



תכנית היערכות לשינויי אקלים במשק האנרגיה והמים בישראל

תוכן עניינים

3	תקציר מנהלים
8	מבוא
10	פרק 1: תחזיות אקלימיות לישראל: הסיכונים העיקריים של שינויי האקלים למשק האנרגיה והמים
16	פרק 2: סקירה בינלאומית – דוגמאות בבחורות של מהלכי היערכות והסתגלות של מדינות מהעולם
21	פרק 3: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשרד האנרגיה והתשתיות
24	פרק 4: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשק החשמל
31	פרק 5: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשק הגז הטבעי
35	פרק 6: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשקי הדלק והפחם
39	פרק 7: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשק המים
41	פרק 8: נספחים



תקציר מנהלים

בשנים האחרונות, אנו עדים לעלייה מתמשכת בעוצמתם ותדירותם של אירועי מזג אוויר קיצוני בארץ ובעולם. השנה (2024), נחצה לראשונה הרף של עלייה שנתית ממוצעת בטמפרטורה העולמית ביותר ממעלה וחצי לעומת התקופה הטרומ תעשייתית – רף שנחשב קריטי לפי הקונצנזוס המדעי הבינלאומי. להתחממות הגלובלית יש השלכות ישירות על אירועי טמפרטורות קיצוניים, עליית מפלס הים, התגברות והתארכות בצורות, היווצרות שיטפונות והצפות, שינוי במשטר המשקעים, ועלייה בשכיחות שריפות - תופעות המוכרות יחד כ"משבר האקלים".

ההתחממות הגלובלית אינה מהווה איום תיאורטי לעתיד הרחוק, אלא משפיעה כבר היום באופן נרחב על תחומי החיים השונים. מדינות רבות החלו לפעול להתאמת משק אנרגיה שלהן למצב החדש, מתוך הכרה שמדובר באתגר מהותי הדורש היערכות ארוכת טווח. גם בישראל, משרד האנרגיה והתשתיות רואה חשיבות רבה בכל הנוגע להיערכות של שינויי האקלים אשר עלולים להשפיע על הרציפות התפקודית של כלל משק האנרגיה בשלבי הייצור, ההולכה/שינוע, האספקה והניהול. בשל כך, הקים המשרד צוות היגוי לבחינת הנושא, ובמסגרת עבודה זו תוצג תכנית היערכות של משק האנרגיה לשינויי האקלים וסיכונים, על בסיס התחזית האקלימית לישראל שפורסמה על ידי השירות המטאורולוגי (השמ"ט).

שינויי האקלים מציבים אתגרים גלובליים המחייבים היערכות מערכתית של משק האנרגיה. משרדי האנרגיה במדינות שונות בעולם מפתחים תכניות חוסן ואסטרטגיות הסתגלות המשלבות צעדי מדיניות, תכנון תשתיות וניהול סיכונים, במטרה להבטיח אספקת אנרגיה יציבה ובת-קיימא בתנאים משתנים. תפקיד משרד האנרגיה והתשתיות, בדומה לנעשה בעולם, הוא להוביל ולקדם את הנושא במשק האנרגיה המקומי על בסיס תחזיות של הגופים האמונים על הנושא בממשלה. אמנם מדינות שונות מתמודדות עם סיכונים ייחודיים הנובעים מתרחישי אקלים שונים, אך מתוך גישות היערכות המגוונות ניתן ללמוד רבות.

סיכוני אקלים מחולקים לשתי קבוצות עיקריות – סיכונים פיזיים וסיכוני מעבר. הסיכונים הפיזיים, בהם תתמקד תכנית זו, כוללים סיכונים לגוף ולרכוש (לרבות קרקע, תשתיות, מתקנים וציוד), וכן סיכונים לתהליכים, כמו תפעול שרשראות אספקה, שינוי ותחזוקה, הנובעים משינויי האקלים, כפי שיתואר בהמשך, עבור המשקים השונים. סיכוני מעבר נובעים ממעבר המשק לכלכלה דלת-פחמן (לדוגמה, העלויות הגבוהות הכרוכות בפיתוח ורכש של טכנולוגיות שמאפשרות מעבר זה), ובהם עבודה זו לא תעסוק.

התחזיות האקלימיות של ישראל מבוססות על התחזיות העדכניות של השירות המטאורולוגי (שמ"ט), מיולי 2024¹ ומחולקות לארבע תקופות, בהשוואה לממוצע בשנים 2000-2020.² התחזיות מתייחסות פרטנית לארבע המגמות האקלימיות שהגדיר השמ"ט:



- **חם יותר** - עליה בטמפרטורות.
- **יבש יותר** - הפחתת משקעים.
- **קיצוני יותר** - תדירות ודרגה גבוהות יותר של אירועי מזג אוויר קיצון.
- **גבוה יותר** - עלייה במפלס פני הים.

ההיערכות ביחס למגמות אלה נדרשת בשני מישורים: במישור המרכזי, **היערכות לסיכונים והשלכות על כלל התשתיות והמתקנים במשק האנרגיה**. בנוסף לכך, במישור הנוסף, **היערכות לסיכונים והשלכות על תשתיות ומתקנים של משרד האנרגיה והתשתיות**, למשל משרדים, ציוד תקשורת וכו'.

¹ ניתוח מגמות אקלימיות ואירועי קיצון בישראל לאורך המאה 21, שירות מטאורולוגי

² שם



תובנות עיקריות

• **משק החשמל:** המשק מורכב משרשרת ערך הכוללת מספר מקטעים - ייצור, הולכה והשנאה, חלוקה, אספקה וניהול. כל אחד מהמקטעים חשוף לסיכונים אקלים שונים ומורכבים. הסיכון המרכזי עבור משק החשמל הוא פגיעה במקטע כלשהו באופן שיפגע ביכולת לספק חשמל לצרכן הקצה, ובכך עלולה להיקטע הרציפות התפקודית. האתגר המרכזי בהקשר זה, הוא הבטחת אספקה יציבה לנוכח עלייה בביקושים כתוצאה מגלי חום ומגמת החשמול משק האנרגיה. העלייה המתמשכת בטמפרטורות צפויה להוביל לעלייה חדה בביקושים לחשמל בעונות החמות, בעיקר לצורך קירור, וכתוצאה מכך ייווצר עומס כבד על רשת החשמל הארצית. בנוסף, גם מקרים של סערות חזקות, ברקים ושיטפונות עלולים לגרום לפגיעה בתשתיות הולכה, להשבית מתקני ייצור וליצור שיבושים חמורים באספקת החשמל. לכן מתווספת התלות הגוברת באנרגיה מתחדשת, אשר מושפעת מתנודות אקלימיות ועלולה לסבול מירידה בתפוקה בזמנים קריטיים. לאור זאת, **קיימת חשיבות עליונה להרחבת יכולות אגירת החשמל, לחיזוק עמידות רשתות ההולכה והחלוקה, ולהטמעת מערכות ניהול ביקושים³ חכמות, לצד פיתוח טכנולוגיות להגדלת היציבות והאמינות של ייצור החשמל.**



• **משק הגז הטבעי:** מזק הגז הטבעי מתמודד עם סיכונים ייחודיים הנובעים ממיקומן הרגיש של תשתיותיו, בעיקר בים. עליית מפלס הים, תדירותם הגוברת של גלים גבוהים וסערות עזות עלולים לגרום לנזקים כבדים לאסדות ההפקה ולצינורות ההולכה הימיים, מה שעלול להביא לשיבושים באספקה ולפגיעה בביטחון האנרגטי של ישראל. בנוסף, שינויי האקלים צפויים לפגוע בתפעול מתקני האחסון וההולכה, ולהשפיע על זמינות האספקה במצבי חירום. חשיבותו של משק הגז הטבעי לפעילות משק האנרגיה מחייבת **תכנון ובחינה של חלופות יבשתיות לשעת חירום, הכוללות תשתיות אגירה מוגדלות ומערכות תדלוק חלופיות. השקעה בחיזוק הפיזי של התשתיות הימיות, והבטחת יתירות תפעוליות.**



• **משק הדלק:** עיקר השימושים במשק הדלק מיועד לסקטור התחבורה, אך משמשים גם את סקטור התעשייה ותומכים במשק החשמל, למשל להפעלת גנרטורים בחירום. לכן יש צורך להיערך לסיכונים הנובעים משינויי האקלים במשק הדלק. שיבושים בשרשרת האספקה של משק הדלק עלולה להביא למחסור בדלקים ולהשפיע על כלל המשק, ואף להשפיע על זמינות האספקה במצבי חירום. לפיכך, **יש להגביר את יכולות האחסון האסטרטגיות, לפתח חלופות יבשתיות לאספקת דלקים ולתמרץ מעבר לשימוש בדלקים מתחדשים, תוך שיפור נצילות מערכות ההובלה והאחסון.** יצוין כי, בהתאם למדיניות משרד האנרגיה והתשתיות, צפוי מעבר הדרגתי לדלקים סינתטיים וביולוגיים כתחליף לדלקים הפוסילים. גם לאחר השלמת מעבר זה יותרו תשתיות דלקים שיעמדו בפני סיכונים אקלים, ולכן יש חשיבות להיערכות במשק זה.



• **משק המים:** משבר האקלים משפיע באופן ישיר ומשמעותי על משק המים, המאופיין בירידה בכמות המשקעים, התגברות בצורות ושיטפונות ועלייה בתדירות אירועי קיצון. רשות המים מעריכה כי לצד **פיתוח מערכות לניהול משק המים, הפתרון יכלול, בין היתר, הגדלה של כושר ההתפלה** כדי לגשר על פערי הביקוש למים שפירים, ובכך יבטיח אספקת מים רציפה בשגרה ובחירום. מאחר שתהליך ההתפלה מצריך אנרגיה, נדרשת היערכות גם למצבי מחסור באנרגיה העלולים לפגוע ברציפות אספקת המים. במקביל, אירועי גשם קיצוניים צפויים לגרום להיווצרות נגר עילי משמעותי, אשר עלול להציף תשתיות עירוניות ולפגוע באיכות



³ ניהול ביקושים – הכוונה היא לניהול מועדי שיא הביקוש לחשמל באמצעות הפחתת הצריכה או הסטה שלה לשעות אחרות ביממה.

