2014). Cyanobacteria and cyanotoxins: Information for drinking water systems. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/cyanobacteria_factsheet.pdf>

Israel Oceanographic and Limnological Research (IOLR). (2024). *Nitor ve-meḥkarei Kinneret le-shnat 2024 [Nitour and research of Lake Kinneret – Annual Report 2024].* Haifa, Israel: IOLR. Retrieved October 19, 2025, from [https://www.ocean.org.il/wp-content/uploads/2025/08/דוח-ניטור-ומחקרי-כנרת-לשנת-2024.pdf](https://www.ocean.org.il/wp-content/uploads/2025/08/%D7%93%D7%95%D7%97-%D7%A0%D7%99%D7%98%D7%95%D7%A8-%D7%95%D7%9E%D7%97%D7%A7%D7%A8%D7%99-%D7%9B%D7%A0%D7%A8%D7%AA-%D7%9C%D7%A9%D7%A0%D7%AA-2024.pdf?utm_source=chatgpt.com)

Israel Oceanographic and Limnological Research (IOLR). (2023). *Nitour ve-meḥkarei Kinneret le-shnat 2023 [Nitour and research of Lake Kinneret – Annual Report 2023].* Haifa, Israel: IOLR. Retrieved October 19, 2025, from [https://www.ocean.org.il/wp-content/uploads/2025/03/T10-2024-ניטור-ומחקרי-כנרת-לשנת-2023.pdf](https://www.ocean.org.il/wp-content/uploads/2025/03/T10-2024-%D7%A0%D7%99%D7%98%D7%95%D7%A8-%D7%95%D7%9E%D7%97%D7%A7%D7%A8%D7%99-%D7%9B%D7%A0%D7%A8%D7%AA-%D7%9C%D7%A9%D7%A0%D7%AA-2023.pdf?utm_source=chatgpt.com)