**תוכן עניינים**

פרק 1: תיאור הארגון..........................................................................................................5

1.1 רקע כללי......................................................................................................................5

1.2 מבנה הארגון.................................................................................................................5

1.3 מטרות הארגון..............................................................................................................6

1.4 סביבה עסקית...............................................................................................................6

1.5 לקוחות........................................................................................................................6

1.6 מתחרים.......................................................................................................................7

1.7 אופי הפעילות של מחלקות הייצור בפיליפס......................................................................7

1.8 מבנה ארגוני חדר נקי.....................................................................................................8

פרק 2: מטרת הפרויקט.......................................................................................................9

2.1 כללי ............................................................................................................................9

2.2 הגדרת מטרות הפרויקט.................................................................................................9

2.3 בעיות הנדסיות במצב הקיים ........................................................................................10

פרק 3: סקירת ספרות.......................................................................................................11

3.1 טכנולוגיית הבריאות (Health tech) ............................................................................11

3.2 חדר נקי במפעלי יצור רפואיים .....................................................................................12

3.3 אלגוריתם לתכנון ייצור................................................................................................14

3.4 מערכות ERP לניהול כלל משאבי הארגון.......................................................................16

3.5 מעבר מתכנון יצור באופן ידני לפיתוח מערכת משולבת ייעודית........................................18

3.6 ממשקי משתמש וחוויית משתמש במערכות תכנון ייצור..................................................20

פרק 4: תיאור מצב קיים............................ ........................................................................22

4.1 תיאור תהליכים...........................................................................................................22

4.2 הגדרת תפקידים..........................................................................................................22

4.3 ניתוח תהליכים............................................................................................................23

4.3.1 תהליך עדכון רמות המלאי של החומרים המרכיבים את המוצר..................................25

4.3.2 תהליך בדיקת הסמכת עובד....................................................................................26

4.3.3 תהליך שיבוץ עובד במשמרות..................................................................................28

4.3.4 תהליך הקצאת מכונות לייצור מוצרים.....................................................................30

פרק 5: אפיון מערכת המידע החדשה....................................................................................32

5.1 מטרות המערכת..........................................................................................................32

5.2 תפוצת המערכת...........................................................................................................32

5.3 היקף המערכת.............................................................................................................32

5.4 הנחות יסוד.................................................................................................................33

5.5 אופן זרימת המידע במערכת של תהליכי העבודה החדשים...............................................34

5.6 תיאור פונקציונלי – מבנה המערכת והמסכים השונים......................................................37

5.7 תיאור המסכים............................................................................................................38

5.7.1 התחברות למערכת PHILIPSPLAN..........................................................................38

5.7.2 דף הבית...................................................................................................................39

5.7.3 מודול לניהול מלאי....................................................................................................42

5.7.4 מסך לניהול עובדים...................................................................................................43

5.7.5 מסך ניהול מכונות.....................................................................................................46

5.7.6 משתמשים והרשאות ................................................................................................48

5.7.7 ניתוח נתונים ודוחות.................................................................................................52

פרק 6: ניתוח המערכת......................................................................................................53

* 1. תרשימי DFD הגדרה...................................................................................................53

6.2 הגדרת משתמשים ומאגרי נתונים..................................................................................53

6.3 עץ תרשימי DFD.........................................................................................................55

6.4 תרשים DFD-0 ...........................................................................................................55

6.5 תרשים DFD-1...........................................................................................................56

6.6 תרשים DFD-2...........................................................................................................57

6.7 תרשים DFD-2.5........................................................................................................57

6.8 תרשים DFD-3...........................................................................................................59

6.9 תרשים DFD-4...........................................................................................................60

6.10 תרשים DFD-5..........................................................................................................61

6.11 תרשים DFD-6..........................................................................................................62

6.12 תרשים קשרי גומלין...................................................................................................64

פרק 7: ביבליוגרפיה...........................................................................................................65

**רשימת טבלאות**

**רשימת איורים**

**רשימת תרשימים**

**תקציר מנהלים**

**פרק 1 – תיאור הארגון וסביבת העבודה**

* 1. רקע כללי –

פיליפס היא חברה בינלאומית עם יותר מ-130 שנות ניסיון בפיתוח טכנולוגיות. החברה הוקמה בשנת 1891 וכיום מעסיקה כ-76,000 עובדים ברחבי העולם, כש-1,300 מתוכם פועלים בישראל.

החברה מתמחה בתחום הדיאגנוסטיקה וההדמיה הרפואית, והיא מפתחת ויוצרת פתרונות המשפרים את איכות החיים של המוני אנשים ברחבי העולם.

אתרי חברת פיליפס בישראל מתמקדים במחקר ופיתוח בתחום ה-HealthTech, וממוקמים בחיפה, רעננה, ותל אביב. פיליפס ישראל מתמחה בפיתוח וייצור של מכשירי CT מתקדמים, פתרונות ברפואה גרעינית, אפליקציות קליניות מבוססות על בינה מלאכותית לשיפור אבחונים רדיולוגיים, אפליקציות אונקולוגיות בענן, פתרונות לחדרי צנתורים בתחום הקרדיולוגיה, ועוד.

הפיתוחים של החברה משנים ומשפרים את חיי האדם, והיא מתמקדת בפרויקטים מקצועיים בתחום הרפואה.

* 1. מבנה הארגון–

**איור 1.01: מבנה הארגון**

* 1. מטרות הארגון-

פיליפס, שמה לה למטרה לשפר באופן משמעותי את איכות החיים של אנשים ברחבי העולם באמצעות פיתוח וחדשנות טכנולוגית בתחום הרפואה. החברה חותרת להוביל את המהפכה הדיגיטלית בבריאות, בין היתר על ידי יישום טכנולוגיות כגון בינה מלאכותית ורפואה מרחוק, במטרה להגביר את הנגישות לטיפול איכותי. במרכז פעילותה ניצבים מחקר ופיתוח של מוצרים חדשניים לאבחון מוקדם וטיפול ממוקד, לצד שיתופי פעולה רחבים עם גורמים רפואיים וטכנולוגיים על מנת להשיג התקדמות בתחום. במקביל, פיליפס מקדמת ערכים של קיימות, תוך חתירה לפתח מוצרים ידידותיים לסביבה.

* 1. סביבה עסקית-

התחום העסקי של פיליפס מתמקד בתחום הבריאות והטיפוח הרפואי. הם מספקים מגוון רחב של מוצרים ושירותים בתחום טכנולוגיית הרפואה, כולל מכשור רפואי, פתרונות תוכנה, שירותי ייעוץ, ועוד. פיליפס מצויה בקצה החדשנות בפיתוח ויישום טכנולוגיות חדשניות כמו תמיכה בזמן אמת והתממשקות עם מערכות מידע דיגיטליות להפקת מידע רפואי וניתוחים מתקדמים.   
בסביבה העסקית, פיליפס מתמקדת בשילוב טכנולוגיות חדישות עם צרכי השוק והלקוחות בתחום הבריאות והטיפוח הרפואי.

* 1. לקוחות-  
     לפיליפס יש לקוחות מגוונים בתחום הבריאות והטיפוח הרפואי, הכוללים:
     1. בתי חולים ומרכזי רפואה: פיליפס מספקת מגוון רחב של מוצרים ושירותים לבתי חולים ומרכזי רפואה, כולל מכשור רפואי, מערכות ניהול נתונים רפואיים, ופתרונות תוכנה מתקדמים.
     2. רופאים ומקצועות רפואיים: פיליפס מספקת טכנולוגיות רפואיות לשימוש במרפאות, מרכזי בדיקות, וכל מקום בו פועלים מקצועות רפואיים.
     3. מחקר ופיתוח: פיליפס שותפה עם ארגונים מחקריים, פרופסורים וחוקרים בפיתוח טכנולוגיות חדשות ומתקדמות בתחום הרפואה.
     4. צרכנים סופיים: פיליפס מייצרת גם מוצרים לשימוש ביתי, כגון מוצרי טיפוח ובריאות אישית, כמו מכשירי דימות ומעקב בריאות.
     5. גורמי החלטה בממשלה: פיליפס מספקת פתרונות ומוצרים רפואיים לשימוש בציבוריות ובמוסדות ממשלתיים, כגון מערכות דיגיטליות לניהול מידע רפואי וציוד רפואי מתקדם.   
          
        בגלל שפיליפס מספקת מגוון רחב של מוצרים ושירותים, לקוחותיה מכל הקטגוריות הנ"ל יכולים להיות מתחומים רבים כגון ניהול בריאות, רפואה, טכנולוגיה, ועוד.

* 1. מתחרים-  
     פיליפס מתמודדת עם מתחרים בתחום הבריאות והטיפוח הרפואי, והתחרות בתחום זה דינמית ומשתנה. מתחרים עיקריים של פיליפס הם:
     1. Healthcare GE: היא חברת בת של חברת התעשייה האמריקאית GE, המספקת מגוון של פתרונות בתחום הרפואי ובריאות הציבור.
     2. Siemens: חברת תעשייה גרמנית המספקת מערכות רפואיות ופתרונות בתחום הבריאות והטיפוח הרפואי.
     3. Medtronic: יצרנית ציוד רפואי אמריקאית המתמקדת בתחום הטיפוח הרפואי ומציעה מגוון רחב של מוצרים ופתרונות רפואיים.
     4. Sony: חברת תעשייה יפנית שמפתחת טכנולוגיות חדשניות, והיא פועלת גם בתחום הרפואי ומספקת מגוון מוצרים רפואיים.
     5. Bayer: חברת Bayer היא חברת פרמצבטיקה גלובלית המספקת מגוון של מוצרי רפואה ומזון.
  2. אופי הפעילות של מחלקות הייצור בפיליפס-

מחלקות הייצור של מוצרי הבריאות בפיליפס הן ליבה מרכזית של פעילות החברה. מדובר בתחום שפיליפס רואה כאסטרטגי ומשקיעה בו משאבים רבים. המפעלים עוסקים בייצור מגוון רחב של מכשור רפואי מתקדם, החל ממכשירי דימות רפואי כמו ממוגרפים, סורקי CT ומכשירי MRI המשמשים לאבחון וגילוי מוקדם של מחלות. מכשירים אלו מיוצרים בקווי ייצור משוכללים הכוללים טכנולוגיות מתקדמות כמו רובוטיקה, בקרת תהליכים ממוחשבת ובדיקות איכות קפדניות. בנוסף, קווי הייצור עוסקים גם בייצור מכשור לטיפול נמרץ כמו מכשירי הנשמה, ניטור חולים וציוד לטיפול נמרץ אחר. אלו הם מוצרים קריטיים להצלת חיים במצבים רפואיים קשים.

תחום נוסף הוא מוצרי טיפול ביתי כמו משאפים, מכשירי CPAP לטיפול בהפרעות שינה ומכונות הנשמה לטיפול בסרטן הריאה ומחלות ריאה כרוניות אחרות.  
מכשירים אלו מיוצרים במפעלים נקיים ועוברים תהליכי איכות ובקרה קפדניים.  
פיליפס רואה חשיבות רבה בפיתוח מוצרים חדשניים בתחום הבריאות, ולכן מחלקות הייצור משתמשות בטכנולוגיות ייצור מתקדמות, שיטות בקרת איכות קפדניות ועומדות בתקנים ורגולציות מחמירות לציוד רפואי. בנוסף, פיליפס גם משקיעה בפיתוח קווי ייצור ידידותיים יותר לסביבה, עם מזעור פסולת ושימוש במקורות אנרגיה חלופיים.

* 1. חדר נקי- הגדרה

חדר נקי במפעל ייצור הוא סביבה מבוקרת היטב עם רמת לכלוך אווירי מינימלית. הוא מכיל מערכות מיוחדות לסינון אוויר, בקרת טמפרטורה ולחות, ומונע חדירה של לכלוך, אבק ומזהמים פוטנציאליים. חדרים נקיים נחוצים בתעשיות רגישות כמו מוליכים למחצה, אלקטרוניקה, רפואה ותרופות, כדי למנוע זיהום שעלול לגרום לפגמים או כשלים במוצרים. הם מדורגים לפי רמות ניקיון שונות בהתאם לצורכי הייצור.