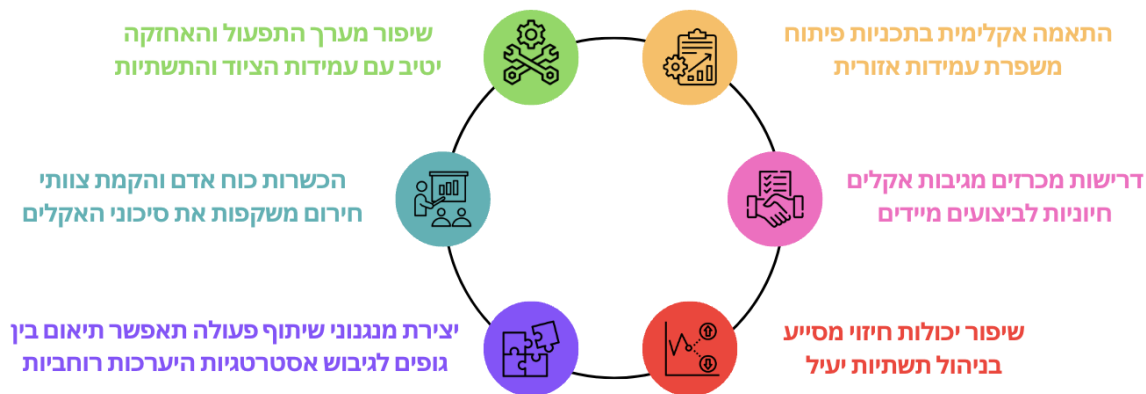


מקורות המים הטבעיים. תכנית ההיערכות מחייבת **פיתוח אסטרטגיות לחיסכון במים, הרחבת פתרונות לאגירה ושימוש חוזר, ושיפור חוסן של מערכות הולכת המים.**

צעדי מדיניות

כדי שניתן יהיה להיערך ולהתמודד בהצלחה עם סיכוני האקלים, יש לפעול כבר היום גם ביחס לתשתיות קיימות, אך לא פחות מכך כחלק מתכנון והקמת תשתיות האנרגיה העתידיות, בין היתר באמצעים הבאים-

- **הטמעת היבטי היערכות לאקלים בתכנית הפיתוח** – כחלק מהליך ההיוועצות של שר האנרגיה והתשתיות ושר האוצר על תכניות הפיתוח במשקים השונים (חשמל, גז טבעי ומים), יש להתייחס גם להשפעות הצפויות משינויי אקלים על בסיס התחזית האקלימית. התייחסות זו צריכה לכלול גם הבחנה בין אזורים גאוגרפים, ולהתייחס בין היתר להשפעות האקלימיות על הרציפות התפקודית במצבי קיצון, השפעה על ביטחון אנרגיה וניתוחי רגישות בנושא, השפעה תקציבית על התאמת התשתיות המתאימות לעמידה בשינויי אקלים וכו'.
- **מכרזים במשק האנרגיה** – בכל הנוגע ליציאה למכרזים חדשים במשק האנרגיה, כגון הקמת תחנות כוח, מתקני התפלה, מתקני אחסון גז וכדומה, יש להתייחס להשפעות של שינויי אקלים. למשל, הגדרת דרישות במכרזים ואסדרות של מתקני ייצור עתידיים שיביאו להקטנת השפעת הטמפרטורות הסביבה על ביצועי היחידות. דוגמה נוספת יכולה להיות קביעת תנאי מינימום למרחק מקו החוף עבור הקמת מתקני אנרגיה אסטרטגי.
- **פעולות לשיפור יכולות החיזוי בדגש על התראות בזמן אמת** – חיזוק מנגנוני החיזוי, הניטור וניהול שרשרת הערך במשק האנרגיה, בין היתר באמצעות כלי AI. יש לבחון את הנתונים הנדרשים מהש"ט על מנת לייצר תחזית טווח קצר לחברות התשתית השונות, ובפרט בנוגע לניהול ביקושים או היערכות כוח אדם מתאימה בפרק זמן קצר.
- **שיפור מערך התפעול והאחזקה** – יש לשקול את שיפור עמידות הצידוד והתשתיות, ולבחון מחדש את מחזורי התחזוקה והמוכנות בתשתיות האנרגיה השונות, כך שיאפשרו שמירה על תפקודן לאורך זמן גם בתנאים שמתוארים בתחזיות האקלימיות.
- **הכשרות כוח אדם והקמת צוותי חירום** – מוצע להקים מערך הכשרה להקניית ידע ואוריינות להבנת סיכוני האקלים ומשמעויותיהם על תהליכי העבודה והצידוד לתקופות שגרה ולימי חירום ואירועי קיצון. בנוסף, עם התגברות אירועי הקיצון והרחבת השפעתם, יש לשקול לעבות ולהכשיר את צוותי התחזוקה והחירום לחיזוק המענה גם בעת התרחשות אירועי קיצון אקלימיים.
- **יצירת מנגנוני שיתוף פעולה** – כחלק ממרכזי היישום של הרשות המקומית, יש לפתח פלטפורמות שיתוף פעולה המאפשרות לחברות התשתית במשק האנרגיה, רשויות מקומיות ומשרדי ממשלה לתאם אסטרטגיות היערכות רוחביות. פלטפורמות אלה יתייחסו להערכות הסיכונים המתעדכנות ולתוכניות המגדריות במשק האנרגיה בכדי לייצר פעולה משותפת ומתואמת במגזרים השונים.



לצד צעדים רחביים אלה, ישנם צעדים ייחודיים עבור כל סקטור במשק האנרגיה. להלן העיקרים שבהם:

משק החשמל:

1.  מקטע ההולכה – היערכות לסיכונים פיזיים – אירועי מזג אוויר קיצוניים כגון רוחות עזות, סופות ברקים, שריפות וכו', עלולים לגרום לנזקים פיזיים. לכן, במסגרת תכנון ופריסת קווי הולכה יש לבחון את השפעות סיכוני האקלים, ובפרט גיזום וכריתה של עצים בסמוך לתשתיות ויצירת מסדרונות קווי הולכה פנויים מעצים במרחק בטיחות נדרש. בנוסף, יש לבחון הטמנה נרחבת של כבלי הולכה כמו גם שילוב אמצעים להפחתת הפרעות מברקים.
2.  מקטע החלוקה – חיזוק תשתיות חלוקה באזורי סיכון, בדגש על קווי חלוקה ישנים – ביצוע הטמנה הדרגתית של קווי חלוקה בכפוף לקריטריונים של שרידות המערכת, חישוב עלויות וכדומה, בתיאום עם רשות החשמל. יש לבחון אפשרות לתעדף טיפול בקווי חלוקה באזורים החשופים לסיכונים באופן משמעותי ובתשתיות ישנות, וככל האפשר לשפר את היכולת לתת מענה דרך גנרטורים או שילוב של מתקני ייצור ואגירה, במטרה להתמודד טוב יותר עם בעיות אספקה.
3.  בחינת הרגולציה לשיפור השרידות של טכנולוגיות ייצור מאנרגיות מתחדשות – יש לבחון עדכון של התקנים והרגולציה של טכנולוגיות הייצור ולהתאים את תכניות התפעול והתחזוקה לשינויים הצפויים במזג האוויר.

משק הגז הטבעי

1.  ניהול סיכונים ובחינת עמידות האסדות בפני אירועי קיצון – יש לבחון את האפשרות להתקין מערכות לניטור תנאי ים בזמן אמת על מנת לאמוד סיכונים עתידיים ולהיערך אליהם בהתאם.
2.  מיגון תחנות הממוקמות ליד נחלים ותחנות חופיות – קידום מיגון תחנות במקומות עם סבירות גבוהה להצפות או חשש לסחף קרקעות, ומיפוי האזורים בעלי סיכון גבוה יותר לפי רמות סיכון שונות להצפות ושיטפונות וקביעת נהלי חירום ודרכי טיפול לתרחיש של חשיפת צינורות חלוקה.
3.  הקמה של תשתיות אגירת גז טבעי יבשתיות – תשתיות אלו יהוו מלאי לשעת חירום ויתפקדו כגיבוי במקרים של הפרעה בהפקה ואספקה מהים עקב מזג אוויר קיצוני. יש לאמוד את מידת ההשקעה של הקמת מתקנים אלו ובחינת חלופות נוספות כדוגמת ייבוא בצינור.

משק הדלק והפחם

- פיתוח תכנית היערכות להצפות – יש להכין תכנית היערכות להצפות שתכלול תחזוקה שוטפת של מתקנים ומערכות ניטור, תוך עדכון שוטף של תכניות עבודה ותגובתיות לאירועים בלתי צפויים.
- מיפוי נכסים ומתקנים בסיכון לשריפה – יש למפות את כל הנכסים והמתקנים החשופים לסיכוני שריפות ולהקים מערכת תחזוקה מונעת להתפשטות האש אל הצמחייה שסמוכה אליהם.
- מיפוי רמות סיכון לנמל דלק ולמסופים ימיים – יש לבצע מיפוי סיכונים, מיגון ותגבור אמצעים למניעת דליפת נפט לסביבה הימית והיבשתית והגברת פעילות תחזוקה.
- בקרת פליטות נדיפים – כדי לצמצם את פליטות הגזים והחומרים המזיקים לאוויר בתנאי חום קיצוניים, יש לבצע שדרוגים במערכות הקירור והבידוד של מתקני האחסון. בנוסף, יש לבחון עדכון של נהלי העבודה במתקנים אלו.
- שיפור איטום מיכלי אחסון – יש למפות אזורים בעלי סיכון גבוה לשיטפונות ולבחון אפשרות לשיפור מערכות האיטום של המיכלים למניעת חדירת מים ושיפור יכולות ניקוז מי הגר



משק המים

- היערכות להשבת מתקני התפלה עקב אספקת חשמל לא סדירה – יש לוודא יתירות וגיבוי במערכות אספקת החשמל כך שתתאפשר הפעלת עשרות התחנות המרכזיות במשק המים המוליכות ספיקות גבוהות בזמן קצר לכל רחבי הארץ. תחנות אלו לא יוכלו לפעול באמצעות דיזל-גנרטורים המשמשים בעיקר לגיבוי ויתירות בתחנות שאיבה קטנות יחסית ובקידוחים.
- תכנון והקמה של מתקן התפלה בהתאם לשינויים בהיקפי המילוי החוזר – שינויי האקלים צפויים להשפיע על מאזן המים השנתי והרב-שנתי, גם בצד הביקוש וגם בצד ההיצע. על כן, נדרש מעקב מתמשך אחר מגמות המילוי החוזר במקורות המים הטבעיים, וקבלת החלטות מושכלות להרחבת כושר ההתפלה לפחות עשור לפני צפי מימוש הצורך בפועל, על מנת לפעול להקמת מתקני התפלה מבעוד מועד. יש לבחון את היכולת לתת מענה לצריכות בימי שיא ביקוש וכן ליתירות במערכת הארצית כולל איגומים. רשות המים נערכת לאפשרות של תקלות מסוג זה, ופועלת לבחינת דרכים לתגבור אספקת המים באמצעות מקורות חלופיים, כדי להבטיח המשכיות תפעולית גם בתנאי חירום.
- חינוך והסברה: הגשת תכנית לביסוס ידע ומידע בידי האוכלוסייה להתמודדות במצבים קיצוניים של הקטנה בהיצע המים במשק – בראש ובראשונה היערכות לייעול השימוש ומניעת בזבז מים במסגרת הערכות לשינויי אקלים - ציוד האוכלוסייה בידע הדרוש להתמודדות יעילה ולחיסכון במצבי מחסור קיצוני במים. תכניות אלה יתמקדו בשינוי התנהגות התושבים לטווח ארוך, לאור מערך הסברה לעניין שיטות שימור מים, ניהול מים בר קיימא, מקורות מים חלופיים ואסטרטגיות תגובה לשעת חירום ועוד.



היערכות משק האנרגיה והמים לשינויי האקלים הינה קריטית להבטחת אספקה אמינה ויציבה בשנים הקרובות. המסמך מציג תכנית פעולה רב-ממדית, המתמקדת בחיזוק תשתיות קריטיות, תכנון ארוך טווח באופן מושכל, גיוון מקורות האנרגיה ושיפור ניהול המשאבים. אימוץ הצעדים המוצעים יאפשר לישראל לצמצם את פגיעות המשק לשינויי אקלים, לשפר את חוסן התשתיות ולהבטיח את יציבות האספקה לאוכלוסייה ולתעשייה גם בתנאים אקלימיים משתנים. יישום התוכנית יסייע להבטיח את עמידות משק האנרגיה והמים בפני משבר האקלים, תוך הבטחת אספקת אנרגיה יציבה, אמינה ובת-קיימא לכלל הצרכנים במשק הישראלי.

מבוא

בשנים האחרונות, אנו עדים לעלייה מתמשכת בעוצמתם ותדירותם של אירועי מזג אוויר קיצוני בארץ ובעולם. השנה (2024), נחצה לראשונה הרף של עלייה שנתית ממוצעת בטמפרטורה העולמית ביותר ממעלה וחצי לעומת התקופה הטרומית תעשייתית – רף שנחשב קריטי לפי הקונצנזוס המדעי הבינלאומי. להתחממות הגלובלית יש השלכות ישירות על אירועי טמפרטורות קיצוניים, עליית מפלס הים, התגברות והתארכות בצורות, היווצרות שיטפונות והצפות, שינוי במשטר המשקעים, ועלייה בשכיחות שריפות - תופעות המוכרות יחד כ"משבר האקלים".

ההתחממות הגלובלית אינה מהווה איום תיאורטי לעתיד הרחוק, אלא משפיעה כבר היום באופן נרחב על תחומי החיים השונים. מדינות רבות החלו לפעול להתאמת משק אנרגיה שלהן למצב החדש, מתוך הכרה שמדובר באתגר מהותי הדורש היערכות ארוכת טווח. במסגרת עבודה זו יוצגו השלכות משבר האקלים על משק האנרגיה, וכן תכנית פעולה ראשונית למשק האנרגיה הישראלי שתשפר את החוסן של משק האנרגיה המקומי בפני אתגרי שינויי האקלים כדי להבטיח אספקת אנרגיה אמינה, זולה ונקיה.

מאז המהפכה התעשייתית, שריפת דלקים מאובנים בהיקף נרחב הובילה לפליטת כמויות אדירות של גזי חממה. כתוצאה מכך, ב-50 השנים האחרונות, ריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה עלה פי 1.5. הטמפרטורה הממוצעת עלתה ב-1.2 מעלות צלזיוס, ובאזורים מסוימים במזרח התיכון אף ב-2.5 מעלות. משבר האקלים מהווה איום משמעותי על תשתיות חיוניות, בריאות הציבור והכלכלה, ודורש היערכות מוקדמת לצמצום סיכונים אלו.

ביולי 2018 החליטה ממשלת ישראל כי על המדינה להיערך לשינויי האקלים הצפויים.⁴ החלטה זו תוקפה בהחלטת ממשלה נוספת באוקטובר 2022,⁵ על פיה כל משרדי הממשלה נדרשים להכין תכניות היערכות להתמודדות עם משבר האקלים.

משרד האנרגיה והתשתיות הקים צוות היגוי ייעודי לגיבוש תכנית היערכות לשינויי האקלים במשק האנרגיה, ולמעקב אחר ביצועה. מסמך זה כולל סיכום של עיקרי התחזית האקלימית והשפעותיה על משק האנרגיה והמים, ועיקרי תכנית ההיערכות הראשונית כפי שגובשה על ידי משרד האנרגיה והתשתיות, יחידות הסמך והחברות הממשלתיות הרלוונטיות.

המסמך ממפה את התחזיות האקלימיות לישראל על בסיס התחזיות העדכניות של השירות המטאורולוגי (שמ"ט) בסיוע המכון לחקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל). התחזיות מתייחסות באופן פרטני לארבע המגמות האקלימיות שהגדיר השמ"ט - **חם יותר** (עליה בטמפרטורה), **יבש יותר** (הפחתת משקעים), **קיצוני יותר** (תדירות גבוהה יותר ודרגה חמורה יותר של אירועי מזג אוויר קיצוני), ו**גבוה יותר** (עלייה במפלס פני הים).

ככלל, ניתן לומר כי **שינויי האקלים עלולים לפגוע ברציפות התפקודית של כלל משק האנרגיה בשלבי הייצור, ההולכה/שינוע והאספקה**. תכניות להבטחת רציפות התפקוד של משקי האנרגיה והמים חייבות להתעדכן בהתאם למידע על סיכוני האקלים הצפויים, ולהתייחס לכל שרשרת הערך. היערכות זו צריכה להיעשות במספר מישורים:

1. **תהליכי עבודה** – ניהול סיכוני אקלים והטמעתם בתוכניות וביישום דורש התארגנות ותהליכי עבודה מתאימים, הטמעה בתכניות העבודה של הגופים הרלוונטיים וביצוע מעקב שוטף אחר ההתפתחויות תוך מתן מענה מתאים.



⁴ משרד ראש הממשלה, החלטה 4079: היערכות ישראל להסתגלות לשינויי אקלים: יישום ההמלצות לאסטרטגיה ותוכנית פעולה לאומית. https://www.gov.il/he/pages/dec4079_2018

⁵ משרד ראש הממשלה, החלטה 1902: היערכות ישראל להסתגלות לשינויי אקלים: יישום ההמלצות לממשלה לאסטרטגיה ותוכנית פעולה לאומית - תיקון החלטת ממשלה <https://www.gov.il/he/pages/dec1902-2022>



2. **רגולציה** – נדרשת מסגרת רגולטורית מתאימה שתאפשר ותעודד את צעדי ההיערכות וההשקעות הרלוונטיות הנדרשות מצד הגופים והשחקנים השונים במשק האנרגיה והמים. זאת, בנוסף לצורך להבטיח שהסיכונים נלקחים בחשבון בתהליכי האישור, והתכנון והבניה של תשתיות ומתקני אנרגיה.
3. **תיאום ושיתוף מידע** - הסיכונים וההשלכות של שינויי האקלים מדגישים את התלות ההדדית בין הסקטורים השונים במשק האנרגיה (לדוגמה, הצורך בחשמל להתפלת מים), בין מקטעי האספקה השונים, וכן את יחסי הגומלין בין גופי התכנון וגורמי הביצוע והתפעול. בהתאם לכך, יש צורך ביצירת בסיס ידע משותף (כדוגמת מערכת מידע על סיכוני אקלים), להנגשת המידע והפרשנויות אודותיו, לצד פעילות מתואמת באופן שוטף.
4. **כוח אדם והכשרות** - בנוסף ליצירת תנאי עבודה בטוחים לעובדים במתקנים השונים, יש להכשיר גם את מקבלי החלטות ובעלי תפקידים רלוונטיים, ולצייד אותם בידע ואוריינות הדרושים לניתוח סיכוני אקלים, להבנת משמעויותיהם וליכולת ההתמודדות איתם.



סיכום התחזית האקלימית מצורף לעבודה זו כנספח 1, ודו"ח השמ"ט מיולי 2024, שעליו מתבססות רוב התחזיות לעבודה זו מצורף כנספח 2.



פרק 1: תחזיות אקלימיות לישראל: הסיכונים העיקריים של שינויי האקלים למשק האנרגיה והמים

סיכוני אקלים מחולקים לשתי קבוצות עיקריות – סיכונים פיזיים וסיכוני מעבר. הסיכונים הפיזיים, בהם תתמקד תכנית זו, כוללים סיכונים לגוף ולרכוש (לרבות קרקע, תשתיות, מתקנים וציוד), וכן סיכונים לתהליכים, כמו תפעול שרשראות אספקה, שינוי ותחזוקה, הנובעים משינויי האקלים, כפי שמתוארים בהמשך עבור המשקים השונים. סיכוני מעבר נובעים ממעבר המשק לכלכלה דלת-פחמן (לדוגמה, העלויות הגבוהות הכרוכות בפיתוח ורכש של טכנולוגיות שמאפשרות מעבר זה). כאמור, עבודה זו תתמקד בסיכונים הפיזיים בלבד.

1.1 סיכוני אקלים: הגדרות

קיימים שני מונחים עיקריים מקובלים המתארים נזקי שינויי אקלים⁶:

סכנה או מפגע (hazard) – תופעה העלולה לגרום נזק, כגון גלי חום, הצפות, שריפות ועוד. תופעות אלו עלולות להיות כרוניות ולהתרחש באופן הדרגתי וארוך טווח כמו עלייה במפלס פני הים, ולחלופין הן עלולות להיות אקוטיות – אירועי קיצון המתרחשים בפרקי זמן קצרים, כגון גשם כבד מאוד או רוחות חזקות. סכנות אקוטיות מאופיינות במשך הזמן הקצר שלהן, לצד עוצמתן הגבוהה וחומרתן הרבה.



סיכון (risk) – היתכנות שסכנה או מפגע (בהתאם להגדרה לעיל) יגרמו לנזק בתשתיות. הסיכון מורכב משילוב מספר הסתברויות – ההסתברות לשינוי האקלימי, ההסתברות שהשינוי האקלימי יוביל למפגע, ההסתברות לעוצמות והיקפים גיאוגרפיים שונים של המפגע, ההסתברות לטווחים שונים של היקף החשיפה למפגע וכיו"ב.



לאחר אמידת הסיכון, ניתן לאמוד את עוצמת הפגיעות (vulnerability), שהיא היכולת של המערכת הנפגעת להתמודד עם הנזק שנוצר מהסיכון, למשל מה הסבירות לשיבוש ביכולת אספקת החשמל בשקלול הסיכויים לסיכונים השונים שעשויים לפגוע ביכולת זו.



1.2 סיכום סיכוני האקלים למשקי האנרגיה והמים

איום הייחוס האקלימי, שאומץ על ידי משרד האנרגיה והתשתיות, מחלק את התחזיות האקלימיות לישראל על בסיס התחזיות העדכניות של השירות המטאורולוגי (שמ"ט), מיולי 2024⁷ לארבע תקופות: 2020-2040, 2040-2060, 2060-2080 ו-2080-2100. ההשוואה לתקופה הנוכחית המוגדרת עפ"י השמ"ט כממוצע בשנים 2000-2020.⁸ התחזיות מתייחסות פרטנית לארבע המגמות האקלימיות שהגדיר השמ"ט:

- **חם יותר** – עליה בטמפרטורות.
- **יבש יותר** – הפחתת משקעים.
- **קיצוני יותר** – תדירות ודרגה גבוהות יותר של אירועי מזג אוויר קיצון.
- **גבוה יותר** – עלייה במפלס פני הים.



⁶ ד"ר מירי צלוק, ד"ר לירון אמדור, ישראל טאובר, ד"ר אלהאם שחברי, אורי רמון ופרופ' נגה קרנפלד-שור. מתווה למיפוי סיכוני שינויי אקלים בישראל". פברואר 2022.

⁷ ניתוח מגמות אקלימיות ואירועי קיצון בישראל לאורך המאה 21, שירות מטאורולוגי

⁸ שם

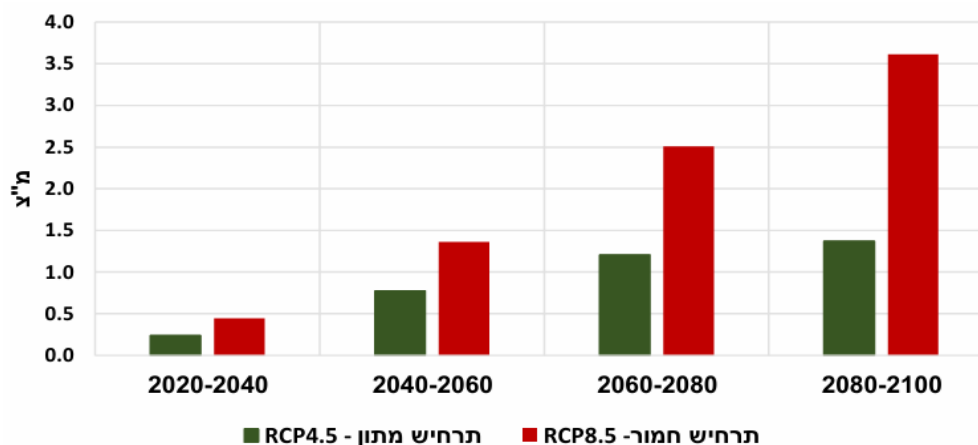


1.2.1. חם יותר

עליית הטמפרטורה בממוצע – ככלל, הטמפרטורה הממוצעת תעלה בכל שנה ברחבי הארץ, בין 0.5 ל-1 מעלות צלזיוס (מ"צ) עד שנת 2040, ועד 1.4 מ"צ בין השנים 2040-2060, עד 2.5 מ"צ ב-2060-2080, וב-3.6 מ"צ ב-2080-2100.



כפי שניתן לראות באיור 1, צפויה עליה מגמתית בטמפרטורות הממוצעות בישראל, הן בתרחיש המתון והן בתרחיש החמור.