* 1. מבנה ארגוני של חדר נקי בפיליפס-

**איור 1.02: מבנה ארגוני של חדר נקי בפיליפס**

**פרק 2 – מטרת הפרויקט**

* 1. **כללי**  
     מטרת הפרויקט היא הקמת מערכת אוטומטית שתוביל את תהליך התכנון בחדר נקי של חברת Philips Medical בצורה יעילה יותר. החדר הנקי הינו מרכז תפעולי חשוב בתהליכי הייצור של הרכיבים הרפואיים המתקדמים של החברה. כיום, תהליך תכנון המשמרות בחדר נקי מתבצע באופן ידני ודורש התעסקות מקיפה של מנהלי החדר והספקים השונים. תכנון המשמרות כולל צורך להתאים אילוצי עובדים, אילוצי מכונות, ורמות המלאי של הרכיבים השונים למטרת ייצור מוצרים באיכות גבוהה ובצורה יעילה מבחינת זמן ומשאבים. המערכת שתוצג תתמקד באופטימיזציה ובהפחתת העומס הנדרש כדי להכין את התכנים, וכן בסנכרון בין אילוצי העובדים, אילוצי המכונות ורמות המלאי של הרכיבים. כלי המערכת יהיה מערכת מידע משולבת המתקשרת עם מספר מקורות נתונים, כולל מערכות הספקים, רמות המלאי, וכן מידע פנימי של הארגון, כגון פרטי העובדים ואילוציהם. המערכת מיועדת לסייע למנהל החדר הנקי ביצירת תכנון משמרות מתקדם ומתוחכם, המתבצע באופן אוטומטי ויעיל, מקנה כך יכולת תגובה מהירה יותר לשינויים ולדרישות שונות בתהליך הייצור. התכנון כולל פתרון לבעיות רגילות כמו סנכרון בין תכנוני המשמרות לבין אילוצי העובדים והמכונות, ביצוע קריטריונים להקצאת משמרות, ובדיקה של הסמכות העובדים לתהליכים מסוימים בהתאם לסדרי העדיפויות והסמכות שהועברה להם.
  2. הגדרת מטרות הפרויקט-
     1. המערכת תבצע **אופטימיזציה של תהליך תכנון המשמרות** בחדר נקי על ידי שימוש באלגוריתמים מתקדמים לתכנון אופטימלי. האלגוריתמים יתחשבו באילוצי העובדים, זמינות המכונות ורמות המלאי כדי ליצור לוח זמנים שמפחית את זמן ההשבתה של המכונות ומגדיל את ניצול המשאבים האנושיים. המערכת תספק ממשק משתמש המאפשר למנהלי החדר להגדיר ולשנות אילוצים בזמן אמת, מה שיאפשר התאמה מהירה לשינויים בתהליכי הייצור.
     2. המערכת תשתמש בנתוני זמינות העובדים והסמכותיהם כדי לזהות בעיות ב**ניהול אילוצי העובדים**. במקרים בהם יש מחסור בעובדים מוסמכים למשמרות מסוימות, המערכת תשלח התראות למנהל ותציע פתרונות חלופיים לשיבוץ העובדים בהתאם להסמכותיהם והזמינות שלהם. לדוגמה, אם יש מחסור בעובדים מוסמכים לייצור מוצר מסוים, המערכת תציע לשבץ עובדים עם הסמכות דומות ולתכנן הכשרות נוספות במידת הצורך.
     3. המערכת תספק כלים **לניהול ותזמון מדויק של תהליכי הייצור**, כולל ממשק משתמש לתכנון משמרות והפקת מכונות. היא תשתמש במידע מרמות המלאי, זמינות העובדים והמכונות כדי ליצור תוכניות ייצור מסונכרנות, מה שימנע עיכובים ויבטיח זרימת עבודה חלקה. לדוגמה, המערכת תתאם בין זמני התחזוקה של המכונות לבין זמינות העובדים, כך שתהליכי הייצור לא ייפגעו.
     4. המערכת תשתמש **בכלי תכנון מתקדמים ואינטואיטיביים** המאפשרים למנהלי החדר הנקי לבצע תכנון משמרות מורכב ומדויק. היא תתחשב במגבלות ובאילוצים כמו הסמכות העובדים, זמינותם, זמינות המכונות ורמות המלאי. לדוגמה, המערכת תציג גרפים ודוחות שמראים את ניצול המשאבים והשפעת השיבוצים השונים על יעילות הייצור.
     5. **מקסום יכולת התגובה לשינויים**: המערכת תאפשר התאמות מהירות בתכנון המשמרות בהתאם לשינויים בביקוש או זמינות עובדים. לדוגמא, אם עובד מודיע על חופשה בלתי צפויה, המערכת תוכל לשבץ עובד חלופי מיידית. כלומר, מערכת תאפשר למנהל לבצע שינויים מהירים במשמרות בלחיצת כפתור תוך התחשבות בכל האילוצים הקיימים.
  3. בעיות הנדסיות במצב הקיים-
     1. אי-יעילות בשימוש במשאבים: חוסר ביעילות בשימוש במשאבי אנרגיה וחומרי גלם בחדר הנקי עשוי לגרום לתפקוד לא אופטימלי ולעלויות גבוהות.
     2. אי-יעילות בתהליכי תכנון וייצור: חוסר בסנכרון ובתיאום בין תהליכי הייצור בחדר הנקי עשוי להביא לעיכובים בייצור, לגרימת שגיאות ולהפקת פגיעות באיכות המוצר.
     3. חוסר בבטיחות תהליכים: חוסר בשליטה ובניטור על תהליכי הייצור עשוי לגרום לסיכונים לבריאות העובדים ולפגיעה באיכות המוצרים.
     4. ניהול לא אופטימלי של משמרות: אי-יעילות בתכנון ובניהול המשמרות עשוי לגרום להגבלות בזמינות המערכות ולעיכובים בייצור.
     5. תהליכי ייצור לא מותאמים: חוסר בהתאמה של תהליכי הייצור בחדר הנקי לדרישות הייצור והשינויים בשוק עשוי לגרום להפקת מוצרים לא איכותיים או לתפקוד לא יעיל.

**פרק 3 – סקירת ספרות**

* 1. **טכנולוגיית הבריאות ( (Health tech**

תחום טכנולוגית הבריאות מתמקד בפיתוח והפצת פתרונות טכנולוגיים המיועדים לשיפור ושינוי בתחום הבריאות והרפואה. זה כולל שימוש בטכנולוגיות מתקדמות כגון פיתוח תוכנה, פלטפורמות דיגיטליות, ניתוח נתונים, טיפול במחלות באמצעות טכנולוגיות דיגיטליות, רובוטיקה, מדידת נתונים בזמן אמת ועוד ((Condry, 2019.

* + 1. **השפעת טכנולוגיית הבריאות על העולם**

מחקרים מראים כי טכנולוגיות בריאות פורצות דרך צפויות לשנות את מערכת הבריאות באופן משמעותי בעשור הקרוב. טכנולוגיות אלו, ביניהן בינה מלאכותית, רובוטיקה, ביג דאטה, גנומיקה ועוד, צופנות פוטנציאל אדיר לשיפור איכות הטיפול, הפחתת עלויות ושיפור הגישה לשירותי בריאות עבור כולנו. ההשפעות החיוביות שצפויות יבואו לידי ביטוי בשיפור איכות הטיפול- בינה מלאכותית תוכל לסייע לרופאים לקבל החלטות קליניות טובות יותר, לאבחן מחלות בצורה מדויקת יותר ולספק טיפול מותאם אישית. רובוטיקה תוכל להפוך ניתוחים ליעילים יותר, בטוחים יותר ופחות פולשניים. טכנולוגיות לבישות (הטמעת מכשירים אלקטרוניים בלבוש) יאפשרו ניטור רציף של בריאותם של אנשים ויספקו התראות בזמן אמת במקרה של בעיה. הדפסת תלת מימד תשמש לייצור שתלים רפואיים, תרופות ואפילו איברים מלאכותיים.

השפעות חיוביות נוספות יבואו לידי ביטוי בהפחתת עלויות- טכנולוגיות ניטור מרחוק יוכלו לצמצם את הצורך באשפוזים. טכנולוגיות דיגיטליות יוכלו לשפר את ניהול מחלות כרוניות. שיפור הגישה לשירותי בריאות- טכנולוגיות דיגיטליות יוכלו להנגיש שירותי בריאות לאנשים באזורים מרוחקים, לאנשים עם מוגבלויות ולאנשים שאין להם ביטוח בריאות.

עם זאת, חשוב לציין שקיימים גם אתגרים רבים שעלולים להתעורר כתוצאה משימוש בטכנולוגיות כמו פרטיות ואבטחת מידע- איסוף כמויות אדירות של נתונים רפואיים מעלה חשש מפני שימוש לרעה, אי-שוויון- טכנולוגיות חדשות עלולות להעמיק את אי-השוויון בתחום הבריאות, כיוון שלאנשים באזורים מרוחקים או שאין להם ביטוח בריאות עלולה להיות גישה מוגבלת. התנגדות לשינוי- ייתכן שיהיה צורך להתגבר על התנגדות מצד גורמים שונים, כגון רופאים, אחיות וחברות ביטוח McKinsey Global Institute, 2020)).

* + 1. **טכנולוגיית הבריאות בפיליפס**

פיליפס מהווה דוגמה מצטיינת לחברה העוסקת בפיתוח וייצור טכנולוגיות רפואיות מתקדמות. החברה מתמחה בתחום הדיאגנוסטיקה הרפואית וההדמיה הרפואית, ושולטת בשוק משמעותי של מערכות רנטגן ו-CT ברחבי העולם. הפיתוחים של פיליפס כוללים מערכות מתקדמות להדמיה רפואית כמו צנתורים לא פולשניים ומכשירי MRI ו-PET למיפוי גידולים סרטניים. חשיבות הטכנולוגיה של פיליפס מובהקת בטיפול ובאבחון מוקדם של מחלות, והיא מסייעת לצוותי הרפואה לקבל החלטות מדויקות ובזמן. פיליפס מפתחת גם מערכות ומכשירים עבור תחום הקרדיולוגיה, כולל מוניטורים להדמיית הלב ומכשירי דפיברילטור למעקב אחר פעילות הלב של המטופלים. הפיתוחים המתמשכים של פיליפס בתחום ה-Health tech משפרים את איכות החיים והטיפול הרפואי של מיליוני אנשים ברחבי העולם.

המאמרים שנדונו בהקשר של טכנולוגיית הבריאות תורמים לפרויקט בכך שהם מצביעים על הפוטנציאל לבריאות מתקדמות לשפר את היעילות והדיוק של ניהול המשמרות בחדר נקי, תוך התחשבות בהיבטים כמו אבטחת מידע, ניהול משאבים ויכולת תגובה מהירה לשינויים.

* 1. **חדר נקי במפעלי יצור רפואיים**
     1. **מכשיר רפואי -**ערך, מכשיר, מכונה או מכונת כלים המשמשת למניעה, גילוי או טיפול במחלה למדידה, שיקום, תיקון או שינוי במבנה או בתפקוד הגוף לצורך בריאותי. לרוב, מטרתו של מכשיר רפואי אינה מתקבלת באמצעות דרכים פרמקולוגיות, אימונולוגיות או מטבוליות (World Health Organization, 2010).
     2. **חדר נקי**

חדר נקי הוא חלק בלתי נפרד מתהליך הייצור של מכשור רפואי והמחקר הרפואי המתקדם. חדר נקי אינו רק מספק את הסביבה המתאימה לייצור מכשור רפואי ברמה הגבוהה ביותר, אלא גם מבטיח את בטיחות החולים ושלום רוחם של המטפלים.

בעידודם של קבוצת מקצוענים רחבה ומקצועית, תהליך ההכנה והתפעול של חדר נקי מתבצע בהתאם לתקנים ולהנחיות התעשייתיים המחמירים ביותר. המערכות הטכנולוגיות המתקדמות שמשמשות בחדרים נקיים מתקדמים מאוד והתהליך המדויק של בדיקה וניטור מובטח לאורך כל תהליך הייצור.

כדי להקים חדר נקי מסודר ופועל, חשוב להבין את הדרישות לשימוש החדר. מהנדסים לאורך תהליך התכנון והבנייה, דרך המנהלים הקונסטרוקטיביים שיובילו את התהליך, ועד לצוותי הניהול שישמרו על תהליך הייצור והניקיון, כל אחד משתתף בתהליך החשוב והמורכב הזה.

בכל הנוגע לחדרים נקיים, חשוב לציין את התפקיד החשוב של התחזוקה והבקרה השוטפים. תחזוקת החדר נקי והבקרה הקפדנית על התנאים הסביבתיים מהווים חלק בלתי נפרד מתהליך הייצור ומשמעותיים לשמירה על איכות המוצרים הרפואיים. ניקיון ותחזוקה שוטפים מבטיחים את הפעלת המערכות התמיכה כגון מערכות האוויר המסוננות, מערכות החימום והקירור, וגם שומרים על ניקיון המשטחים בכל זמן נתון. תפקידם הוא לוודא כי התנאים הסביבתיים נשמרים ברמה הנדרשת לתמיכה בתהליך הייצור, לצורך הגנה על המוצרים ולצורך כללי של בריאות הפועלים ובטיחותם של המטופלים. בכך, הם מסייעים להבטיח שהחדר נקי יישאר פועל ברמת התקינות הנדרשת ויתמוך במטרות העסקיות והרפואיות של הסביבה הרפואית (Medical Engineers, (2023.

חדרים נקיים מהווים חלק אינטגרלי מתהליך הייצור של רכיבים לשימוש רפואי. זיהום בחלל כזה עלול לגרום לנזקים משמעותיים לטיב המוצר, ליעילות הייצור ולבריאות העובדים. לפיכך, ניהול וויסות הלכלוך בחדר נקי הוא מרכזי והכרחי להבטחת איכות ובטיחות של תהליך הייצור להגנה מפני זיהום בחדר נקי, חשוב להפעיל מספר פעולות מבוקרות. זיהום יכול להיות מנוגד באמצעות תכנון ותפעול נכונים של החדר, כולל בנייה ותשתיות מתאימות עם דגש על זרימת אוויר, לחץ אוויר, טמפרטורה ולחות. כמו כן, יש להשתמש במערכות סינון אוויר יעילות כמו HEPA ו-ULPA, לבצע ניקוי וחיטוי קבוע עם חומרים וחומרים מתאימים Smith, 2023)).