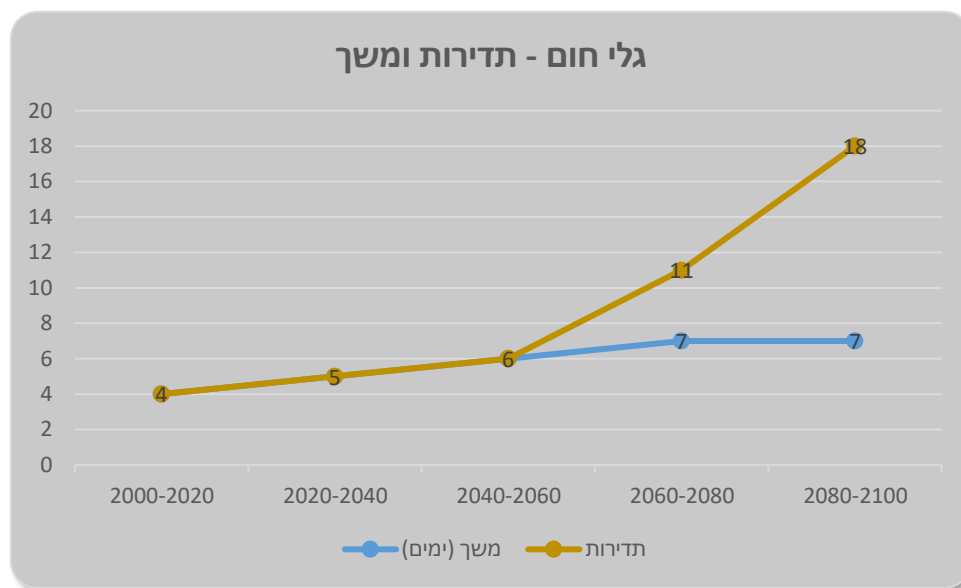
איור 1: אנומליה בטמפרטורה השנתית הממוצעת (מעלות צלזיוס) ביחס לממוצע התקופה 2000-2020 בתרחיש מתון (ירוק) וחמור (אדום)⁹

גלי חום – גלי חום מוגדרים כרצף של 3 ימים לפחות עם עומס חום כבד או טמפרטורה ממוצעת הגבוהה בלפחות 4 מ"צ מהממוצע הרב שנתי לאותו החודש. מאז שנת 2000 היו בממוצע כ-4 גלי חום בשנה. גל חום קיצי מאופיין בטמפרטורות גבוהות מאוד עם לחות נמוכה יחסית בהרים ובפנים הארץ, במזג אוויר הביל במישור החוף ולעתים גם בשפלה. המשמעות המרכזית למשק האנרגיה הינה השפעה על הביקוש לחשמל.



באיור 2 ניתן לראות את העלייה הצפויה במספר ימי חום קיצוני וגלי חום (5 מ"צ בשנת 2030, 6 ב-2050 ו-7 ב-2100), בעוצמתם ובמשכם (5 ימים ב-2030, 6 ימים ב-2050, עד 18 ימים ב-2100) בתרחיש החמור RCP 8.5. כלומר, העלייה במספר הימים והלילות החמים תהיה ללא הפוגה בעומסי החום.

⁹ שם.



איור 2: תחזית גלי חום (משך ותדירות) עד 2100

1.2.2. יבש יותר

סיכון לשריפות – צפויה עליה במספר הימים בשנה עם סיכון גבוה לשריפות. שילוב של יובש, רוחות חזקות וטמפרטורה גבוהה, מייצר פוטנציאל להתלקחות שריפה. בתנאים אלו, עלולות להיגרם מספר 'שריפות קיצוניות', שהן שריפות ענק כמו בהרי הכרמל ב-2010. כיום ישנם 70 ימים המוגדרים כבעלי "אינדקס שריפות גבוה", כלומר בעלי פוטנציאל שריפות גבוה. משנת 1986 ועד 2019 חל גידול של 8% (סה"כ) בפוטנציאל פריצת השריפות.



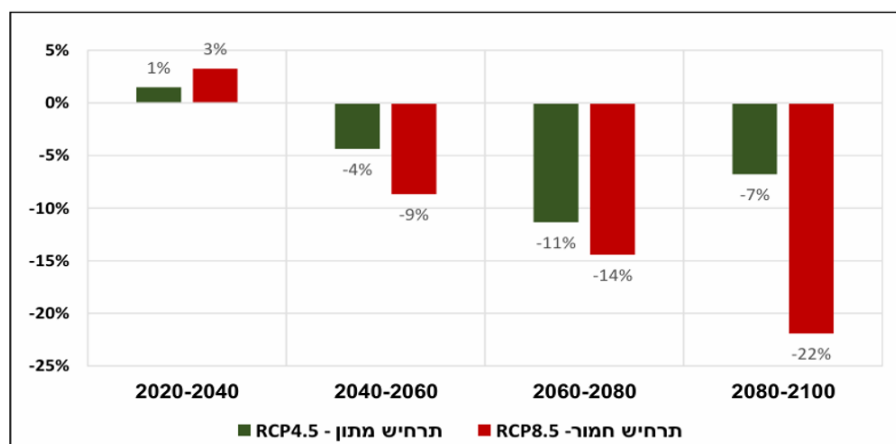
גידול זה הינו תוצאה של גורמי אקלים בלבד, ולא כולל את השפעות הגידול באוכלוסייה, פעילות אדם והשינויים בשימושי הקרקע. לפי תרחיש השמ"ט, יש להיערך לכ-30 ימים בשנה בשנת 2030, בהם יהיה סיכון גבוה להיווצרות שריפות גדולות שמשבן (עד השתלטות) עלול להגיע ל-7 ימים, ובשנת 2050 יש להיערך לכ-50 ימים בשנה בהם יש סיכון גבוה להיווצרות שריפות מסוג זה.¹⁰

משקעים - לא צפוי שינוי משמעותי בכמות המשקעים השנתית בישראל עד 2040. עם זאת, בשנים 2040-2060 צפויה ירידה של 4-9% ביחס לתקופה 2000-2020, ב-2060-2080 ירידה של 11-14%, וב-2080-2100 ירידה של 22-7% (איור 3). על אף הירידה הממוצעת במשקעים, מופעי המשקעים עצמם יהיו קיצוניים יותר (ע"ע קטגוריית ה'קיצוני יותר' עבור מידע על שיטפונות).¹¹ ירידה בכמות המשקעים עלולה להשפיע לרעה על היצע של מים שפירים, כך שהצורך בהתפלה יגבר, ובהתאם גם הגידול בצריכת החשמל הצפויה.



¹⁰ מדי סכנת שריפות בישראל, יפתח זיו, השירות המטראולוגי, 20 דצמבר 2022

¹¹ מגמות חזויות במדדי טמפרטורה וגשם בעונת החורף בישראל עד אמצע המאה הנוכחית, 7 מרץ 2024



איור 3: השינוי באחוזים בכמות הגשם הממוצעת ביחס לתקופה 2000-2020 בתרחיש מתון (ירוק) ובתרחיש חמור (אדום). מקור: השמ"ט¹²

בצורת – כתוצאה מעליית הטמפרטורה והפחתת המשקעים, צפויה עליה בשכיחות אירועי הבצורת באזור המזרח התיכון (כולל ישראל), אשר עלולים להפחית את סך מי התהום הזמינים של ישראל ושכנותיה, שלהן ישראל מספקת מי שתיה (קרי, ירדן והשטחים הפלסטיניים). גידול האוכלוסין הגבוה בישראל יגרום לעליה נוספת בביקוש למים, וכתוצאה מכך ללא היערכות מוקדמת ייתכנו קשיים באספקה סדירה של מים מתוקים לצרכנים בעתיד.



סופות אבק וחול – כתוצאה מתהליכי מדבור אזוריים (במדבר הלובי וממזרח בעיראק) ועקירת צמחיה, צפויות לפקוד את ישראל סופות חול ואבק רבות בשנים הבאות. סופת אבק וחול קיצונית צפויה להימשך עד 3 ימים רצופים, עם הפחתה בעצימות הסופה ביומה האחרון. בין מאפייניה המרכזיים - ראות לקויה (מטרים ספורים), רוחות בעוצמות גבוהות (עד 90 קמ"ש), טמפרטורות גבוהות (40 מ"צ). סופות אבק עלולות לגרום להפחתת ייצור החשמל ממתקנים סולאריים בשל הפרעה בקליטת השמש בפאנלים.



1.2.3. קיצוני יותר

סופות גשם קיצוניות – על אף ירידה בממוצע כמות המשקעים, קיים צפי לעלייה בתדירות ובעוצמת אירועי גשם קיצוניים בפרקי זמן קצרים. אירועי גשם קיצוניים צפויים להתקיים ב-3 מרחבים עיקריים: גוש דן ומישור החוף, צפון הארץ ומפרץ חיפה ודרום הארץ ומזרחה. המשמעותיות הן ימי גשם רציפים של 3-6 ימים, במהלכם תיגרם עליה במפלס הנחלים וריבוי שיטפונות בערי רצועת החוף. בנוסף, צפויות סופות רעמים, המלוות בברד, רוחות עזות, הצפות וגלים גבוהים¹³.

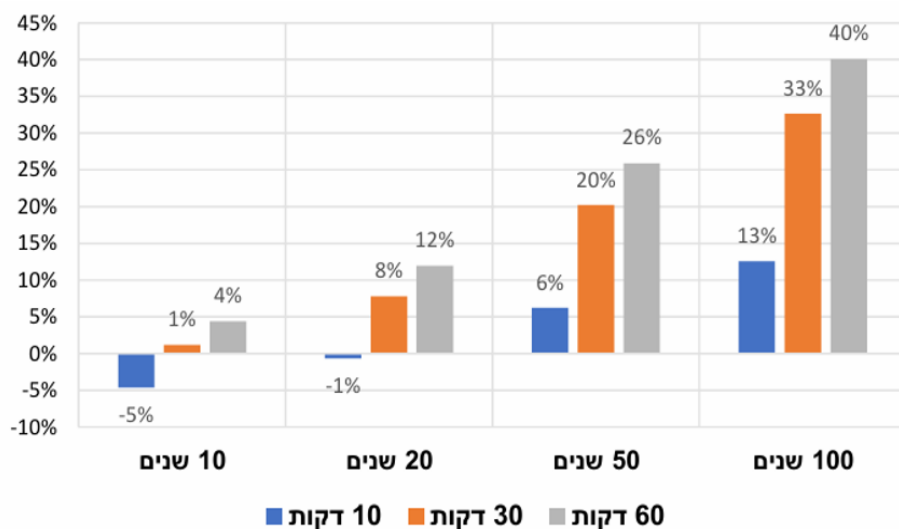


לכן, יש להיערך לעוצמות גשם (כמויות גשם גדולות בזמן קצר) - שיהיו גבוהות ב-30% מהממוצע כיום ב-2050 ו-70% ב-2100 בתרחיש החמור (איור 4).

¹² ניתוח מגמות אקלימיות ואירועי קיצון בישראל לאורך המאה ה-21, השירות המטאורולוגי, יולי 2024

¹³ שיטפונות והצפות – שיטפון הוא אירוע זרימה בנחל יבש או התגברות הזרימה בנחל עם זרימת בסיס (רלבנטי יותר לדרום הארץ) והצפה מתייחסת כאשר המים בנחל גואים מעבר לערוץ זרימתם הרגיל ומציפים את סביבתם.





איור 4: השינוי באחוזים בעוצמת הגשם באזור מרכז הארץ, בהתאם למשך זמן החזרה

ברקים – אירועי מזג אוויר סוער יכללו גם סופות ברקים עצימות, עם עלייה בהיקף הברקים בטווח זמן מרוכז. עוצמת ברקים רגילים מוגדרת ב-30 אלף אמפר, ו"מגה" ברקים מוגדרים בעוצמה של 200 אלף אמפר. קיימת שונות בין האזורים השונים בארץ מבחינת ברקים כיום: במרכז הארץ (גוש דן) – ישנם בממוצע 25-30 ימי ברקים בשנה, בעיקר בחורף; בצפון (חיפה, רמת דוד, רמת הגולן) – 40-50 ימי ברקים בשנה, בעיקר בחורף; ובדרום – כ-10 ימי ברקים, בעיקר בעונות המעבר. אמנם סופות הברקים צפויות להתקצר במשכן, אך לא בעוצמתן, בפרט באזור חיפה, ולהביא לכך שבמהלך שעות בודדות יכו מאות ברקים בדקה בעוצמה של 30 אלף אמפר. בנוסף, אירוע בודד יוכל להפיק ברקים במספר דומה לשנת 2020 כולה. כל עליה של 1 מ"צ בטמפרטורה נמצאת בקורלציה חיובית של תוספת ב-15-20% בברקים.