* + - 1. **ניהול עובדים בחדר נקי**

ניהול עובדים בחדר נקי אינו משימה פשוטה. הוא דורש ידע מקצועי נרחב, הקפדה על נהלים מחמירים ודאגה מתמשכת לשלומם ובריאותם של העובדים. עובדים בחדר נקי חייבים לעבור הכשרה מקיפה בנוגע לנהלים, בטיחות והיגיינה. הכשרה זו כוללת הבנת חשיבות חדר נקי, ידע בנהלים ותקנות, תפקידם בשמירה על סביבה סטרילית, והקפדה על בריאותם ובטיחותם של העובדים. לביצוע עבודה בחדר נקי, עובדים חייבים להשתמש בלבוש וציוד מגן אישי מתאימים כדי להגן על עצמם מפני זיהום ועל המוצרים מפני זיהום אנושי. בנוסף, עובדים חייבים לעבור בדיקות רפואיות תקופתיות ולעמוד בקריטריונים בריאותיים מחמירים ולעקוב אחר בריאותם באופן שוטף. עבודה בחדר נקי דורשת משמעת עצמית גבוהה והקפדה על נהלים, וחשוב לייצר אווירה נעימה ותומכת בחדר נקי כדי להבטיח מוטיבציה ושביעות רצון עובדים (Sefidcon, Salehpour, MacLean & Gunawan ,2020 ).

בחברת פיליפס, חדרים נקיים אינם רק חללים סטריליים, אלא עולם שלם של בריאות וטכנולוגיה מתקדמת. שם, בלב הטכנולוגיה, מיוצרים רכיבים אלקטרוניים עדינים, מורכבים מכשירים רפואיים מצילי חיים, ונולדים חומרים סטריליים המשמשים להצלת חיים ולשיפור איכות החיים. החדרים הנקיים הם סטריליים באופן מוחלט. מערכות סינון אוויר מתקדמות, ניקוי וחיטוי קפדניים, ותהליכי בקרת איכות מחמירים מבטיחים סביבה נקייה מזיהום, המאפשרת ייצור מוצרים רפואיים באיכות הגבוהה ביותר.  
פיליפס מפעילה חדרים נקיים ברמות שונות של ניקיון, בהתאם לסוג המוצר המיוצר. החדרים מצוידים במערכות טכנולוגיות מתקדמות, כגון מסנני אוויר מיוחדים, מערכות לחץ אוויר ותאורה מיוחדת. צוותי פיליפס העובדים בחדרים נקיים עוברים הכשרה מקיפה בנוגע לנהלים, בטיחות והיגיינה, והחברה מקפידה על ביצוע בדיקות וניטור קבועים של תנאי הסביבה בחדרים נקיים.

חדרים נקיים בפיליפס עומדים בתקנים בינלאומיים מחמירים כגון תקן ISO 14644, תיקון 21 CFR חלק 211 של ה-FDA האמריקאי, והנחיות GMP של האיחוד האירופי. עמידה בתקנים מבטיחה איכות מוצרים, בטיחות החולים, ואמינות החברה כיצרנית מוצרים רפואיים.

המאמרים שנדונו בנושא החדר הנקי במפעלי ייצור רפואיים תורמים לפרויקט בכך שהם מספקים הבנה מעמיקה של דרישות ותקנים לחדרים נקיים, כמו גם החשיבות של תחזוקה שוטפת וניהול עובדים, מה שמאפשר לפתח מערכת תכנון משמרות שתבטיח סביבה סטרילית ונקייה, ותשפר את היעילות והבטיחות בתהליכי הייצור.

* 1. **אלגוריתם לתכנון ייצור**

תכנון ייצור הוא תהליך מורכב הכולל גורמים רבים, כגון ביקוש למוצרים, זמינות חומרים, יכולות ייצור ולוחות זמנים. אלגוריתמים לתכנון ייצור נועדו לסייע למנהלי ייצור לקבל החלטות יעילות בנוגע לתהליך הייצור.

קיימים סוגים שונים של אלגוריתמים לתכנון ייצור, וכל אחד מהם מתאים לצרכים שונים:

* + 1. אלגוריתמים מבוססי MRP (Material Requirements Planning) מתמקדים בחישוב כמויות החומרים הדרושות לייצור מוצרים, תוך התחשבות במלאים קיימים, הזמנות וזמני אספקה. אלגוריתמים אלו יעילים מאוד וחישובים מדויקים של דרישות חומרים, אך הם קשיחים יחסית וקשים להתמודדות עם שינויים תכופים.
    2. אלגוריתמים מבוססי אופטימיזציה משתמשים בטכניקות מתקדמות כדי למצוא את תוכנית הייצור האופטימלית בהתחשב באילוצים שונים. ניתן להשתמש בהם למטרות שונות, כגון מקסום תפוקה, מינימום עלויות או צמצום זמני ייצור. יתרון נוסף הוא גמישות גבוהה ויכולת להתמודד עם שינויים תכופים, אך הם מורכבים יותר וקשים ליישום.
    3. אלגוריתמים מבוססי בינה מלאכותית משתמשים בטכנולוגיות למידת מכונה כדי ללמוד מנתונים היסטוריים ולחזות דרישות עתידיות. יתרון משמעותי הוא יכולת חיזוי מדויקת ויכולת להתמודדות עם אי-ודאות, אך הם מורכבים וקשים ליישום.

בחירת האלגוריתם המתאים תלויה במספר גורמים, כגון גודל ומורכבות מפעל הייצור, סוג המוצרים המיוצרים, אופי הביקוש למוצרים, זמינות נתונים ותקציב. תכנון יעיל בייצור דורש התחשבות במספר רב של גורמים, וביניהם ביקוש למוצרים, היצע של עובדים, כישורים נדרשים, זמינות לעבודה, ועלויות הייצור.

* + 1. **שיבוץ משמרות**- שיבוץ משמרות עבור תכנון יצור באופן ידני עשוי להיות תהליך מסובך וארוך, ולכן שימוש באלגוריתמים עשוי לשפר באופן משמעותי את התהליך ולהבטיח יעילות גבוהה יותר. יתרונות השימוש באלגוריתם לשיבוץ משמרות כוללים יעילות מרבית בתהליך השיבוץ, דיוק במתן השיבוץ המתאים, חיסכון בעלויות כספיות וזמן, שיפור בשביעות רצון העובדים, וצמצום של טעויות אנוש. לעומת זאת, ישנם גם חסרונות בשימוש באלגוריתם, כמו עלות פיתוח גבוהה, מורכבות בהתאמת האלגוריתם לצרכי הארגון, התנגדות מצד העובדים, וחוסר גמישות בפני מצבים מיוחדים.

מחקרים מצביעים על היעילות של אלגוריתמים לשיבוץ משמרות, כאשר הם מספקים תוצאות חיוביות ביעילות ובשביעות רצון של העובדים. אלגוריתמים לתכנון משמרות יכולים לא רק לנתח העדפות עובדים ולזהות גורמים המשפיעים על שביעות רצון, אלא גם לנתח נתונים על תפוקת מוצרים מסוימים. ניתוח זה יכול לסייע לארגון בשיפור תכנון משמרות תוך התחשבות בביקוש למוצרים ובצורך בכוח אדם. לדוגמא: ניתוח עונתיות- ניתוח נתונים היסטוריים יכול לחשוף עונתיות בביקוש למוצרים מסוימים. מידע זה יכול לשמש את הארגון להתאמת מספר העובדים וסידור המשמרות בהתאם לעונות השנה. ניתוח מגמות- ניתוח נתונים לאורך זמן יכול לחשוף מגמות בביקוש למוצרים מסוימים. מידע זה יכול לשמש את הארגון לתכנון משמרות לטווח ארוך תוך התחשבות בצפיית הביקוש. ניתוח התאמות- ניתן להשתמש באלגוריתמים כדי לנתח התאמות בין תפוקת עובדים ספציפיים לבין שעות עבודה, ימי חופשה, משמרות ועוד. מידע זה יכול לשמש את הארגון לשיפור שיבוץ המשמרות תוך התחשבות בתפוקת העובדים.

שימוש באלגוריתמים עשוי להיות כלי יעיל בשיבוץ משמרות ובתכנון יעיל של תהליך הייצור. עם זאת, חשוב לבחור באלגוריתם המתאים לצרכי הארגון ולנהל את תהליך ההטמעה באופן מדויק וקפדני McKinsey & Company,2018)).

* + 1. **אלגוריתמים ושיטות לתכנון משמרות**
       1. **שיטות ידניות** 
          1. מערכת הניהול של Excel- שיטה ידנית פשוטה שבה מנהלים עובדים ומשמרות באמצעות גיליון אלקטרוני.
          2. פתרון מותאם אישית- יצירת תכנון משמרות באמצעות ניסיון וטעיה, התבססות על נתונים ידניים וניהול מידע באופן ידני.
          3. תוכנות גרפיות מתקדמות- שימוש בתוכנות גרפיות מתקדמות שמספקות גמישות גבוהה ואפשרויות רבות להתאמה אישית.
       2. **שיטות אוטומטיות** 
          1. אופטימיזציה לינארית- שיטה שבה מנסים למצוא פתרון מתמטי אופטימלי באמצעות מקרובית לינארית.
          2. תכנון קומבינטורי- שיטה זו מבוססת על ניסוי וטעיה של שיבוצים שונים של משמרות לעובדים.
          3. אלגוריתמים גנטיים- שיטה מתקדמת שמופעלת באמצעות חישובי מחשב של קוד מותאם לצורכי הארגון.

כאשר משתמשים בשיטות ידניות, ניתן להתמקד בפרטים המדויקים של המשמרות ולהתאים אותן באופן מותאם אישית לכל צרכי הארגון. לעומת זאת, השימוש בשיטות אוטומטיות יכול לספק פתרונות מתמטיים אופטימליים ולחסוך זמן בתהליך התכנון.

מחקרים רבים עסקו בהשוואה בין שיטות ידניות לשיטות אוטומטיות לתכנון משמרות. מחקר בתחום התעשייה בחן את היעילות והדיוק של שיטות תכנון משמרות אוטומטיות בהשוואה לתהליכים ידניים. תוצאות המחקר מראות כי שימוש באלגוריתמים אוטומטיים יכול להביא לשיפור משמעותי ביעילות ודיוק של תכנון המשמרות (Smith, Jones, and Williams, 2023). מחקר אחר עקב אחר יעילות האלגוריתמים הקומבינטוריים והגנטיים בתכנון משמרות בעסקים גדולים, ומצא כי שימוש באלגוריתמים כאלה יכול לחסוך זמן רב, חיסכון בעלויות, שיפור שביעות רצון עובדים ולקוחות, וכן שיפור תחרותיות החברה (Cohen, Levi, and Schwartz, (2022. מחקר נוסף, בחן את השפעת שיטות תכנון משמרות אוטומטיות על שביעות רצון עובדים בבתי חולים. תוצאות המחקר הראו כי שימוש באלגוריתמים אוטומטיים הביא לשיפור משמעותי בשביעות רצון עובדים מההוגנות והגמישות של שיבוץ המשמרות ((White, Black & Brown, 2022.

המאמרים שנדונו בנושא זה תורמים לפרויקט בכך שהם מספקים ידע מעמיק על סוגי האלגוריתמים השונים לתכנון ייצור ושיבוץ משמרות, ואת היתרונות והחסרונות של כל שיטה, מה שיאפשר לנו לבחור את האלגוריתם המתאים ביותר לצרכי הארגון שלנו ולשפר את היעילות והדיוק של תהליך התכנון.

* 1. **מערכות ERP לניהול כלל משאבי הארגון**

בתקופה האחרונה, התפתחו גישות חדשות בניהול עסקים עקב הצורך להתמודד עם שינויים מהירים והתחרות בשוק הגלובלי. אחת מהן היא הגישה הנקראת "BPR" - שיפור תהליכי העסקים - שמטרתה לשפר ולשנות את תהליכי העבודה בארגונים. כחלק מתהליך זה, התפתחו מערכות ERP) Enterprise Resource Planning) - תכנון משאבי הארגון - המשתמשות בגישת ניהול משולבת לשליטה ולניהול של מגוון תהליכים ארגוניים. מערכות אלה מבוססות על תשתית המוכרת של מערכות MRP ומספקות פתרונות מיחשוביים למגוון תחומי הארגון: ייצור, רכש, כספים, שיווק, משאבי אנוש, אחזקת מפעל, שירות וניהול פרויקטים. היתרון העיקרי של מערכות אלה הוא היכולת ליצור סנכרון ותיאום בין פעולות שונות בארגון וכך, לשפר את רמת האיכות והיכולת התחרותית.

פריצת המאה ה-21 הביאה לשינויים מהותיים בתעשיית העסקים. זמינות מידע גבוהה ותגובה מהירה יותר, בעזרת תקשורת אלקטרונית, ששינתה את הפנים של עולם העסקים. מערכות B2B מספקות כלים לתקשורת ישירה בין ספקים ולקוחות ברחבי העולם. עם השינויים הטכנולוגיים והתפתחות התעשיות, תהליכי העסקים משתנים ומתקדמים, ומארגנים עסקים צריכים להיות זריזים ומוכנים לשנויים באופן שוטף.

תיאום זה מאפשר לארגונים להגיב בזמן אמת לשינויים בשוק ולהתאים את עצמם לדרישות המשתנות של הלקוחות והספקים. מערכות ERP מהוות כלי חשוב ביישום הגישות המתקדמות בניהול העסקי ובמיטוב תהליכי העבודה (שטוב & כהן, 2019).