ערפל קיצוני – ערפל הוא מצב בו טיפות מים מיקרוסקופיות מרחפות באוויר במרחק לא רב מהקרקע, כך שלרוב הוא מוריד את הראות למרחק של פחות מ-1 ק"מ. ערפל קיצוני הוא אירוע ערפל הנמשך 7 לילות רצופים, עד שעות הבוקר המוקדמות. זמן התרעה לערפל קיצוני הינו בין 3-5 ימים. ערפל עלול לגרום בעיקר להפחתה של ייצור חשמל ממתקנים סולאריים.



שלג קיצוני – בצפון רמת הגולן ובפסגת הגליל מתקבלים אירועי שלג (הצטברות של 5 ס"מ ומעלה) בכל שנה בממוצע, ובהרי יהודה (כולל ירושלים) אחת לשנתיים בממוצע. במשך 100 השנים האחרונות נצפו 4 אירועי שלג קיצוניים. משך אירוע שלג קיצוני צפוי להיות עד 4 ימי היערמות שלג רצופים של 50-80 ס"מ בפסגות הרי הצפון בעקבות אירועים אלו צפויים גם שיטפונות בנחלים, הצפות כבישים ביישובי ההר, וקריסת עצים. בנוסף, היערמות שלג עלולה לגרום לקריסה של גגות וחסומות דרכי גישה למתקנים ותשתיות אנרגיה ומים. זמן ההתרעה לאירוע שלג קיצוני הינו עד 5 ימים לפני האירוע, וחיזוי מדויק בין 24 ל-72 שעות טרם האירוע.



אירועי ברד שכיחים במהלך עונת הגשמים, בעיקר בסתיו באזור החוף (אוקטובר-נובמבר), ובאביב (מרץ-אפריל) בפנים הארץ ובדרומה. באירוע ברד סטנדרטי, הברד הממוצע הוא בקוטר של 1-2 ס"מ, ואינו גורם לנזקים. אחת לעשור מתקבל בישראל אירוע ברד בו גודל הברד מגיע ל-5-7 ס"מ, אשר גורם לנזקים חמורים לתשתיות.



רוח – כל תשתית מושפעת מפרצי רוחות בשל התנאים והמיקום הגיאוגרפי שלה, לכן יש לבדוק נקודתית מהי מידת השפעה עבור כל מתקן ומהם הצעדים הנדרשים להתמודדות עם השפעות אלו. משבי רוח מעל 100 קמ"ש גורמים לנזקים כבדים: קריעת כבלים, נפילת חפצים, קריסת מבנים. רוחות בעוצמה כזו מתקבלות אחת לשנה.



נכון להיום, הרוח המקסימלית הנמדדת בישראל בנקודה הסוערת ביותר הינה 200 קמ"ש. בנקודות אחרות, אחת לשנתיים ניתן לצפות למשב רוח של 120 קמ"ש.

1.2.1. תופעות במרחב הימי - לא רק גבוה יותר

עלייה במפלס פני הים – במפלס הים התיכון תועדו בעשור 2009-2019 עליות של עד 10 מ"מ בשנה. תרחיש הייחוס המחמיר לשנת 2100 צופה עלייה של 1.06 מ' במפלס פני הים, אך מפלס השיא (כולל השפעה של גאות, עליית פני הים כתוצאה מסערות ואת גובה הגלים) עלול לעלות ב-1.2 מטר ב-2050 וב-2 מטר ב-2100 (כולל היערמות ועונתיות). על כן, ועל מנת להימנע מהצפות, יש לתכנן מתקנים, מבנים ותשתיות הצמודים לחוף (קיימים ועתידיים), כך שיהיו מותאמים לעליית מפלס של מעל 1.5 מטר. יודגש, שהנתונים מתייחסים לעלייה אנכית. היחס בין העלייה האנכית להתפשטות קו המים לכיוון החוף הוא ביחס של 1:75. כלומר, עלייה של 1 ס"מ במפלס פני הים, משמעותה אובדן של רצועת חוף באורך 75 ס"מ – כלומר מתקנים שנמצאים בשטח רצועת החוף וצריכים לפעול ב-70 השנים הקרובות נמצאים בסיכון להצפה מתמדת, לכוחות הגלים, לקורוזיה וכו'. עלייה במפלס מי הים יכולה לגרום גם להמלחה של מי האקוויפר. לכן ישנה חשיבות לתכנון אופטימלי מקדים של מתקני אנרגיה ותשתיות עתידיים בהתאם לסיכונים.¹⁴



גלים קיצוניים - גלי חוף שמגיעים לגובה רב בשילוב של רוחות עזות עלולים לגרום להצפת רצועת החוף. משך פוטנציאלי של אירוע גלים קיצוני נע בין 12-24 שעות בין החודשים נובמבר-אפריל, עם זמן התרעה של 3-5 ימים. קיימים מאפיינים שונים לכל אזור חופי:



חוף הים התיכון - היווצרות גלים עד גובה 8 מטרים, רוחות עד 70 קמ"ש ומשבים עד 100 קמ"ש, עלייה פוטנציאלית בשכבי הנחלים הגעתון, הנעמן, הקישון והירקון ועלייה בסיכוי להצפות בחיפה ובתל אביב. ב-70 השנים האחרונות התרחשו 4 אירועי קיצון מסוג זה אשר הובילו לסחיפה לים של תשתיות ומבנים חופיים, פגיעה באתרים ארכיאולוגיים הסמוכים לים, פגיעה בצירים ובתים, נזק למבני מסחר, פגיעה במבני תשתיות ונמלים, היסחפות אניות ואנשי צוות לעבר החוף ושוברי הגלים וצורך בחילוץם.

חוף מפרץ אילת - היווצרות גלים עד גובה 3 מטרים, רוחות עד 70 קמ"ש ומשבים עד 90 קמ"ש. ב-70 השנים האחרונות התרחשו אירועי קיצון מסוג זה אשר הובילו להצפת בתים באילת, סחיפת תשתיות, מבנים ציוד והטחתם בחוף, השקעת טונות אשפה שנגרפה מהיבשה ושביר ציוד שנסחף לחוף, סחיפת בטון ואספלט ופגיעה בכבישים ושטחי חניה באזור בתי המלון, פגיעה בכביש 90 בין אילת לטאבה, חסימת תנועה ופגיעה בכלי שיט במפרץ.

התחממות מי הים - התחממות מי הים יכולה להוביל להופעת נחילי מדוזות גם בחוף, אשר יהוו מפגע בשל השימוש במי הים לקירור תחנות ייצור חשמל. המדוזות עלולות להיסחף עם מי הקירור ולפגוע בתהליך ייצור החשמל ובתפעול מתקני ההתפלה.



המלחת הים – בשנים האחרונות, תועדה עלייה במליחות מי הים התיכון של כ-0.007 PSU (practical salinity unit) בשנה. צפויה המלחה של שכבת המים העליונה של הים התיכון בשיעור של 0.07 PSU עד שנת 2030, ו-0.21 PSU עד שנת 2050. לתופעה זו עלולה להיות השפעה על תהליך ההתפלה ועל איכות המים באקוויפר החוף.



החמצת הים – עליית רמת הפחמן הדו-חמצני (פד"ח) באטמוספירה גורמת להתמוססותו במים, ובכך ליצירת חומצה פחמתית המעלה את רמת החומציות של המים. כתוצאה מכך ישנה ירידה של 0.02 במדד החומציות (PH) בעשור, ¹⁵ כך שעד 2030 צפויה ירידה של 0.02 PH, ועד שנת 2050 צפויה ירידה של 0.06 PH ביחס לשנת 2020.



¹⁴ דו"ח חיא"ל עליית מפלס פני הים H04/4/2023, 2023

¹⁵ המדד גבוה בסביבה בסיסית, ככל שהסביבה חומצית ערך ה-PH יורד.



עלייה בחומציות עלולה להגביר את הסיכון לקורוזיה של מתכת במתקני ומבני תשתית ימים, להרס של מבני בטון ולהשפעה על תפעול מתקני התפלה.

1.2.2. סיכונים נלווים

לסיכונים האקלים הללו נלווים מספר סיכונים נוספים בעלי השפעה פחותה יחסית, כמפורט להלן:

התארכות עונת הקיץ - הארכת משך הזמן שבו יתכנו שיאי ביקוש וחשיפה ממושכת לטמפרטורות גבוהות. השלכות תופעה זו כוללות עלייה בצריכת החשמל השנתית הביתית, שיכולה להוביל להוצאות מוגברות על רכש דלק שיצריכו תכנון מקדים ומתאים. כמו כן, מתקני ייצור אנרגיה ותשתיות יתפקדו זמן ממושך יותר בקיבולת ייצור גבוהה, דבר העלול להאיץ את הבלאי ולהגביר את תדירות התחזוקה.



עונת המעבר מתקצרות – עונות המעבר מאופיינות במספר מועט של שיאי ביקוש לחשמל, וכך מספקות חלון זמן לביצוע עבודות תחזוקה בחלק מאסטרטגיית ההיערכות לחורף ולקיץ. קיצורן של עונות אלו מצמצם את חלון הזמן המוקדש לתחזוקה ומשפיע על ניהול מתקני הייצור וההולכה.



דצמבר	נובמבר	אוקטובר	ספטמבר	אוגוסט	יולי	יוני	מאי	אפריל	מרץ	פברואר	ינואר
סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך	סופות אבק ואובך
ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל	ערפל
שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג	שלג
גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף	גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף
שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף	שיטפונות בגוש דן ובמישור החוף
גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה	גשם קיצוני במפרץ חיפה
שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה	שיטפונות והצפות במפרץ חיפה
גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	גשם קיצוני בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח
שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח	שיטפונות בכל הארץ בדגש על דרום ומזרח
גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ
גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ	גל חום בכל הארץ

איור 5: סיכונים בחלוקה לעונות השנה¹⁶

פרק 2: סקירה בינלאומית – דוגמאות נבחרות של מהלכי היערכות והסתגלות של מדינות מהעולם

שינויי האקלים מציבים אתגרים גלובליים המחייבים היערכות מערכתית של משקי האנרגיה ברחבי העולם. משרדי האנרגיה במדינות שונות פועלים לפתח תכניות חוסן ואסטרטגיות הסתגלות המשלבות מדיניות, תכנון תשתיות וניהול סיכונים, במטרה להבטיח אספקת אנרגיה יציבה ובת-קיימא בתנאים משתנים. אמנם מדינות רבות מתמודדות עם סיכונים ייחודיים הנובעים מתרחישי אקלים שונים, אך ישנן גישות היערכות מגוונות. סקירה זו תבחן את הגישות המרכזיות להיערכות לשינויי אקלים במשקי האנרגיה של מדינות שונות, תוך דגש על יוזמות חדשניות, שיתופי פעולה בינלאומיים והתמודדות עם אתגרי יישום.