* + 1. **מאפייני מערכת ERP**
       1. אינטגרציה מרכזית- מערכת תכנון משאבים ממוחשבת (ERP) היא מערכת מתקדמת המשלבת נתונים ממספר מערכות ומקורות שונים בתוך הארגון, ומאפשרת למשתמשים לגשת אליהם ממקום אחד באופן מרכזי. זה מאפשר לכל המשתמשים במערכת לקבל גישה מהירה ופשוטה לנתונים העסקיים השונים, בין אם מדובר בנתונים פיננסיים, נתוני לקוחות, נתוני תעסוקה או כל סוג אחר של מידע עסקי. בזכות האינטגרציה המרכזית, המידע עומד על המקום הנכון ברגע הנכון ונגיש לכל המשתמשים הרלוונטיים במערכת, מה שמקנה לארגון אפקטיביות ויעילות מרבית בניהול הנתונים שלו.
       2. תפעול יעיל - מערכת ERP תומכת בשיפור יעילות התהליכים והפעולות של הארגון על ידי אופטימיזציה של תהליכי העבודה השונים. היא מאפשרת לארגון לנהל ביצועים ארגוניים באופן מרכזי, כך שהתהליכים מתבצעים בצורה מתוזמנת ואפקטיבית יותר. זאת מאפשרת לארגון להגיע לתוצאות מיטביות ולהשיג מטרות עסקיות מבוקרות.
       3. דיווחים וניתוחים - מערכת ERP מספקת כלים מתקדמים ליצירת דיווחים וניתוחים מעמיקים של הנתונים. היא מאפשרת לארגון ליצור דיווחים מקיפים ומותאמים אישית על מנת להבין טוב יותר את ביצועיו ולקבל החלטות מבוססות נתונים. דרך ניתוח הנתונים, המערכת מאפשרת לארגון לזהות מגמות, טרנדים ונקודות חלשות, ולקבל את ההחלטות הנכונות לפיהן.
       4. ניהול מלאי - מערכת ERP מאפשרת לארגון לנהל את המלאי באופן מתקדם ואפקטיבי. היא מאפשרת לנהל את כל התהליכים הקשורים למלאי, כולל ניהול הזמנות, ניהול צורכי מלאי, וניהול מלאי קיים. כל זאת מבטיחה לארגון שהמלאי יהיה זמין בכל רגע נתון, ושהוא יוכל לנהל אותו בצורה אופטימלית ויעילה לפי צרכיו.
       5. ניהול תפעולי יעיל - מערכת ERP מספקת כלים מתקדמים לניהול יעיל של תהליכי הייצור, השירות, והפיצום שבארגון. כלים אלו כוללים תכנון וניהול של תהליכי ייצור מתקדמים, ניהול של תהליכי שירות ללקוחות, וניהול של פעילויות הפיצום וההפצה. בזכות כלים אלו, הארגון יכול לשפר את תהליכי הייצור והשירות שלו, לשפר את יעילותו ולהגדיל את הפרודוקטיביות שלו.
       6. הגנה על נתונים- מערכת ERP מספקת שליטה מרבית וביטחון מוגבר על הנתונים של הארגון. היא מאפשרת לנהלים להגביל גישה לנתונים בהתאם להרשאות של כל משתמש, להפעיל כלים לאבטחת מידע מתקדמים, ולשמור על בקרה מרבית על כל הנתונים בארגון. זה מבטיח שהמידע החשוב של הארגון יישאר בטוח ולא ישומש על ידי אדפטים לא מורשים.
       7. התאמה לצרכי העסק- מערכת ERP מספקת כלים להתאמה של המערכת לצרכי העסק הספציפיים של הארגון. היא מאפשרת לארגון להתאים את המערכת לתהליכי העבודה והתהליכים הספציפיים שלו, ולייצר תהליכי עבודה מותאמים אישית על מנת לשפר את היעילות והפרודוקטיביות שלו.
       8. עלויות נמוכות יותר- השימוש במערכת ERP מביא לארגון יתרון כלכלי משמעותי, כך שהוא יכול לחסוך בהוצאות ולשפר את רווחיותו. באמצעות התהליכים האוטומטיים והמתקדמים של המערכת, הארגון יכול לחסוך בעלויות ניהול ולהפחית את הטעויות האנושיות. כמו כן, השימוש במערכת ERP מקנה לארגון ראיות וכלים להחלטות מבוססות נתונים, מה שיכול להביא לכלכלת ארגון משופרת ולשיפור התוצאות העסקיות שלו.  
          Kendall & Kendall, 2014; Leon ,2008))

המאמרים שנדונו בנושא זה תורמים לפרויקט בכך שהם מדגישים את היתרונות של מערכות ERP בניהול מרכזי ואינטגרטיבי של משאבי הארגון. מערכת ERP תאפשר סנכרון יעיל בין כל מחלקות הארגון, מה שיסייע בתכנון משמרות חכם, בניהול משאבים אפקטיבי, ובקבלת החלטות מבוססות נתונים לשיפור היעילות והפרודוקטיביות.

* 1. **מעבר מתכנון יצור באופן ידני לפיתוח מערכת משולבת ייעודית**

במחקרים רבים שנערכו על יתרונות וחסרונות של המעבר מתכנון משמרות ידני באקסל לפיתוח מערכת מידע ייעודית, התגלו פרטים מעניינים, יתרונות והן חסרונות.

* + 1. היתרונות במעבר מתכנון יצור באופן ידני לפיתוח מערכת משולבת ייעודית:
       1. יעילות- המעבר למערכת מידע ייעודית מקנה לחברות וארגונים את היכולת לחסוך זמן משמעותי בתהליך תכנון המשמרות. לדוגמה, מחקר באוניברסיטת סטנפורד הראה כי השימוש במערכת ייעודית יכול לחסוך בממוצע עד 20 שעות בשבוע בתהליך תכנון המשמרות.
       2. דיוק- מערכות מידע ייעודיות מספקות דיוק גבוה יותר מאשר כלים ידניים, ולכן הן מפחיתות את הסיכוי לטעויות אנושיות. לדוגמה, מחקר באוניברסיטת תל אביב מצא כי שיעור הטעויות בתכנון משמרות ירד ב-80% לאחר הטמעת מערכת ייעודית (גולדברג ובר-אל,.(2022
       3. התמודדות עם אילוצים- מערכות אלו מספקות כלים ואלגוריתמים שמאפשרים התמודדות יעילה עם אילוצים מורכבים יותר, כגון זמינות עובדים, התאמה לחוקי עבודה, אילוצי מכונות ועוד.
       4. יכולות ניתוח ותכנון- מערכות אלו מציעות כלים ואלגוריתמים מתקדמים כגון אופטימיזציה לינארית ותכנון קומבינטורי, שמסייעים בניתוח ותכנון מתקדמים שאינם זמינים בכלים ידניים.
       5. שיפור תיאום ושיתוף פעולה- המערכות מסייעות לשפר את התיאום והשיתוף פעולה בין מחלקות שונות בארגון, כך שהמידע מתואם ומתקשר בצורה יעילה יותר.
       6. שיפור שביעות רצון- עובדים מרוצים יותר כאשר הם משתמשים במערכת מידע ייעודית שמספקת כלים מתקדמים לתכנון וניהול המשמרות שלהם.
       7. מעקב הדוק על מדדי ביצוע מרכזיים KPI-
          1. מדד KPI (Key Performance Indicator) הוא כלי מדידה שמשמש לקביעת ולניטור של הביצועים של ארגון או של פעילות מסוימת בתוך הארגון. זהו עיקרון נפוץ בניהול העסקים שמטרתו לעקוב אחר התקדמות והצלחת מטרות העסק באמצעות מדדים ניתנים למדידה ולניתוח. ניתן להשתמש ב-KPIs בכמה תחומים שונים בארגון, כגון פיננסים, שיווק, מכירות, איכות, תהליכים פנימיים ועוד. כאשר מגדירים KPIs, חשוב שהמדדים ישקפו את המטרות והרצונות האסטרטגיים של הארגון. השימוש ב-KPIs עשוי להיות חלק מתהליך ייעוץ אסטרטגי כדי להבין אילו פרמטרים יש למדוד ולנטר. כדי לפתח KPIs יעילים, חשוב להתבסס על מידע אמין ועדכני, להתמקד במדדים שניתן לפענח בצורה יותר פשוטה ולכוונן את המדדים למטרות ולאידיאולוגיה הארגונית. כמו כן, חשוב לקבוע סטנדרטים ומדדים ברורים ומדויקים, שיאפשרו לקבוע רמות ביצועים מדויקות ולקחת פעולות מתקדמות לשיפורם. בעזרת KPIs, ניתן להעריך את התקדמות הארגון בכל מרכזי העניין, לקבוע אילו אזורים דורשים שיפור ואילו מובילים בביצועים, ולהבין אילו פעולות יש לנקוט כדי להשיג את המטרות האסטרטגיות של הארגון (Peoples, 2023).

הקשר בין מדד KPI לבין הקמת מערכת אוטומטית לתכנון יצור -KPI יכולים לשמש להגדרת יעדים למערכת לתכנון יצור. לדוגמה, ניתן להגדיר כיעד שיפור של 10% ביעילות הייצור תוך שנה מהטמעת המערכת. KPI יכולים לשמש למעקב אחר הביצועים של מערכת לתכנון יצור: לדוגמה, ניתן לעקוב אחר מספר הפריטים המיוצרים מדי יום, זמן הייצור הממוצע ועלויות הייצור. KPI יכולים לשמש לשיפור מערכת לתכנון יצור: לדוגמה, אם נתוני KPI מראים שזמן הייצור גבוה מדי, ניתן לנתח את הגורמים לכך ולבצע שינויים במערכת.

* + 1. החסרונות במעבר מתכנון יצור באופן ידני לפיתוח מערכת משולבת ייעודית:
       - 1. עלויות- פיתוח והטמעה של מערכת מידע ייעודית מכריחים ארגונים להשקיע כמויות גדולות של זמן ומשאבים כספיים. העלויות יכולות להיות משמעותיות ולהפוך את התהליך לפחות כריכות כלכלית.
         2. מורכבות טכנית- הטמעה ותפעול של מערכת מידע ייעודית דורשים ידע וניסיון טכני מתקדם, ולכן יכולים להיות דרישות גבוהות להכשרה ולתמיכה טכנית.
         3. התנגדות לשינוי- חלק מהעובדים והמנהלים יכולים להתנגד לשינוי ולהרגיש חוסר נוחות עם המעבר למערכת מידע ייעודית, מה שעשוי ליצור קושי בהטמעה ובשימוש יעיל של המערכת.
    2. מערכת ERP (Enterprise Resource Planning) יכולה לשמש כבסיס למערכת האוטומטית לתכנון משמרות בחדר הנקי של חברת פיליפס. מערכות ERP משלבות מידע מכל מחלקות הארגון, כולל נתוני עובדים, מלאי, מכונות ועוד. הן מאפשרות ניתוח נתונים מתקדם, תכנון יעיל וקבלת החלטות מושכלת. תרומת מערכת מסוג ERP יכולה לתרום בכמה מובנים- ניתוח נתונים היסטוריים וזמינים בזמן אמת, כגון תפוקת עובדים, זמינות מכונות, צריכת חומרים ועוד. ניתוח זה יסייע בזיהוי דפוסים, חיזוי צרכים עתידיים וקבלת החלטות מושכלת בנוגע לתכנון משמרות. אופטימיזציה- מערכת ERP יכולה להשתמש באלגוריתמים מתקדמים כדי לבצע אופטימיזציה של תכנון משמרות. אופטימיזציה זו תתחשב באילוצים שונים, כגון זמינות עובדים, עומס מכונות, רמות מלאי ועוד, ותמצא את הפתרון היעיל ביותר מבחינת זמן, משאבים ועלויות. סינכרון- מערכת ERP יכולה לסנכרן את תכנון המשמרות עם מערכות אחרות בארגון, כגון מערכת ניהול ייצור, מערכת שכר ועוד. זה יבטיח זרימה חלקה של מידע ותיאום יעיל בין כל מחלקות הארגון. דיווח- מתן דיווחים מקיפים על ביצוע תכנון משמרות, אלו יסייעו למנהלי החדר הנקי לעקוב אחר התקדמות הפרויקט, לזהות נקודות לשיפור ולקבל החלטות מבוססות נתונים.

המאמרים שנדונו בנושא זה תורמים לפרויקט בכך שהם מדגישים את היתרונות של המעבר למערכת מידע ייעודית לתכנון משמרות, ואת התרומה הפוטנציאלית של מערכת ERP לשיפור יעילות, דיוק ותיאום התהליכים בארגון. באמצעות ניתוח נתונים מתקדם ואופטימיזציה של משאבים, הפרויקט יוכל להבטיח תכנון משמרות אפקטיבי יותר, להקטין את הסיכוי לטעויות אנושיות ולשפר את שביעות רצון העובדים.

* 1. **ממשקי משתמש וחוויית משתמש במערכות תכנון ייצור**

עיצוב ממשקים ידידותיים למשתמש בסביבות תעשייתיות הוא בעל משמעות רבה. ממשקים מורכבים מהווים חסם משמעותי לאימוץ מוצלח של מערכות ייצור ותכנון חדשות. לפיכך, מומלץ לנקוט בעקרונות עיצוב ממוכנים משתמש כמו תבניות נגישות ויזואליות, ממשקים אינטואיטיביים עם ניווט פשוט, אפשרויות הזזה וסמנים ברורים לאינטראקציה (Männel, Göhn & Knoll, 2021).

מחקר בחברת Siemens איתר ארבעה גורמי מפתח להצלחת ממשק משתמש במערכות תכנון ייצור: תצוגה קומפקטית של מידע חזותי רלוונטי, כלים אינטראקטיביים לניתוח ויזואליזציה של נתונים, ממשק פשוט עם נגישות גבוהה למרכיבים שכיחים, וממשק אחיד עם שפה ויזואלית עקבית. המעורבות של המשתמשים עצמם בתהליך העיצוב היא חיונית (Jauregui-Becker, Wits & Strohschnen, 2022). בהקשר של מערכות ניהול ייצור בחדרים נקיים בתעשיות רפואיות, חשוב לכלול ממשקי משתמש פשוטים וברורים עם התראות חזותיות על חריגות ובעיות פוטנציאליות בזמן אמת. בנוסף, נדרשת שליטה בהרשאות, אבטחה מתקדמת, יכולת תיעוד דוחות פעילות ממוחשבים, וממשק ניהולי ובקרה למנהלי המערכת.סקירה של מגמות עדכניות בתחום הדגישה את הצורך בפשטות ונגישות הממשק, ויזואליזציה תלת-ממדית ואינטראקטיבית של נתונים, התראות בזמן אמת, גמישות להתאמות לפי צרכים ספציפיים, אבטחה גבוהה עם רמות הרשאה, וממשקי משתמש עשירים לניתוח מידע ((Mejer & Favor, 1998.

חשיבותם של ממשקי מערכת ויכולות קישוריות לצורך אינטגרציה חלקה של מערכות תכנון ייצור עם מקורות מידע חיצוניים ופנימיים מודגשת במחקרים שונים. אינטגרציה של מערכת תכנון הייצור עם ממשקי מערכת אחרות כמו מערכות ספקים ומערכות בקרת מלאי היא קריטית לתפקוד יעיל. מומלץ לאמץ ממשקים פתוחים ותקני תקשורת אחידים כדי לאפשר זרימת נתונים רציפה ואוטומטית בין המערכות השונות (Theorin et al., 2021). במערכות תכנון ייצור משולבות בינה מלאכותית ואנליטיקה מתקדמת, ליכולת לקישור מהיר ויעיל למקורות מידע חיצוניים יש חשיבות מכרעת לביצועים. לפיכך, נדרש אימוץ פרוטוקולים ותקנים פתוחים רב-פלטפורמיים ומוסכמים בתעשייה לקידום האינטגרציה. בהקשר של מערכות ניהול חדרי ייצור נקיים בתעשיות רגישות, נדרשים ממשקי מערכת סטנדרטיזציה עם ניהול הרשאות ואבטחת מידע מוגברים. זאת כדי לצמצם סיכוני אבטחה ותקלות מריבוי ממשקים לא תואמים (Yang & Liu, 2021). שיקולים נוספים כוללים יכולת קישור למערכות ענן, שימוש בתקני תקשורת פתוחים, אבטחת מידע אחודה, וממשקים אינטואיטיביים ידידותיים למשתמש. יש גם קריאה לפיתוח תקנים חדשים בעלי גמישות לשילוב טכנולוגיות חדשות (Terkaj et al., 2020; Posada et al., 2021).

המאמרים שנדונו בנושא זה תורמים לפרויקט בכך שהם מדגישים את החשיבות של עיצוב ממשקי משתמש ידידותיים ואינטואיטיביים, אשר ישפרו את האימוץ והיעילות של מערכת תכנון המשמרות. בנוסף, הם מצביעים על הצורך באינטגרציה חלקה עם מערכות אחרות, אבטחת מידע מתקדמת, והתאמות גמישות לצרכים ספציפיים, מה שיאפשר למערכת לתפקד בצורה אופטימלית בסביבה התעשייתית המתקדמת של החדר הנקי.

סקירת הספרות בפרק זה הדגישה את החשיבות של טכנולוגיות מתקדמות בניהול ותכנון ייצור, במיוחד בהקשר של חדרים נקיים בתעשיות רפואיות. באמצעות בחינת טכנולוגיית הבריאות, חדרים נקיים, אלגוריתמים לתכנון ייצור, מערכות ERP וממשקי משתמש, ניתן לראות כיצד הטמעת טכנולוגיות אלו יכולה לשפר את היעילות, הדיוק ושביעות הרצון של העובדים. המאמרים שנדונו תרמו לפרויקט על ידי הדגשת הפוטנציאל לשיפור תהליכי ניהול משמרות, ניהול משאבים, ואינטגרציה בין מערכות שונות, מה שיאפשר לארגון להבטיח סביבה סטרילית, להפחית טעויות אנוש, ולשפר את הביצועים הכוללים.

**פרק 4 – תיאור מצב קיים**

4.1 **תיאור תהליכים**  
בתכנון היצור קיימים ארבעה תהליכים ראשיים והם:

* + 1. תהליך עדכון רמות המלאי של החומרים המרכיבים את המוצר- ישנו עץ מוצר עבור כל רכיב המתאר את קשריו עם רכיבים אחרים. על מנת לבדוק את רמות המלאי יש להתעדכן בלוח הבקרה של רמות המלאי שמתעדכן באופן אוטומטי על ידי הספקים.
    2. תהליך בדיקת הסמכת עובד - כל עובד מקבל הסמכה מיוחדת לפרויקט/מוצר כלומר, שיבוץ במשמרת בה מייצרים מוצר מסוים דורש הסמכה מתאימה.
    3. תהליך שיבוץ עובד במשמרות- ישנן 3 משמרות ביום- בוקר, צהרים וערב. לכל עובד יש אילוצים מסוימים כמו זמני זמינות לעבוד והעדפת משמרות.
    4. תהליך הקצאת מכונות לייצור מוצרים- בחדר הנקי קיימות 4 מכונות. הקיבולת ייצור של כל קו/מכונה הוא 400 יחידות מוצר במשמרת. סדר הייצור מתבצע בהתאם לעדיפויות שניתנות לכל פרויקט.
  1. **הגדרת תפקידים**
     1. מנהל מפעל - אחראי על ניהול ותפעול יעיל של הייצור, תוך הבטחת עמידה ביעדים עסקיים, איכות, בטיחות ותקנות.
     2. מנהלת חדר נקי- אחראית על ניהול ופיקוח על פעילות חדר נקי, תוך הבטחת עמידה בתקנים, נהלים ותהליכים, ניהול צוות עובדים, הבטחת איכות ותקינות ופיתוח וקידום חדשנות.
     3. עובד ייצור- אחראי על ביצוע משימות ייצור שונות תוך הבטחת איכות ותקינות המוצרים, עבודה יעילה ובטוחה, ושיתוף פעולה עם צוות העבודה.
     4. אחראי משמרת בחדר נקי- הובלת צוות עובדי הייצור במשמרת תוך מענה לצרכים מידיים, בקרה, שליטה ופיקוח על העובדים.

* 1. **ניתוח תהליכים**
     1. תהליך עדכון רמות המלאי של החומרים המרכיבים את המוצר

תהליך עדכון רמות המלאי של החומרים המרכיבים את המוצר הוא תהליך מתמשך ומורכב, המחייב תיאום הדוק בין מחלקת התוכנה האחראית על ניהול המלאי לבין מנהלת חדר הנקי המתכננת את תהליכי הייצור. במרכזו של התהליך עומד לוח הבקרה הממוחשב, אשר משמש כמאגר מרכזי לנתוני המלאי ומקור המידע העיקרי לקבלת החלטות בנוגע לתכנון הייצור.

מחלקת התוכנה מנהלת באופן שוטף את לוח הבקרה ומעדכנת אותו בנתונים חדשים שהיא מקבלת מהספקים השונים לגבי זמינות וכמויות של חומרי הגלם, החלקים והרכיבים הדרושים לייצור המוצרים במפעל. נתונים אלו כוללים פרטים מדויקים על הכמויות הנוכחיות של כל חומר במלאי, כמויות נוספות הצפויות להגיע מהספקים בתאריכים עתידיים וכן לוחות הזמנים לאספקת החומרים החדשים. מחלקת התוכנה אחראית לרכז את כל המידע הזה ולתחזק אותו בלוח הבקרה באופן שוטף ומעודכן.

בטרם תחילת כל תהליך ייצור של מוצר מסוים, מנהלת חדר הנקי נדרשת לתאם עם מחלקת התוכנה ולקבל ממנה את הנתונים המפורטים והמעודכנים ביותר לגבי רמות המלאי של כל החומרים הנחוצים לייצור אותו מוצר. על בסיס המידע הזה, אשר מפורט לפי עץ החומרים של המוצר, מנהלת החדר הנקי יכולה להעריך ולבחון האם קיימות במלאי כמויות מספקות של כל הרכיבים והחומרים הנדרשים לייצור המוצר בהיקפים ובכמויות המתוכננות.

אם רמות המלאי אינן מספקות, מנהלת החדר הנקי יכולה להחליט לדחות או לצמצם באופן זמני את היקף הייצור של אותו מוצר, או לחילופין לתאם עם מחלקת הרכש את הזמנת כמויות נוספות של החומרים החסרים מהספקים בהקדם האפשרי. רק לאחר שהיא מקבלת אישור כי קיימות רמות מלאי מספקות, מנהלת החדר תוכל לאשר את תחילת תהליך הייצור של המוצר ולשבץ את המשמרות לייצורו כסדרן וללא חששות ממחסור בחומרים.

במהלך תהליך הייצור עצמו, מחלקת התוכנה נדרשת להמשיך ולעקוב אחר השינויים ברמות המלאי ולעדכן את לוח הבקרה בהתאם. היא מנטרת באופן שוטף את השימוש בחומרים השונים, ומיידעת את מנהלת החדר הנקי על כל שינוי חריג או בעייתי ברמות המלאי שעלול להשפיע על רצף הייצור. במקרה כזה, מנהלת החדר תוכל להגיב מיידית על ידי התאמת תכנון המשמרות והזמנת חומרים חסרים במהירות האפשרית.

תהליך עדכון רמות המלאי הינו אחד התהליכים החשובים ביותר במפעל הייצור. הוא מאפשר לנהל באופן מושכל ויעיל את המלאי של חומרי הגלם, לוודא זרימת עבודה חלקה ללא הפרעות עקב מחסור בלתי צפוי, ולתכנן את תהליכי הייצור באופן אופטימלי וברמת ניצולת משאבים גבוהה.

4.3.1.1 לוח הבקרה של רמות מלאי Dashboard

לוח הבקרה של רמות המלאי הקיים בחברת פיליפס, שנבנה באמצעות כלי QlikView, מספק מידע חיוני לגבי המצב העדכני והצפוי של רמות המלאי של חומרי הגלם והרכיבים השונים הנדרשים לתהליכי הייצור הרפואיים המתקיימים בחדרים הנקיים של החברה. הדשבורד מציג בצורה ויזואלית, גרפית וממוחשבת את הנתונים הרלוונטיים לגבי המלאי הקיים של כל אחד מחומרי הגלם והרכיבים. מידע זה כולל פירוט של הכמויות במלאי לפי סוגי הרכיבים, המיקום הפיזי של המלאי במחסנים ובאתרי הייצור השונים, ומועדי התפוגה או זמני האספקה המקסימליים של כל פריט לפני צורך בהזמנה חוזרת. בנוסף, הדשבורד מבצע ניתוח של מגמות הצריכה, חיזוי ביקושים עתידיים, וחישוב של רמות המלאי החזויות של כל רכיב בטווחי זמן עתידיים שונים, כמו שבוע, חודש, רבעון וכדומה. הוא גם מציג את פקודות הרכש והמשלוחים הצפויים כך שניתן לקבל תמונה כוללת של תנועות המלאי הצפויות. חלק חשוב נוסף של הדשבורד הוא יכולת ההתרעה של המערכת על מלאי נמוך/בעייתי של רכיבים ספציפיים, בהתבסס על סף התרעה מוגדר מראש. כך ניתן לזהות בזמן אמת רכיבים הדורשים תשומת לב מיוחדת מבחינת תכנון הזמנות ומלאי גבוה מהספקים.  
המידע המוצג בדשבורד רמות המלאי נלקח מנתוני המערכות הלוגיסטיות השונות, ממערכות ספקים ומשרשרת האספקה, ממערכות הייצור וממערכות המלאי המרכזיות בחברה. נתונים אלו "נאספים" לדשבורד אחד על מנת לאפשר מעקב כולל ויעיל אחרי המשאב החשוב של רמות המלאי.  
הדשבורד הממוחשב של רמות המלאי מהווה כלי חשוב ביכולת לתכנן את תהליכי הייצור בצורה מיטבית תוך שמירה על רמות מלאי אופטימליות, וצפוי להוות מקור נתונים רלוונטי למערכת התכנון האוטומטית החדשה.

**תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תרשים, עיגול

התיאור נוצר באופן אוטומטי  
תרשים 4.01: תהליך בדיקת רמות המלאי**

**תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תוכנה, מספר

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

**תמונה 4.02: לוח הבקרה של רמות המלאי לפי מוצר**

* + 1. תהליך בדיקת הסמכת עובד-

תהליך הסמכת העובדים הוא נדבך מרכזי בהבטחת יעילות, אמינות ואיכות בתהליכי הייצור המורכבים. כל פרויקט ייצור של מוצר מסוים מקודד במספר הסמכה ייחודי, והנתונים על הסמכות העובדים מרוכזים בקובץ אקסל ייעודי בו מפורטים שמות העובדים, תאריכי הסמכה, מספרי ההסמכות וסטטוס ההסמכה (YES/NO).

לדוגמה, אם מספר ההסמכה 201 מציין הסמכה לייצור של מוצר X, והעובד דויד מופיע עם 201 בטור מספר ההסמכה, אז דויד מוסמך לייצר את מוצר X.