ארה"ב 

¹⁶ מתוך מסמכי נגה

משרד האנרגיה האמריקאי (DOE) מוביל תכנית היערכות והסתגלות מקיפה למשק האנרגיה בהיקף של כ-50 מיליארד דולר¹⁷ שמשלבת היבטי מדיניות, תשתיות, תפעול וניהול סיכונים. התכנית כוללת הערכת פגיעות של אתרים ומתקנים קריטיים, פיתוח תכניות חוסן, ושילוב שיקולי אקלים בתכנון ותפעול מערכות אנרגיה¹⁸. תכנית זו מתעדכנת בכל 4 שנים, לצד מעקב ודיווח התקדמות שנתי. האחריות ליישום התכנית מוטלת על מנהל הקיימות של ה-DOE.

תרחישי שינוי האקלים העיקריים המאיימים על המשק האנרגיה האמריקאי כוללים: אירועי חום קיצוני (המשפיעים על ביקושי שיא וביצועי משק האנרגיה), בצורות (הפוגעות בזמינות מי קירור לתחנות כוח), סערות והוריקנים (הגורמים נזק לתשתיות הולכה), ושריפות (המסכנות קווי מתח). לתופעות אלו ישנם נזקים כלכליים משמעותיים – הוריקן איידה (2021) גרם לנזק של כ-95 מיליארד דולר לתשתיות (כולל הפסקות חשמל נרחבות), שריפות היער בקליפורניה (2018) גרמו לנזק של כ-24 מיליארד דולר לתשתיות חשמל, ועוד. ללא היערכות מתאימה, נזקי האקלים למשק עלולים להגיע למאות מיליארדי דולרים עד לשנת 2050.

הימנעות מפעולה נתפסת כבלתי אפשרית בעיני האמריקאים, ולכן הם פועלים למעורבות אקטיבית של כל בעלי העניין במשק האנרגיה להבטחת חוסנה של המערכת בעתיד. צעדי ההיערכות כוללים, בין היתר, חיזוק ומודרניזציה של רשת החשמל (הקמת מחקרי פגיעות רשתות הולכה/חלוקה, חיזוק תחנות משנה ומתקני תשתית, ומודרניזציה של רשתות ומערכות), ביזור מקורות אנרגיה באמצעות שילוב מערכות אגירה ופיתוח מיקרו-גרידים, ניהול של צד הביקוש והתייעלות אנרגטית, מיסוד אדפטציה בתהליכי עבודה ורגולציה (הטמעת שיקולי אקלים במדיניות ודירקטיבות, פיתוח סעיפי רכש מכווני אקלים ויישום תקני בנייה למבני ממשלה), בניית יכולת ארגונית (מינוי גורם אחראי, הקמת ועדת היגוי בכירה והקמת צוותי אדפטציה) והכשרות כוח אדם.



בריטניה

בריטניה מובילה מדיניות היערכות לשינויי אקלים המעוגנת בחוק שינויי האקלים (2008), תוך הערכת סיכונים שיטתית ומעורבות של גופי תשתיות ובעלי עניין במשק האנרגיה והתשתיות. הוועדה לשינויי אקלים (Climate Change Committee), בשיתוף רגולטור האנרגיה (Ofgem), ומשרד האנרגיה הבריטי (BEIS), מעדכנים את התכנית מדי 5 שנים, עם דרישה מספקי שירותים חיוניים לדווח על היערכותם (ARP - Adaptation Reporting Power). המדינה מתמודדת עם תרחישי סיכון הכוללים: הצפות (המסכנות תשתיות קריטיות), רוחות חזקות ועומסי חום (הפוגעים ברשתות הולכה), ועליית טמפרטורות (המשפיעה על ביקושי האנרגיה ויעילות מערכות). אחד מהנזקים הכלכליים הבולטים שחווה בריטניה הוא סופת חורף קיצונית שהתרחשה ב-2013, שגרמה לנזק של כ-1.3 מיליארד ליש"ט לתשתיות חשמל. ללא פעולות הסתגלות, הנזקים השנתיים למשק עלולים להגיע ל-10 מיליארד ליש"ט עד 2050.

לאור כך, ננקטו מספר צעדי היערכות¹⁹ במסגרת תכנית המתמקדת בחובת דיווח של ספקי תשתיות על היערכותם, עידוד השקעות לעמידות תשתיות, עדכון תקנים לתכנון, פיתוח מודלים לחיזוי השפעות אקלים, ומחקר על פתרונות אדפטציה. הגישה הבריטית מדגישה את חשיבות המעורבות של המגזר הפרטי והציבורי כאחד, עם דגש על שקיפות ודיווח.

¹⁷ מתוך אומדן תקציבי של ה-DOE <https://www.sustainability.gov/pdfs/doe-2024-cap.pdf>

¹⁸ DOE. 2021 Climate Adaptation and Resilience Plan. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-09/DOEClimateAdaptationandResiliencePlanSept21.pdf>

¹⁹ HM government. The Third National Adaptation Programme (NAP3) and The Fourth Strategy for Climate Adaptation Reporting. 2023



בין הצעדים קיימת חובת הערכת סיכונים והכנת תכניות היערכות - ספקי שירותים ותשתיות המים והחשמל נדרשים לדווח על המוכנות לסיכונים ודרכי היערכות לשינוי אקלים ועל אופן נקיטת הפעולות; תמיכה בהשקעות להקשחת תשתיות קריטיות - עידוד השקעות באמצעים לעמידות תשתיות דרך מנגנון מחירים וקביעת או הגבלת מחירים שיאפשרו הכנסות מספיקות לביצוע השקעות; עדכון תקנים לתכנון תשתיות חדשות - סקירה, עדכון והתאמת תקני בנייה לרבות עמידות מזג אוויר, פיתוח מודלים לחיזוי השפעות אקלים על מערכת האנרגיה - מודל לחיזוי עמידות הרשת כתוצאה מאירועי מזג אוויר קשה מקומית ולאומית, מחקר והערכה של פתרונות אדפטציה, שיפור מערכות ניטור והתראה ועוד.



איטליה מובילה אסטרטגיית היערכות לאומית המשלבת טיפול בממשקים בין משקי האנרגיה והמים. האסטרטגיה גובשה ב-2015 ועודכנה בתכנית פעולה לאומית ב-2023, תוך שיתוף בעלי עניין ושאלוני ציבור מקוונים. משרד הסביבה והאנרגיה, מוביל את התכנית עם 361 פעולות מועדפות בסקטורים שונים. תרחישי שינוי האקלים העיקריים שעלולים לפקוד את המדינה ומשפיעים על משק האנרגיה כוללים עליית טמפרטורות שתוביל לגידול בביקוש לקירור בקיץ, עליית משקעים באופן קיצוני שתשפיע על ייצור הידרואלקטרי, בצורות שישפיעו על קירור תחנות כוח, ותנודתיות טמפרטורות שתשפיע על יעילות הולכת חשמל. במשק המים נערכים לשינויים בדפוסי משקעים, בצורות ומחסור במים, אירועי גשם קיצוניים והצפות, ושינויים בזמינות מים באגנים.

צעדי ההיערכות בתכנית המשולבת הכוללים: במשק האנרגיה – שיפור ניהול ביקושי האנרגיה לחימום וקירור, פיתוח רשת החשמל וקישוריות למתחדשות, גיוון מקורות אנרגיה וביטחון אספקה, והחלפת מערכות קירור בתחנות כוח. במשק המים – מחזור ושימוש חוזר במים, מתן תמריצים מוצרים חסכוניים במים, הגדלת נפח אגירה ומאגרים, שיפור יעילות רשתות ומניעת פחת, ניהול נגר עירוני, תמיכה בחדשנות ומודרניזציה בחקלאות, והתאמת מתקני טיהור שפכים לאירועי קיצון.

הפרלמנט האיטלקי קבע רגולציה ספציפית עבור המרחב העירוני – נקבעו תקנים חדשים לחיסכון במים בבנייה, גובשו תכניות משולבות ליעילות בשימושי מים והשקיה. תכנית פיתוח הרשת לשנת 2021 כוללת מספר השקעות לחיזוק חלקים ברשת, למניעה והפחתה של סיכוני הפסקות חשמל. התכנית הלאומית להיערכות לאסונות תוקצבה ב-500 מיליון אירו לפעולות אדפטציה, שמטרתן להגביר את החוסן של 4,000 קילומטרים של רשתות החשמל בפני רוחות חזקות, נפילת עצים, קרח, גלי חום, שיטפונות וסיכונים הידרו-גיאולוגיים.



יוון מובילה אסטרטגיה לאומית להתמודדות עם שינויי האקלים, אשר כוללת הערכה של הסיכונים והסקטורים הפגיעים שבוצעה ב-2011 על ידי ה-CCISC. האסטרטגיה הלאומית לאדפטציה (NAS), אושרה ב-2016, וקובעת יעדים כלליים, עקרונות מנחים ואמצעים ליישום אסטרטגיה אפקטיבית ופיתוח אסטרטגיות אדפטציה בסקטורים שונים. כמו כן, 13 תכניות פעולה אזוריות לאדפטציה (RAAP) מהוות תכנית פעולה משלימה לאסטרטגיה הלאומית, עם דגש על השפעות ופגיעות ברמה האזורית והמקומית. בנוסף, תכנית GR In Adapt, בסיוע האיחוד האירופי, מסייעת בהטמעת האדפטציה ביוון בהתאם לאסטרטגיה הלאומית.

עיקרי תכנית ההיערכות של יוון כוללים: במשק האנרגיה – ביצוע מחקרי פגיעות לתשתיות אנרגיה חופיות ומרכזיות, פרויקטים להגנה על מתקני אנרגיה מפני עליית מפלס הים והשפעות אקלים, מחקר ופיתוח של טכנולוגיות קירור יעילות לשימוש במים, פיתוח רשתות חכמות וניהול ביקושים להפחתת השפעות עומסי חשמל בקיץ. במשק המים – איסוף והנגשת מידע אקלימי ומיפוי השפעות על משאבי מים, הערכת ההשפעות על מי



התהום, נגר עילי ויצירת מערכות אקולוגיות מימיות, צעדים לחיסכון במים, תיקון רשתות הולכה וחלוקה והגבלת שאיבה מאקוויפרים, תכניות חינוכיות להגברת המודעות לשינויי אקלים והשפעתם על משאבי המים.

כמו כן, הממשל היווני פעל להקים ועדת היגוי עם בעלי עניין לגיבוש האסטרטגיה והתכניות האזוריות, מחייב רשויות מקומיות לבצע הערכת פגיעות מולטי-סקטוריאלית כחלק מפיתוח מנגנון ניטור ודיווח להבטחת יישום המדיניות והיעדים.

ספרד



מינהל האנרגיה והסביבה, האחראי על יישום תכנית האדפטציה במדינה, פיתח שתי מסגרות עיקריות שקובעות את האסטרטגיה: תכנית לאומית לאדפטציה לשינויי אקלים 2021-2030 – מסגרת-על המהווה תשתית לריכוז ידע תוך מתן מענה לסקטורים השונים במדינה בהיבט של שינויי האקלים, ודוח אדפטציה ייעודי לסקטור האנרגיה (2015) – דוח טכני שניתח את השפעות האקלים על מערכת האנרגיה (מים וחשמל), ובמיוחד את ההשפעה על הביקוש וההיצע. בנוסף, גובש תהליך שיתוף עם כלל בעלי העניין והתייעצות ציבורית.

עיקרי תכנית ההיערכות של ספרד: במשק האנרגיה – שילוב תרחישי אקלים בתכנון וניהול מערכות אנרגיה, ניהול השינויים בביקוש לחשמל הקשורים לשינויי אקלים, מניעת השפעות פוטנציאליות על ייצור, הולכה והפצת חשמל, עדכון אסטרטגיית אגירת אנרגיה, שיפור הידע על השפעות אקלים על אנרגיות מתחדשות, שיפור חוסן ופעילות של מערכות אנרגיה. במשק המים – הערכת סיכונים והשפעות על משאבי מים וסביבה החופית, שילוב נושא שינוי אקלים בתכנון והניהול ההידרולוגי, צמצום סיכונים והגברת שיטות הסתגלות.