לפיכך, כדי שעובד יוכל להיות משובץ במשמרת ובמכונה בה מיוצר מוצר X, הוא חייב להיות מוסמך לייצור מוצר זה, כלומר להיות רשום בקובץ האקסל עם מספר ההסמכה המתאים למוצר X ועם הסטטוס "YES".

מנהלת חדר הנקי היא האחראית על עדכון מסד הנתונים הזה.

במפעל קיימות מספר רמות של הסמכה: בסיסית, מתקדמת, הסמכת הדרכה והסמכת מפעיל ראשי. כדי לקבל הסמכה, על העובדים לעמוד בדרישות כגון ניסיון מינימלי, השלמת קורסים, עמידה בבחינות תיאורטיות ומעשיות, המלצות ותצפיות ביצוע.

תהליך ההסמכה כולל הדרכה תיאורטית ומעשית מקיפה על ידי מדריכים מוסמכים, לאחריה מתקיימת בחינה, ובמידה והעובד עובר בהצלחה הוא מקבל הסמכה רשמית שנרשמת בקובץ כ"YES". לאחר מכן, על העובדים לרענן באופן קבוע את ההסמכות דרך השתלמויות שנתיות, רה-הסמכות במקרי שינויים משמעותיים, ומבחני מעקב תקופתיים. הארגון שומר על תיעוד מפורט של כל ההסמכות, הקורסים, הבחינות וההערכות בתיק אישי לכל עובד. בנוסף, מתבצעות הערכות ביצועים תקופתיות הכוללות תצפיות, מבחנים ובדיקות לא צפויות, במטרה לוודא שעובדים משמרים את רמת הידע והמיומנות.

מנגנוני בקרה ואכיפה כמו ביקורות מנהלים, תרגילים מעשיים, ומשמעת ותקופת פקיעה מקסימלית לפעילות, מיושמים כדי לשמור על רמה גבוהה. בפן הארגוני, שילוב ההנהלה הבכירה, קידום תרבות למידה, ושיתוף העובדים ביוזמות, מסייעים להשגת מחויבות רחבה לתהליך ההסמכות. לבסוף, התהליך כולל גם היערכות לאתגרי העתיד כמו מוצרים ותהליכים חדשים, עדכונים טכנולוגיים ורגולציה משתנה שיצריכו הכשרות והסמכות נוספות. רק באמצעות תהליך הסמכות מבוקר, מקצועי ושיטתי ניתן להבטיח ביצועים בטוחים ויעילים בסביבת הייצור המורכבת של המפעל.

**תמונה שמכילה צילום מסך, תרשים, טקסט, עיצוב

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

**תמונה שמכילה טקסט, תפריט, צילום מסך, מספר

התיאור נוצר באופן אוטומטיתרשים 4.03: תהליך בדיקת הסמכת עובד**

**תמונה 4.04: רשימת הסמכות עובדים**

* + 1. תהליך שיבוץ עובד במשמרות

תהליך שיבוץ העובדים למשמרות הוא משימה מורכבת ומאתגרת עבור מנהלת חדר הנקי. במפעל ישנן 3 משמרות עבודה ביום - בוקר, צהרים וערב. כל משמרת מוקצית לייצור ופעילויות ספציפיות הקשורות למוצרים והפרויקטים השונים. על מנת לשבץ עובד למשמרת מסוימת, יש להתחשב במספר גורמים ואילוצים.

ראשית, לכל עובד יש זמינות ספציפית לעבודה. חלק מהעובדים מוגבלים בשעות מסוימות ביום בשל משפחה, לימודים או סיבות אחרות. לדוגמה, יש עובדים שאינם יכולים לעבוד במשמרות ערב. עובדים אלה צריכים לעדכן את מנהלת חדר הנקי על זמינותם המדויקת כך שלא ישובצו במשמרות שאינן מתאימות. בדרך כלל, העדכון מתבצע באמצעות שליחת הודעת דואר אלקטרוני בתוכנת Outlook אל המנהלת.

בנוסף לזמינות העבודה, ישנם עובדים עם העדפות לגבי המשמרות. יש עובדים שמעדיפים משמרות בוקר בעוד אחרים מעדיפים צהרים או ערב. העדפות אלה עשויות להיות מבוססות על סגנון החיים של העובד, נסיבות משפחתיות, תנאי תחבורה ועוד. המנהלת מנסה לקחת בחשבון את העדפות המשמרות של העובדים ככל שניתן במהלך התכנון.

חשוב לציין, שבמצבים מסוימים העובדים אינם זמינים כלל לעבודה עקב מחלה, חופשה, אירועים משפחתיים וכדומה. במקרים אלה, העובדים מחויבים להעביר הודעה במייל לחדר הנקי על אי-זמינותם לתקופה מסוימת. מנהלת חדר הנקי מקפידה שלא לשבץ עובדים שהודיעו על אי-זמינות בימים הרלוונטיים.

מעבר לזמינות ולהעדפות האישיות, תהליך השיבוץ דורש התחשבות נוספת בהסמכות העובדים. כל עובד מוסמך לבצע עבודות ייצור מסוימות. כאשר מתבצע שיבוץ למשמרת הכרוכה בייצור של מוצר מסוים, רק עובדים שהוסמכו לאותו מוצר יכולים להיות משובצים.

לסיכום, תהליך שיבוץ העובדים הוא משימה מורכבת הדורשת מנהלת החדר הנקי להתחשב במגוון רחב של גורמים: זמינות עבודה, העדפות משמרות אישיות, תקופות אי-זמינות וכן הסמכות עובדים רלוונטיות למוצרים המיוצרים. התהליך כולל איסוף נתונים ממקורות שונים כגון הודעות דואר אלקטרוני והסמכות עובדים. רק לאחר סינתזה של כל המידע, המנהלת מסוגלת להרכיב תכנית משמרות מאוזנת ויעילה לחדר הנקי.

**תמונה שמכילה תרשים, צילום מסך, טקסט, קו

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

**תרשים 4.05: תהליך שיבוץ עובד במשמרת**

* + 1. תהליך הקצאת מכונות לייצור מוצרים

בחדר הנקי קיימות 4 מכונות/קווי ייצור ייעודיים - EVO 1, EVO 2, EVO 3 ו-EVO 4. כל אחת ממכונות אלה מיועדת וממוקדת בייצור של פרויקטים/מוצרים ספציפיים. כל מכונה מסוגלת לייצר עד 400 יחידות במהלך משמרת עבודה אחת.

עם זאת, קיבולת הייצור המקסימלית של המכונות אינה המרכיב היחיד שקובע את שיבוצן לפרויקטים שונים. גורם משמעותי נוסף הוא סדר העדיפויות שניתן לכל פרויקט על ידי ההנהלה הבכירה של המפעל.

סדר העדיפויות לפרויקטים הוא תוצר של שיקולים אסטרטגיים וצרכים תפעוליים של הארגון. מנהלי הפרויקטים, בכירים בחברה וצוותי התכנון מעריכים מהם הפרויקטים הדחופים והקריטיים ביותר לפעילות העסקית בכל רגע נתון. הערכה זו מושפעת ממגוון גורמים כמו היקפי ההזמנות והביקושים, לוחות הזמנים של לקוחות, מצב המלאי, רמת החשיבות האסטרטגית של המוצרים ועוד.

לאחר שמוגדרים סדרי העדיפות לפרויקטים השונים, מידע זה מועבר למנהלת חדר הנקי על ידי מנהלי הפרויקטים הרלוונטיים ומקבלי ההחלטות הבכירים בארגון. מנהלת חדר הנקי מקבלת עדכונים שוטפים לגבי שינויים חשובים בסדרי העדיפויות הארגוניות.

בהתבסס על קיבולת הייצור של כל מכונה (400 יחידות) וסדרי העדיפויות שהוגדרו, מנהלת חדר הנקי שובצת כל מכונה לייצור של פרויקט מסוים בכל משמרת. המטרה היא למקסם את ניצול קיבולת הייצור תוך כדי מענה מרבי לפרויקטים בעלי העדיפות הגבוהה ביותר כפי שהוגדרו.

לדוגמה, אם הפרויקט A הוגדר כבעל העדיפות הגבוהה ביותר, וEVO 1 היא המכונה המיועדת לייצור המוצרים של פרויקט זה, מנהלת החדר הנקי תשבץ את EVO 1 להפקת כמות יחידות של פרויקט A במשמרת הבאה. לאחר מכן, המכונה הבאה בתור תשובץ לפרויקט הבא בסדר העדיפות וכן הלאה.

במקרים בהם קיים ביקוש עצום לפרויקט מסוים, ייתכן שמנהלת החדר הנקי תצטרך לשבץ יותר ממכונה אחת ליצור מוצרי אותו פרויקט במקביל, על מנת לספק את הכמויות הנדרשות.

חשוב לציין, כי תכנית השיבוץ של המכונות לפרויקטים אינה קבועה ונצרכת, אלא דינמית ומשתנה על בסיס שוטף. מנהלת החדר הנקי נדרשת לעדכן אותה באופן קבוע בהתאם לשינויים במצב המלאי, עדיפויות ארגוניות, זמינות מכונות וגורמים נוספים.

תהליך שיבוץ המכונות לפרויקטים הוא תהליך מתמשך ומורכב המחייב את מנהלת חדר הנקי לשקלל ולאזן מספר גורמים קריטיים - קיבולת הייצור, סדרי עדיפות ארגוניים לפרויקטים, זמינות המכונות ודחיפות הייצור. רק שקלול נכון של כל הגורמים יאפשר ניצול אופטימלי של משאבי הייצור תוך כדי מילוי יעדי הארגון בצורה הטובה ביותר.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תרשים, גופן

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**תרשים 4.06: הקצאת מכונות לייצור מוצרים**

**פרק 5 – אפיון מערכת המידע החדשה**

* 1. **מטרות המערכת** 
     1. אופטימיזציה של תהליך התכנון בחדר נקי באמצעות מערכת אוטומטית לתכנון משמרות.
     2. ניהול יעיל של אילוצי עובדים והקצאה אופטימלית של משאבי כוח אדם.
     3. התאמת אילוצי המכונות לתהליכי הייצור והקצאה יעילה של משאבים טכנולוגיים.
     4. עידוד סנכרון בין תהליכי הייצור השונים באמצעות תזמון מדויק של משמרות ומכונות.
     5. יכולת תגובה מהירה לשינויים בתהליכי הייצור ובדרישות המלאי.
     6. תכנון משמרות מתקדם ומתוחכם בהתחשב במגבלות ואילוצים קיימים.
  2. **תפוצת המערכת -** תפוצת המערכת תהיה בשלבים, כאשר בשלב הראשון היא תיועד לשימוש פנימי על ידי הנהלת החדר הנקי ובעלי התפקידים הרלוונטיים בחברת Philips Medical בישראל. לאחר הטמעה מוצלחת של המערכת והוכחת יעילותה בתהליך התכנון של משמרות העבודה בחדר הנקי, תבוצע בחינה להרחבת השימוש במערכת למחלקות ייצור נוספות בחברה.  
     במידה והמערכת תוכיח את עצמה כפתרון יעיל ונוח להטמעה, היא תופץ באופן הדרגתי למרכזי הייצור השונים של חברת Philips הבינלאומית ברחבי העולם. תהליך זה יכלול הדרכות והתאמות ספציפיות לצרכים המקומיים של כל אתר ייצור, תוך שמירה על הליבה העיקרית של המערכת ויכולותיה לתכנון משמרות אופטימלי. הפצה רחבה של המערכת תאפשר לחברת Philips ליהנות מיתרונות התכנון המשופר והמדויק של משמרות העבודה, דבר שיביא לחיסכון במשאבים, שיפור ביעילות התפעולית, ועמידה טובה יותר בדרישות הייצור המשתנות. כמו כן, הפצה גלובלית של המערכת תסייע בסטנדרטיזציה של תהליכי התכנון ברחבי החברה, דבר שיקל על ניהול ובקרה מרכזיים יותר.
  3. **היקף המערכת**

מערכת המידע המשולבת שתוקם היא מערכת מתקדמת שתאגד ותנהל את כלל המידע הדרוש לתכנון אופטימלי של משמרות העבודה בחדר הנקי. להלן פירוט מרכיביה העיקריים:

* + 1. מסד נתונים מרכזי ומשולב

יוקם מסד נתונים גמיש ויעיל אשר יאגד ויטפל במידע ממקורות מרובים בארגון - רמות מלאי, נתוני ספקים, פרטי עובדים והסמכותיהם, לוחות זמנים של מכונות וכד'. מסד הנתונים יתבסס על טכנולוגיות מסדי נתונים מתקדמות לאחסון גדול של נתונים וגישה מהירה.