הגישה הספרדית מדגישה את החשיבות של חיזוק הידע, ניטור והערכת הסיכונים, כמו גם שילוב שיקולי אקלים בתכנון אסטרטגי של משקי האנרגיה והמים.

פורטוגל



פורטוגל מובילה אסטרטגיית היערכות לשינויי אקלים המתמקדת בניהול סיכונים לתשתיות, התאמת תהליכים, וחיזוק מערכות התרעה והיערכות לחירום. קיימות שתי מסגרות מדיניות עיקריות: האסטרטגיה הלאומית לאדפטציה לשינויי אקלים (2020), ואסטרטגיה לאומית לאדפטציה בסקטור האנרגיה (2012).

המדינה נערכת לתרחישי שינוי אקלים וסיכונים עיקריים: סיכונים לתשתיות פיזיות, שינויים בזמינות משאבי מים וצמיחה מואצת של עצים המסכנים קווי מתח עלילים. בשנת 2017, המדינה חוותה גל חום יוצא דופן שגרם לשריפות יער רחבות היקף, במיוחד במרכז ובצפון המדינה. הנזק הכלכלי כתוצאה מהפגיעה בתשתיות הוערך בכמיליארד אירו. הוקצו כ-3.1 מיליארד אירו כחלק מיישום תכנית ההיערכות ל-2030 להשקעות בחדשנות, אנרגיה מתחדשת ומניעת סיכונים אקלים.

עיקרי צעדי המדיניות שנכללו בתכנית הינם: קידום אנרגיה מתחדשת (הרחבת ייצור חשמל מאנרגיה סולארית, רוח והידרו, כולל תמיכה בפרויקטים גדולים להפקת מימן ירוק), קידום תחבורה ציבורית מופחתת פליטות ופיתוח תשתיות טעינה לכלי רכב חשמליים, עידוד שיפוץ מבנים קיימים להתאמתם לתקנים של יעילות אנרגטית, השקעה במערכות הגנה מפני שיטפונות, שריפות יער וסיכונים אקלים נוספים תוך הטמעת מערכות אזהרה מוקדמת כדי לשפר את יכולת התגובה באירועים קיצוניים.

דוגמאות לפעולות אדפטציה נוספות במדינות שונות



מתודולוגיה להערכת אמצעי אדפטציה ברשת החשמל – בשנת 2021, Terna, המפעילה של מערכת ההולכה הארצית של חשמל באיטליה, פיתחה מתודולוגיה חדשה בשם "Resilience 2.0" להערכת אמצעי אדפטציה להגברת החוסן של רשת ההולכה הלאומית. המתודולוגיה החדשה מאפשרת לזהות את האזורים שבהם תשתיות הרשת פגיעות ביותר, לקבוע את ההסתברות לתקלות עקב אירועי מזג אוויר שונים, ולהעריך את ההשפעה שלהם על מערכת החשמל. אמצעי אדפטציה להגברת החוסן של מערכת החשמל כוללים שדרוגים של התשתיות, וכן אמצעים וכלים לניהול מצבי חירום ושחזור מהיר של השירות הרגיל במקרה של הפסקות חשמל²⁰.

חיזוק והתאמת רשתות חשמל עיליות²¹ – ספקית החשמל הבריטית (WPD), Western Power Distribution, האחראית על הולכה וחלוקה נעזרה במחקר של השירות המטאורולוגי הלאומי של בריטניה אשר זיהה השפעות של שינויי אקלים על ייצור, הפצה והביקוש לאנרגיה. ה-WPD שיתפה פעולה עם ארגון חברות ההולכה והחלוקה (ENA) כדי להוציא לפועל וליישם פתרונות אדפטציה על בסיס מחקר זה. הפתרונות כוללים הגבהת עמודי חשמל, התקנת מוליכים עמידים לפעילות בחום גבוה או שימוש במוליכים בעלי שקיעה נמוכה (low sag). הפתרון בעלות-תועלת הגבוהה ביותר שזוהה היה להגדיל את הטמפרטורה המינימלית המתוכננת של קווים עיליים חדשים, מה שיגדיל את גובה עמודי החשמל ב-0.5 מטר ויאפשר התאמה לשקיעה הצפויה של הכבלים. בנוסף WPD, פיתחה עם חברות הולכה בבריטניה (DNOs) כלי תוכנה לאופטימיזציה של ההספק שניתן להעביר בקווים עיליים.

הבטחת החוסן של תחנות משנה לחשמל בפני הצפות²² - בעקבות אירועי שיטפונות קיצוניים בבריטניה, כגון בקיץ של 2007, שגרמו להפסקות חשמל והשפעות עקיפות על שירותים קריטיים אחרים, הוקמה קבוצת עבודה בהנהלת ארגון חברות ההולכה והחלוקה (ENA) לבחינת החוסן של תחנות משנה לחשמל. המטרה הייתה להגן על תחנות אלה מפני הצפות ולהבטיח את רציפות אספקת החשמל. הגישה כללה זיהוי תחנות בסיכון גבוה להצפות, בהתחשב גם בתחזיות שינויי האקלים, ויישום של פתרונות הגנה כגון חסמי הצפה, מחסומים ניידים, מערכות ניקוז ועוד. עד לשנת 2021 הוטמעו הגנות בכל התחנות הפגיעות, תוך תכנון השקעות המשך להגנה בפני סיכונים שיטפונות. התהליך כלל שיתוף פעולה רחב עם רשויות ממשלתיות, סוכנויות סביבתיות ורשויות מקומיות. הדבר אפשר זיהוי יעיל של הסיכונים והפתרונות המתאימים, תוך עמידה ביעדי חוסן מוגדרים.

פיתוח מערכות התראה מוקדמת לאירועי מזג אוויר קיצוניים - מערכות התראה מוקדמת לאירועי מזג אוויר קיצוניים הן כלי חשוב להיערכות ומוכנות לאסונות טבע. מספר מערכות כאלה פועלות ברמה האירופית, ובהן European Flood²⁵ i European Drought Observatory²³, European Forest Fire Information System²⁴, Awareness System. מערכות אלה מסוגלות לספק התרעות מוקדמות בטווח של מספר ימים על סיכונים בצורות, שריפות ושיטפונות, מה שמאפשר להפעיל אמצעי חירום ולצמצם את הנזקים. המידע זמין ונגיש ברשת האינטרנט למשתמשים. שילוב של מערכות ניטור, התראה והפצה מהווה רכיב חשוב בהיערכות לאירועי מזג אוויר קיצוני.

²⁰ Terna.Terna's Climate Change-related Disclosures.

https://download.terna.it/terna/Terna's_Climate_Change-related_Diclosures_8d93ca41f71390c.pdf

²¹ EU Climate ADAPT web site. Case studies: Adapting overhead lines in response to increasing temperatures in UK. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/adapting-overhead-lines-in-response-to-increasing-temperatures-in-uk>

²² https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/flood-defence-framework-for-national-grid-substations-in-united-kingdom/#solutions_anchor

²³ <https://drought.emergency.copernicus.eu/>

²⁴ <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/>

²⁵ <https://www.copernicus.eu/en/european-flood-awareness-system>

פרק 3: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשרד האנרגיה והתשתיות

משרד האנרגיה והתשתיות, יחד עם הרשויות הרלוונטיות (רשות המים, רשות הגז הטבעי ורשות החשמל) וחברות האנרגיה הממשלתיות, אחראים להבטחת אספקת האנרגיה לכל צורכי המדינה, תוך שמירה על מחירים נגישים ושימוש באמצעים נקיים ומקיימים – הן בזמני שגרה והן במצבי חירום. השפעותיו של משבר האקלים הולכות ומתעצמות, כך שנדרשות פעולות משמעותיות להפחתת הנזקים הצפויים.

בשל תפקידו הקריטי של משק האנרגיה לכלל המשק, החל מאספקת חשמל, דרך אספקת דלקים וגז טבעי, וכלה באספקת מים, תכנית היערכות לשינוי אקלים עבור המשק המקומי היא קריטית כדי להבטיח רציפות תפקודית של המשק כולו.

תפקיד משרד האנרגיה והתשתיות, בדומה לנעשה בעולם, הוא להוביל ולקדם את הנושא במשק האנרגיה המקומי על בסיס תחזיות של הגופים האמונים על הנושא בממשלה. נדרש להיערך בשני מישורים שונים:

המישור המרכזי הוא **היערכות לסיכונים והשלכות על תשתיות ומתקנים במשק האנרגיה** כדי לאפשר אספקה של אנרגיה רציפה על פני זמן ויש להנחות, להדריך ולסייע למשרדים שנמצאים תחת אחריותו הישירה.

במישור השני, **היערכות לסיכונים והשלכות על תשתיות ומתקנים של משרד האנרגיה והתשתיות**, למשל משרדים, ציוד תקשורת וכו'.

צעדי היערכות כלליים נדרשים

- תכנון ארוך טווח של תשתיות אנרגיה** – בכל תכנון עתידי במשק האנרגיה יש להתייחס להיבטים השונים של שינויי האקלים כפי שמפורט בתחזית האקלימית, וכן לתת דגש למשמעויות אלו על היכולת להתקין אמצעים טכנולוגיים חדשים, בחינה של חוסן התשתית (קרי, עמידה בשינויי אקלים) וכדומה. כך למשל יש לתת ביטוי להשפעה של שינויי אקלים על ייצור חשמל בשדה סולארי ובין היתר להתייחס לגבי מה המשמעויות במידה ויש אם מתקנים אמצעים טכנולוגיים שסייעו להגנה משינויי האקלים.



- יציאה למכרזים במשק האנרגיה** – בכל הנוגע ליציאה למכרזים חדשים במשק האנרגיה, כגון: הקמת תחנות כוח, מתקני התפלה, מתקני אחסון גז"מ וכדומה, יש לשקול לתת התייחסות לגבי ההשפעות של שינויי אקלים. למשל, הגדרת דרישות במכרזים ואסדרות של מתקני ייצור עתידיים שיביאו להקטנת השפעת הטמפרטורות הסביבה על ביצועי היחידות. דוגמה נוספת יכולה להיות קביעת תנאי מינימום למרחק מקו החוף עבור הקמת מתקן אנרגיה אסטרטגי.



- תכנון תשתיות מותאם סיכוני אקלים ומבחני עמידות** – בחינת שילוב אמצעי מיגון לתשתיות, ביצוע הערכות תקופתיות לעמידות מתקנים קיימים וחדשים, והכללת ניהול סיכוני אקלים בדרישות הרישוי הסביבתי לתשתיות.



- מוכנות וניהול אירועי קיצון ומענה לשעת חירום בשל מצבי אקלים וביצוע תרגילי חירום** - קידום מענה לשעת חירום אקלימית דרך עדכון תכניות המשרד, הרשויות והחברות הממשלתיות. כמו כן, מומלץ לבצע תרגילים לדימוי תרחישי קיצון אקלימיים ממוקדים ואפשריים, ולתרגל את שלבי הפעולה לטיפול בבעיות שנוצרו בשטח עבור כל אירוע בנפרד (בדומה לתרגילי חירום ביטחוניים).



- שיבושים בייצור ואספקת חשמל עקב עליית טמפרטורה ממוצעת וגלי חום** - בחינה ועדכון אסטרטגיות והנחיות בנוגע להשפעות שינויי אקלים, והנחיית יצרנים פרטיים לביצוע הערכת סיכונים וגיבוס תכניות חירום מתאימות.



- מהלכי ניהול ביקוש, התייעלות וחסכון** – בחינת אפשרויות להגברת אמינות האספקה דרך גיוון מקורות האנרגיה, העלאת מודעות להשפעות שינויי האקלים על ביקוש והיצע אנרגיה, ושכלול ניהול צד הביקוש, כולל



בקרב משקי בית ועסקי ס. למשל, צמצום ביקוש חשמל במבנים למיזוג אוויר על ידי מהלכי התערבות ורגולציה, ניהול ביקושים (DSM) וכו'.