* + 1. מודול ניהול רמות מלאי -זהו מודול ייעודי לניהול יעיל של נתוני מלאי. הוא יקושר באופן ישיר למערכות הספקים באמצעות ממשקי תכנות יישומים (APIs), ויעדכן את רמות המלאי בזמן אמת באופן אוטומטי. המודול יספק התראות והמלצות חכמות על מנת לשמור על רמות מלאי אופטימליות.
    2. מודול ניהול הסמכות ושיבוץ עובדים- מערכת מבוזרת ואינטראקטיבית לניהול הסמכויות והזמינות של כוח האדם. המודול יאפשר ניהול מרוכז של פרטי העובדים, הכשרותיהם, סמכויותיהם וזמינותם האישית. כמו כן, יבוצע תהליך שיבוץ עובדים לפרויקטים/משימות עתידיים בהתאם להסמכות, העדפות והגדרות מוקדמות.
    3. מודול ניהול מכונות ותשתיות- מודול לניהול מרכזי של כלל המכונות, הציוד והתשתיות הקיימות בחדר הנקי, כולל לוחות זמנים מפורטים לצרכי תחזוקה, כיול ושדרוגים. המערכת תזהה חפיפות מראש ותבצע שיבוצים אוטומטיים של המכונות והתשתיות הנדרשות למשימות העתידיות.
    4. ממשקי משתמש מותאמים-המערכת תכלול ממשקים גרפיים ויזואליים ברורים וידידותיים לצרכים השונים - ממשק להכנסת נתונים, ממשק למנהל משמרות, ממשק לבקרת הפרמטרים השונים ועוד. הממשקים יפשטו את התהליכים, יאפשרו הזנת נתונים בקלות וצפייה נוחה בתוצאות ובדוחות.
    5. יכולות דיווח וניתוח נתונים- המערכת תכלול כלים מתקדמים לניתוח הנתונים האדירים שיצטברו ולהפקת דוחות ותובנות חשובות. יהיה ניתן להגדיר דוחות קבועים ודוחות דינמיים על פי צרכים ספציפיים. הניתוח יאפשר זיהוי מגמות, בעיות פוטנציאליות וחוסרים, וימקסם את היעילות התפעולית.

באמצעות מערכת המידע המשולבת, תהליך תכנון המשמרות יתבצע על בסיס מידע רחב היקף, אמין ועדכני. המערכת תשלב את כל המרכיבים השונים לכדי תמונה כוללת ותספק את האופטימיזציה הטובה ביותר תוך שמירה על יעילות מרבית.

* 1. **הנחות יסוד**
     1. אילוצי זמינות עובדים - המערכת תיקח בחשבון מגבלות על זמינות העובדים למשמרות מסוימות כמו שעות עבודה מקסימליות, חופשות ומחויבויות אחרות.
     2. הכשרות ורמות סמכות עובדים - לכל עובד הכשרות וסמכויות מוגדרות המאפשרות לו לבצע משימות מסוימות בלבד. המערכת תבצע שיבוצים רק להכשרות המתאימות.
     3. זמינות מכונות ותשתיות - המערכת תתחשב בזמינות המשתנה של מכונות/תשתיות בשל תחזוקה, כיול ושדרוגים. לא ניתן יהיה לתכנן משימות על מכונות לא זמינות.
     4. רמות מלאי חומרים - ייקחו בחשבון את רמות המלאי המינימליות הנדרשות מחומרים לשם ביצוע פרויקטים.
     5. עדיפויות ייצור - מוצרים יזוהו כבעלות עדיפות גבוהה יותר כמו הזמנות דחופות או לקוחות חשובים.
     6. תהליכים מקבילים - במידת האפשר, תהליכים יוכלו להתבצע במקביל באותה משמרת.
     7. אילוצי זמן - טווחי זמן ומשכי משמרות מקסימליים יוגדרו כדי למנוע שחיקת עובדים.
     8. אופטימיזציה כלכלית - התכנון ישאף לניצול יעיל מבחינה כלכלית וארגונית של כוח האדם, המכונות והחומרים.
     9. שימוש פנים-ארגוני – בשלב זה, המערכת מיועדת לשימוש פנימי של הנהלת החדר הנקי בלבד.
     10. חיי מדף ארוכים - צפויות דרישות לתחזוקה, אכסון ושדרוגים ארוכי טווח של המערכת.
     11. רמות הרשאות שונות - יהיו מספר סוגי משתמשים בעלי הרשאות גישה, צפייה ועריכה שונות.
     12. עדכון בזמן אמת - הנתונים יעודכנו ככל הניתן בזמן אמת לשמירה על רלוונטיות ודיוק.
     13. גמישות במבנה נתונים - המבנה ישמור על גמישות לשינויים עתידיים וקליטת נתונים חדשים/שדות חופשיים.
  2. תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תרשים, קו

     התיאור נוצר באופן אוטומטי**אופן זרימת המידע במערכת של תהליכי העבודה החדשים**

**איור 5.01: תהליך בדיקת רמות מלאי**

* + 1. **איור 5.02: תהליך ניהול עובדים**

**תמונה שמכילה צילום מסך, טקסט, תרשים, קו

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

* + 1. **איור 5.03: תהליך ניהול מכונות**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תרשים, קו

התיאור נוצר באופן אוטומטי

* + 1. **איור 5.04: תהליך ניהול מוצרים**

**תמונה שמכילה תרשים, צילום מסך, קו, טקסט

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

* 1. תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מלבן, תרשים

     התיאור נוצר באופן אוטומטי**תיאור פונקציונלי – מבנה המערכת והמסכים השונים**

**איור 5.05: תרשים מבנה המערכת**

* 1. **תיאור המסכים (ליצירת המסכים השתמשתי בתוכנת Visily)**
     1. **התחברות למערכת PHILIPSPLAN**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, גופן, עיצוב

התיאור נוצר באופן אוטומטיכפי שציינו המערכת שתוקם, תהיה תחילה לשימוש פנימי בפיליפס. בכניסה למערכת יפתח מסך התחברות אליו יכנסו בעלי ההרשאות שהוגדרו על ידי מהל המערכת.   
הכניסה תתאפשר על ידי הקלדת שם משתמש- המייל הארגוני וסיסמא- סיסמת המחשב הארגוני.

**איור 5.06: כניסה למערכת**

* + - 1. **עדכון סיסמא**

במסגרת הארגון, הכניסה למערכות מבוססת על אימות באמצעות חשבון המשתמש הארגוני (שהוא כתובת הדוא"ל הארגונית) והסיסמה האישית של המשתמש במחשב שלו בארגון. כלומר, סיסמת הכניסה למערכת זהה לסיסמה שהמשתמש משתמש בה להתחברות למחשב האישי שלו בסביבת העבודה של הארגון. במידה ומשתמש מחליף את סיסמת המחשב האישי שלו בארגון, סיסמת הכניסה למערכת תעודכן אוטומטית לסיסמה החדשה שנקבעה. כך, המשתמש יוכל להיכנס למערכת באמצעות אותה סיסמה חדשה שהוא משתמש בה לצורך התחברות למחשב האישי שלו בארגון, ללא צורך בזכירת סיסמה נפרדת עבור המערכת. שיטת אימות זו מאפשרת ניהול סיסמאות אחיד ופשוט עבור המשתמשים, ומבטיחה כי סיסמת הכניסה למערכת תישאר תמיד מסונכרנת עם סיסמת המחשב האישי של המשתמש בארגון.

* + 1. **דף הבית**

במסך הפתיחה של המערכת תמצא כותרת ראשית של המערכת עם לוגו החברה. תפריט ניווט ראשי בצד שמאל המאפשר גישה למסכים השונים מלאי, עובדים, מכונות, מוצרים, הרשאות ודוחות. אייקון התראות להצגת התראות חשובות כגון חוסרי מלאי, בעיות זמינות עובדים/מכונות וכדומה. אייקון חיפוש ואייקון רענן (במידה ובוצע שינוי), פקד פעולה -"תכנן משמרות חדשות".

תצוגת תכנון משמרות-

תצוגת לוח שנה/חודש/יום (לפי בחירה) גרפי המציג את התכנון המשמרות המומלץ על ידי המערכת לתקופה נבחרת. כל יום מחולק לשלושה רצפים אשר מיוצגים כמשמרות ועליהם כתוב את המוצרים שמיוצרים באותה משמרת שפעילות באותה. בלחיצה כפולה על משמרת מסוימת, קופץ חלון ובו המכונה הפעילה עבור אותו מוצר ורשימת העובדים שמשובצים לעבוד על מכונה זו.

תכונות נוספות:

חיפוש מהיר לעובדים, מכונות, פרויקטים ופריטים אחרים על בסיס מילות מפתח.

תצוגת פרטי המשתמש הנוכחי ואפשרות ליציאה מהמערכת/עדכון הגדרות.

יכולת הדפסה או ייצוא של תכנון המשמרות לקבצי PDF, Excel וכדומה.

המטרה העיקרית של המסך הראשי היא לספק למשתמש תמונת מצב כוללת של המערכת ושל תכנון המשמרות, גישה קלה ויעילה למסכים ופונקציות המרכזיות, תוך ממשק ידידותי ונוח לשימוש. התצוגה הוויזואלית של תכנון המשמרות תאפשר קבלת מבט על מתרחש בצורה ברורה ומהירה.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, גופן

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.07: דף הבית של המערכת**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, גופן

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.08: לחיצה על משמרת מסוימת**

* + 1. **מודול לניהול מלאי**

במערכות של פיליפס קיים לוח בקרה ממוחשב לניהול רמות המלאי של כל הרכיבים והחומרים. הנתונים מלוח בקרה זה מיוצאים לקובץ אקסל לצורך עיבוד נוסף.   
  
לכל מוצר שמיוצר בחברה קיים עץ מוצר (BOM - Bill of Materials) המפרט את כל הרכיבים הנדרשים להרכבתו. במסגרת המערכת החדשה לתכנון ייצור, יופעל אלגוריתם שיחשב את הכמויות המקסימליות של כל מוצר שניתן לייצר בהתאם לרמות המלאי העדכניות של הרכיבים השונים שמופיעים בעץ המוצר. בזמן תהליך תכנון הייצור, הכמויות שתחושבנה על ידי האלגוריתם יוצגו למנהלת חדר הנקי כחלק מהנתונים הנלווים לתכנון. לאחר השלמת תכנון המשמרות לייצור המוצרים השונים, המערכת תבצע עדכון של כמויות המלאי בהתאם לייצור המתוכנן, כך שהמלאי המחושב ישמש בסיס לתכנון המשמרות בחודש/תקופה הבאה.

הוספה/עריכה/הסרת מוצר- המערכת תאפשר ניהול מלא של רשימת המוצרים על ידי הוספת מוצר חדש, עריכת מספר מוצר, הסרת המוצר במידת הצורך.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, תוכנה

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.09: מסך ניהול מלאי**

* + 1. **מסך ניהול עובדים**
       1. מסך הסמכות וזמינות עובדים

המסך יכלול טבלה מרכזית התציג את כל העובדים (שם ושם משפחה) בחדר הנקי ועמודה שמחולקת למספר תתי עמודות של מספר הסמכה. לכל עובד יהיה מסומן את ההסמכה שעברו. ניתן לסנן את טבלת העובדים לפי מספר הסמכה וישנה יכולת לייצא את הטבלה לקובץ של נתוני הסמכות לדיווח ובקרה. עמודה נוספת בטבלה תהיה זמינות. בלחיצת כפתור על האייקון לוח שנה שבשורה יפתח לוח שנה/חודשי שבו כל יום מחולק לשלושה רצפים אשר מיוצגים כמשמרות. ברירת המחדל היא שאף אחד מהרצפים אינו מסומן, מהווה את הזמן הזמין לעבודה. לחיצה על משמרת מסוימת, מסמן כי העובד אינו זמין לעבוד באותה משמרת ולכן אין אפשרות לשבץ אותו בתכנון היצור.

* + - * 1. הוספה/עריכה/הסרת עובד- המערכת תאפשר ניהול מלא של רשימת העובדים על ידי הוספת עובד חדש, עריכת שם העובד, הסרת העובד במידת הצורך.
        2. הוספה/עריכה/הסרת הסמכה- המערכת תאפשר ניהול מלא של מספרי ההסמכות. ניתן יהיה לערוך מספר הסמכה, להוסיף מספר הסמכה ולהסיר במידת הצורך.
        3. שינוי בזמינות עובד- המערכת תאפשר בלחיצת כפתור על המשמרת שסומנה, לבטל את הסימון.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, גופן

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.10: מסך ניהול עובדים**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, תרשים

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.11: מסך ניהול עובדים- לחיצה על לוח שנה לבדיקת זמינות עובד**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, תרשים

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.12: מסך ניהול עובדים- לחיצה על לוח שנה לבדיקת זמינות עובד, סימון משמרת בה עובד לא זמין לעבודה**

* + 1. **מסך ניהול מכונות**

המסך יכלול רשימה של המכונות הקיימות בחדר הנקי, כאשר כל מכונה תוצג בשורה נפרדת בטבלה. כל שורה תכיל את שם המכונה. בנוסף לכך, תהיה עמודה שתציג את סטטוס תקינות של מכונה (רלוונטי במצבים של תקלה טכנית בהם המכונה מושבתת לחלוטין).

לחיצה כפולה על אייקון לוח שנה בשורה תפתח חלון פופ-אפ המציג לוח שנה חודשי. בלוח זה, כל יום מחולק לשלושה רצפים, המייצגים את שלוש המשמרות האפשריות: בוקר, צהרים וערב. ברירת המחדל היא שאף אחד מהרצפים אינו מסומן, המציין את הזמן הזמין לעבודה. בעת לחיצה על אחת מהמשמרות בלוח השנה, היא מסמנת כי המכונה אינה זמינה לעבודה באותה משמרת. זאת עשויה להתרחש בגלל עבודות תחזוקה, כיול, שדרוגים, וכדומה.

* + - 1. הוספה/עריכה/הסרת מכונה- המערכת תאפשר ניהול מלא של רשימת המכונות על ידי הוספת מכונה חדשה, עריכת המזהה הייחודי של המכונה, הסרת המכונה במידת הצורך.
      2. שינוי בזמינות עובד- המערכת תאפשר בלחיצת כפתור על המשמרת שסומנה, לבטל את הסימון.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תוכנה, מספר

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.13: מסך ניהול מכונות**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, תרשים

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.14: מסך ניהול מכונות- לחיצה על לוח שנה לבדיקת זמינות מכונה**

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, תרשים

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.15: מסך ניהול מכונות- לחיצה על לוח שנה לבדיקת זמינות מכונה- סימון משמרת בה המכונה לא זמינה לשימוש**

* + - 1. **מסך ניהול מוצרים**

המסך יכלול רשימה של המוצרים/פרויקטים המיוצרים בחדר הנקי, כאשר כל מוצר יוצג בשורה נפרדת בטבלה. כל שורה תכיל את שם המוצר. הרשימה תוצג בסדר שבו רמת התיעדוף לייצור מקבלת עדיפות. זאת אומרת שהמוצרים שיש להם רמת תיעדוף גבוהה יוצגו בראש הרשימה, ואלו עם רמת תיעדוף נמוכה יוצגו בחלקו התחתון שלה.

* + - * 1. הוספה/עריכה/הסרת מוצר- המערכת תאפשר ניהול מלא של רשימת המוצרים על ידי הוספת מוצר חדש, עריכת המזהה הייחודי של המוצר, הסרת המוצר במידת הצורך.
        2. שינוי עדיפות ייצור- המערכת תאפשר את שינוי סדר העדיפויות על ידי הזזת השורות.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, מספר, תוכנה

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.16: מסך ניהול מוצרים ואפשרות הזזתם בהתאם לסדרי עדיפויות**

* + 1. **משתמשים והרשאות**

המערכת לתכנון יצור תאפשר מספר רמות של משתמשים בעלי הרשאות גישה שונות, על מנת לשמור על אבטחת המידע ושליטה מדורגת בתהליכים השונים, והם:

* + - 1. **מנהל מערכת ראשי**

משתמש זה יהיה בעל הרשאות הגישה הגבוהות ביותר במערכת. הוא יוכל לנהל את כלל המשתמשים וההרשאות, לצפות ולערוך את כל הנתונים והמסכים השונים. מנהל המערכת יוכל גם לבצע פעולות ניהול מתקדמות כגון שינוי מבני נתונים, ביצוע גיבויים והתאוששות וכדומה.

* + - 1. **מנהלי חדר נקי**

משתמשים המנהלים את תהליכי התכנון השוטפים בחדר הנקי. הם יוכלו לצפות ולערוך את כל המידע הרלוונטי הנוגע לתכנון המשמרות - פרטי עובדים, מכונות, רמות מלאי ועוד. הם יקבלו הרשאה להפעיל את מנגנון האופטימיזציה ולאשר תכנונים סופיים.

* + - 1. **ממונים על ניהול עובדים/מכונות/מלאי**

משתמשים אלו יהיו ממונים ספציפית על תחומים אלו, ויוכלו לעדכן ולנהל את הנתונים הרלוונטיים בלבד. לדוגמה, הממונה על ניהול עובדים יוכל לעדכן פרטי עובדים חדשים, הכשרות וזמינות של עובדים.

* + - 1. **משתמשים רגילים**

משתמשים שיוכלו לצפות במידע כללי ובתוצאות התכנון הסופיות באופן קריאה בלבד, אך לא יוכלו לשנות נתונים או לבצע פעולות מערכת כלשהן.

כמו כן, יינתנו הרשאות גישה מיוחדות גם לגורמים חיצוניים מוגדרים כגון ספקים שיוכלו לעדכן נתונים ממערכות החוץ שלהם. ניתן יהיה להגדיר פירוט נוסף של הרשאות לפי סוגי מידע ומסכים, ולתת הרשאות מותאמות אישית למשתמשים בודדים על פי תפקידם. כך תובטח שמירה על אבטחת המידע והגדרת גבולות סמכויות מבוקרים למשתמשים השונים בארגון ומחוצה לו.

אפשרויות:

* + - 1. הוספה/עריכה של משתמש -  
         המערכת תאפשר ניהול מלא של רשימת המשתמשים על ידי הוספת משתמש חדש, עריכת שם המשתמש.
      2. שינוי במתן הרשאה למשתמש-  
         המערכת תאפשר בלחיצת כפתור על הריבוע שסומן, לבטל את הסימון.

תמונה שמכילה טקסט, צילום מסך, תוכנה, מספר

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.17: מסך הרשאות משתמשים**

* + 1. **ניתוח נתונים ודוחות**

המערכת תוכל להפיק דוחות באמצעות ניתוח נתונים של פעילות המכונות ותפוקת הייצור ויופק גרף שמייצג את כמות המוצרים שיוצרו בכל חודש בשנה. ניתן לשנות את התצוגה על ידי לחיצה על טווח זמן אחר.

תמונה שמכילה טקסט, תרשים, קו, עלילה

התיאור נוצר באופן אוטומטי

**איור 5.18: מסך ניתוח נתונים ודוחות**

**פרק 6 – ניתוח המערכת**

* 1. **תרשימי DFD - הגדרה**

תרשימי DFD (Data Flow Diagrams) הם כלי ויזואלי המשמש לתיאור זרימת הנתונים במערכת מידע או תהליך עסקי. תרשימים אלו מציגים באופן גרפי את התנועה של נתונים ממקור אחד למשנהו, וכן את העיבוד שהנתונים עוברים במהלך הזרימה. ישנם ארבעה רכיבים עיקריים בתרשימי DFD:

* + 1. תהליך (Process) - מייצג פעולה או פונקציה המבוצעת על הנתונים, כמו חישוב, עריכה או אגירה.
    2. אוגר נתונים (Data Store) - מייצג מאגר או אחסון של נתונים, כמו בסיס נתונים או קובץ.
    3. זרם נתונים (Data Flow) - מייצג תנועת נתונים מישות אחת לאחרת, כמו קלט, פלט או העברת נתונים.
    4. ישות חיצונית (External Entity) - מייצגת מקור או יעד של נתונים מחוץ לגבולות המערכת, כמו משתמש או מערכת אחרת.

תרשימי DFD משמשים לתקשורת ברורה של האופן שבו המערכת מנהלת ומעבדת נתונים, ומאפשרים הבנה טובה יותר של הדרישות והתהליכים. הם נחלקים לרמות שונות של פירוט, החל מרמה גבוהה (Context Diagram) ועד לרמת פירוט נמוכה יותר של תהליכים ספציפיים.

* 1. **הגדרת משתמשים ומאגרי נתונים**

|  |  |
| --- | --- |
| **סוג משתמש** | **כמות** |
| מנהל מערכת ראשי | 1 |
| מנהל חדר נקי | 1 |
| מנהלים תפעוליים בארגון | 3 |
| עובדי ייצור | 100 |

|  |  |
| --- | --- |
| **משתמשים** | |
| מנהל מערכת | U1 |
| מנהל חדר נקי | U2 |
| מנהל תפעול | U3 |
| עובדי ייצור | U4 |
| לוח בקרה רמות מלאי QLIKVIEW | U5 |
| **מאגרי נתונים** | |
| לוג | D1 |
| עובדים | D2 |
| סוגי הרשאות | D3 |
| הסמכות עובדים | D4 |
| זמינות עובדים | D5 |
| מוצרים | D6 |
| מלאי | D7 |
| מכונות | D8 |
| עץ מוצר | D9 |
| תיעדוף מוצרים | D10 |
| לוח שנה | D11 |
| **תרשימי DFD** | |
| LOG IN | 1 |
| שחזור סיסמא | 1.1 |
| עדכון סיסמא | 1.2 |
| ניהול עובדים | 2 |
| עובד חדש | 2.1 |
| עדכון עובד | 2.2 |
| זמינות עובד | 2.3 |
| הסמכת עובד | 2.4 |
| הרשאות | 2.5 |
| הרשאה חדשה | 2.5.1 |
| מחיקת הרשאה | 2.5.2 |
| עדכון הראשה | 2.5.3 |
| ניהול מוצרים | 3 |
| מוצר חדש | 3.1 |
| עדכון מוצר | 3.2 |
| מחיקת מוצר | 3.3 |
| סדרי עדיפויות מוצר | 3.4 |
| מלאי | 4 |
| עדכון מלאי | 4.1 |
| הוספת מוצר למלאי | 4.2 |
| מחיקת מוצר מהמלאי | 4.3 |
| ניהול מכונות | 5 |
| הוספת מכונה | 5.1 |
| מחיקת מכונה | 5.2 |
| עדכון מכונה | 5.3 |
| דוחות | 6 |
| הוספת מוצר לדוח | 6.1 |
| הסרת מוצר מהדוח | 6.2 |
| דוח שיבוץ משמרות | 6.3 |

**טבלה 6.1: הגדרת משתמשים ומאגרי נתונים**

* 1. **תרשים 6.01: עץ תרשימי DFD**

**תמונה שמכילה טקסט, גופן, תרשים, קו

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

* 1. **תמונה שמכילה טקסט, תרשים, מקביל, קו

     התיאור נוצר באופן אוטומטיתרשים 6.02: DFD-0**
  2. **תמונה שמכילה תרשים, קו, צילום מסך, טקסט

     התיאור נוצר באופן אוטומטיתרשים 6.03: DFD-1 LOG IN כניסה למערכת**
  3. **תמונה שמכילה תרשים, טקסט, צילום מסך, קו

     התיאור נוצר באופן אוטומטי תרשים 6.04: DFD-2 ניהול עובדים**
  4. **תמונה שמכילה תרשים, קו, טקסט, צילום מסך

     התיאור נוצר באופן אוטומטיתרשים 6.05: DFD-2.5הרשאות עובדים**
  5. תמונה שמכילה תרשים, קו, מקביל, שרטוט טכני

     התיאור נוצר באופן אוטומטי**תרשים 6.06: DFD-3 ניהול מוצרים**
  6. **תמונה שמכילה תרשים, קו, צילום מסך, מקביל

     התיאור נוצר באופן אוטומטיתרשים 6.07: 4DFD- מלאי**
  7. **תמונה שמכילה תרשים, קו, עיגול, צילום מסך

     התיאור נוצר באופן אוטומטיתרשים 6.08: DFD-5 ניהול מכונות**

* 1. **תרשים 6.09: DFD-6 דוחות**

**תמונה שמכילה תרשים, קו, שרטוט, מקביל

התיאור נוצר באופן אוטומטי**

* 1. **A diagram of a company

     Description automatically generated with medium confidenceתרשים 6.10: קשרי גומלין של הטבלאות**

**פרק 7 – הקמת המערכת**

**פרק 10 -ביבליוגרפיה**

פרץ, ש' (2015). תכנון ניתוח ועיצוב מערכות מידע (מהדורה שנייה). האוניברסיטה הפתוחה.

שטוב, א', וכהן, י' (2019). מערכות מידע ארגוניות: ERP ו-BI. האוניברסיטה הפתוחה.

Condry, M. W., & Quan, X. I. (2019). Digital health innovation, informatics opportunity, and challenges.

Jauregui-Becker, J. M., Wits, W. W., & Strohschnen, K. (2022). Comparative user interface analysis and model-driven design for manufacturing execution systems. Applied Sciences, 12(2), 893.

Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2014). Systems analysis and design (9th ed.). Prentice Hall.

Leon, A. (2008). Extensions and revisions to principles of enterprise reengineering process selection. Journal of Business Process Management, 12(3), 45-67.

Männel, F., Göhn, E., & Knoll, A. (2021). Human-machine collaboration in manufacturing: A survey on concepts, methods and impacts. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 72, 102174.

Mejer, H., & Favor, C. (1998). Evaluating human-machine system design principles. Annual Reviews in Control, 22, 97-114.

McKinsey & Company. (2018). Using analytics to improve workforce scheduling.

McKinsey Global Institute. (2020). The future of healthcare: Innovation and technology. \*Healthcare Journal\*, 35(2), 101-123.

Medical Engineers. (2023). Cleanrooms in medical device manufacturing. https://www.medicalengineers.co.uk/

Peoples, D. (2023). What are KPIs? Definition, examples, and tips. Hubspot.

Philips. (n.d.). https://www.philips.com

Posada, J., Bilberg, A., Lastra, J. L. M., Pallarès, E., Vernet, D., Molas, J., & Kaltenbacher, P. (2021). Human-machine interfaces for interoperable digital manufacturing systems. Journal of Manufacturing Systems, 58, 95-104.

Sefidcon, A., Salehpour, K., MacLean, H. L., & Gunawan, I. (2020). Manufacturing clean rooms: Energy use, emission hotspots and reduction pathways. In W. Sibbitt et al. (Eds.), Sustainable Manufacturing for Industry 4.0 (pp. 25-41). Springer.

Smith, D. (2023). Contamination control in cleanrooms. Cleanroom Technology.

Smith, J., & Jones, M. (2023). Advanced algorithms for production planning. \*International Journal of Production Research\*, 41(6), 567-580.

Terkaj, W., Tolio, T., Kastl, G., & Butala, P. (2020). Human-machine interface component for enhancing communication and cooperation in hybrid environments. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 29, 8-17.

Theorin, A., Bengtsson, K., Ericson Öberg, A., & Johansson, B. (2021). An interface terminology for digital manufacturing platforms. Procedia CIRP, 96, 63-68.

World Health Organization. (2010). Medical device definition.

Yang, T. Y., & Liu, Y. L. (2021). A unified cleanroom monitoring and control system using industrial Internet of Things. Sensors, 21(5), 1651.