בחינת מנגנוני השקעות ומימון שיסיעו לחיזוק התשתיות אל מול התנאים המשתנים.

• **התארגנות וידע** – מוצע להקים ועדת היגוי פנים משרדית יחד עם אגף חירום במשרד האנרגיה והתשתיות, על מנת ללמוד מאירועי חירום שונים ובכך להיערך לאירועי חירום אקלימיים. לשם כך, יש לבחון הקמת מערך מידע כללי שיאפשר לשתף נתונים בין המקטעים השונים ובין סקטורים שונים (למשל בין חשמל למים או בין חשמל לגז טבעי).



• **יצירת מנגנוני שיתוף פעולה** – יש לפתח פלטפורמות שיתוף פעולה בין משרדי הממשלה וזרועות הביצוע שלה, וכן עם רשויות מקומיות על מנת לתאם אסטרטגיות היערכות רוחביות. פלטפורמות אלה יעסקו בזיהוי מקדים של סיכונים, תכנון מערכות חירום ושיפור תשתיות אנרגיה, תוך התחשבות בגורמי סיכונים אקלים משתנים.



3.1 מכוני המחקר של משרד האנרגיה: המכון הגיאולוגי וחי"ל



3.1.1 המכון לחקר ימים ואגמים (חי"ל)

חקר ימים ואגמים לישראל (חי"ל) הינה חברה ממשלתית לתועלת הציבור, המהווה זרוע ביצוע של הממשלה, שהוקמה לצורך ניצול מושכל ושימור של משאבי הים, החופים והמים של ישראל. חי"ל עוסקת במחקר ופיתוח בתחומי מדעי הים (אוקיאוגרפיה), מדעי האגמים (לימנולוגיה) וכן – ביוטכנולוגיה וחקלאות ימית.

בשונה מרוב החברות הממשלתיות בתחומי האנרגיה והמים, המספקות שירותים המושפעים מהביטויים הפיסיים של שינויי אקלים ובעיקר תשתיות, עיקר עיסוקה של חי"ל מתבטא במחקר. על כן, היערכות החברה לשינויי אקלים דורשת בעיקר התאמות ליכולות המחקר, אשר ישרתו את כלל המשק במדינה ויתמקדו, בין השאר, בפיתוח יכולות במחקר הימי והלימנולוגי שישירתו את היערכות ישראל לשינויי אקלים.

לחי"ל שלושה נכסי תשתית שחלקם נמצאים על חוף הים שיושפעו מעליית המפלס ושינויי אקלים - מבנה ההנהלה והמכון הלאומי לאוקיאוגרפיה, השוכן בחיפה, המרכז הלאומי לחקלאות ימית באילת והמעבדה לחקר הכנרת. כמו כן, לחי"ל מגוון רחב של כלי שייט וציוד מחקר ימי שחלקם דורשים גם היערכות מבנית לשינויי אקלים.

3.1.2 המכון הגיאולוגי

המכון הגיאולוגי הוא מכון מחקר ממשלתי (יחידת סמך של משרד האנרגיה), שייעודו הנחת תשתית ידע מדעי בסוגיות של משאבי טבע וסיכונים טבע. מחקרי המכון מאפשרים לממשלה וזרועותיה להתוות מדיניות ולקבל החלטות. המכון עוסק בסוגיות לאומיות רחבות ורב תחומיות שאינן מטופלות בסקטור הפרטי ומחזיק בסיסי נתונים וידע רב-דורי שאינם נשמרים באקדמיה, כדוגמת ניטור פרמטרים גיאולוגיים וסביבתיים וכן בניה ותחזוקה של מסדי נתונים לאומיים.

בשנים האחרונות במסגרת ההיערכות הלאומית לשינויי אקלים, המכון פעל בשני צירים מקבילים – לוגיסטי ומחקרי. בציר הלוגיסטי בוצעו שלושה צעדים ארגוניים: (1) תוכנן אגף חדש שיתמקד בניצול תת-הקרקע להטמנת פד"ח ואגירת גזים ואנרגיה. תכנית זו הוכנה בשיתוף עם יחידת המדען הראשי של משרד האנרגיה והתשתיות



וממתינה לתקציב. (2) אגפי המכון אורגנו מחדש לחיזוק המחקר בתחומי מים עיליים, המרחב הימי, ותת-הקרקע. (3) חוקרים חדשים נקלטו בנושאים רלבנטיים לשינויי אקלים.

בציר המחקרי חוזקו תחומי הטמנת פד"ח, אגירת גזים ואנרגיה, תגובת המערכת החופית לשינויי מפלס ים, שיטפונות והצפות, שיקום ביצות והפחתת גזי חממה, ניטור מי תהום מפני המלחה, סיכונים מאבק, ואנרגיה גיאותרמית.



פרק 4:

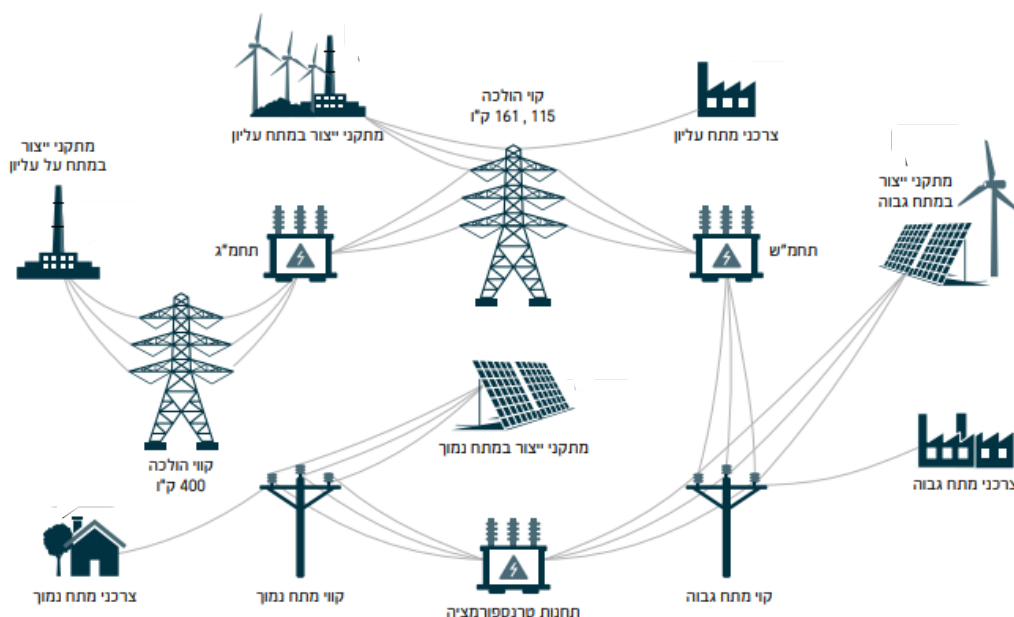
השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשק החשמל

משק החשמל מורכב משרשרת ערך הכוללת מספר מקטעים - ייצור, הולכה והשנאה, חלוקה, אספקה וניהול. כל אחד מהמקטעים חשוף לסיכוני אקלים שונים ומורכבים. הסיכון המרכזי עבור משק החשמל הוא פגיעה במקטע ספציפי שתפגע ביכולת אספקת החשמל לצרכן הקצה ובכך עלולה להיקטע הרציפות התפקודית.

המגמות העיקריות שעשויות להשפיע על משק החשמל בישראל הן "חם יותר" ו-"קיצוני יותר". משמעות המגמה "חם יותר" היא עליה ממוצעת בטמפרטורות – עד שנת 2050 ממוצע שיאי הביקוש לחשמל בקיץ צפוי לגדול בין 2.5% ל-4.1%. העלייה הצפויה בביקוש השנתי לחשמל נובעת בעיקר מהצורך בקירור ואקלום בסקטור המבנים (האחראי לכ-60% מכלל צריכת החשמל בישראל²⁶), ותדירות גבוהה יותר של שיאי ביקוש לאורך השנים. זאת, לצד הגידול בביקוש כתוצאה מהגידול הדמוגרפי והפיתוח הכלכלי. בהתאם, עשוי להיווצר צורך בניהול ביקושים עם סיכון להשלת צרכנים.

המגמה "קיצוני יותר" שמשמעותה התגברות בתדירות ובעוצמה של אירועי מזג אוויר קיצוני, כגון גלי חום, סופות גשם (ברד) וכו', עשויה להגדיל את ביקוש לחשמל, ובמקביל גם להשפיע על מקטעי האספקה השונים כמו סופות חול שעלולות לפגוע במקטע הייצור, שריפות שעלולות לפגוע בקווי מתח עליונים ועוד. שינויים אלו עשויים להשפיע על ביקוש זמני לחשמל, לגרור שיבושים באספקת החשמל ולפגוע גם ביכולת להחזיר את רציפות התפקוד כתוצאה מסיכונים לחיי צוותים טכניים, פגיעה בציוד ועוד.

כמו כן, בעקבות קיצור עונות המעבר, יתכן שיצטמצמו חלונות הזמנים לביצוע עבודות תחזוקה ברשת ובמתקני החשמל.



איור 6: שרשרת הערך במשק החשמל

²⁶ יצוין כי סקטור המבנים כולל את המגזר הפרטי והמסחרי. ניתן לראות מידע באתר משרד האנרגיה והתשתיות. <https://www.gov.il/he/pages/building>

מקטע האספקה – מכירת החשמל לצרכן הסופי.

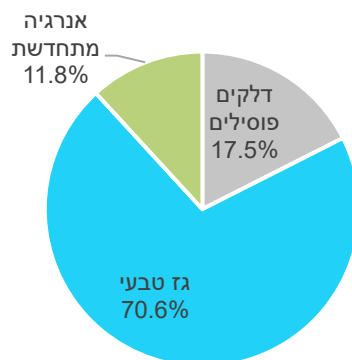
ניהול משק החשמל – קביעת האופטימיזציה של ייצור וצריכה של חשמל ותכנון הפיתוח העתידי של משק החשמל.

צעדי היערכות רותביים מדרשים למשק החשמל

- 
הטמעת היבטי היערכות לאקלים בתכניות הפיתוח – בעת הכנת תכניות פיתוח ע"י חברת החשמל וחברת נגה לפי חוק משק החשמל, יש להתייחס גם להשפעות הצפויות משינויי אקלים על בסיס התחזית האקלימית הנוכחית. התייחסות זו צריכה לכלול גם הבחנה בין אזורים גאוגרפים, ולהתייחס בין היתר להשפעות האקלימיות על הרציפות התפקודית במצבי קיצון, השפעה על ביטחון אנרגיה וניתוחי רגישות בנושא, השפעה תקציבית על התאמת התשתיות המתאימות לעמידה בשינויי אקלים וכו'.
- 
פעולות לשיפור יכולות החיזוי בדגש על התראות בזמן אמת – חיזוק מנגנוני החיזוי וניהול רשת החשמל, בין היתר באמצעות כלי AI. יש לבחון את הנתונים הנדרשים מהשם"ט על מנת לייצר תחזית טווח קצר לחברות התשתית השונות, ובפרט בנוגע להיערכות לניהול ביקושים או היערכות כוח אדם מתאימה בפרק זמן קצר.
- 
גיבוש תכניות שרידות והבטחת רציפות תפקודית – יש לגבש תכניות שרידות ורציפות תפקודית בהתאם לתחזיות האקלימיות והסיכונים שנובעים מהן. זאת במטרה, ליצור גמישות מבנית ותפעולית למשק החשמל גם בתנאי אי ודאות אקלימית. בנוסף בשל קיצור עונות המעבר, יש להיערך בהתאם.
- 
יצירת מנגנוני שיתוף פעולה – כחלק ממרכזי היישום של הרשות המקומית, יש לפתח פלטפורמות שיתוף פעולה המאפשרות לחברות במשק החשמל, רשויות מקומיות ומשרדי ממשלה לתאם אסטרטגיות היערכות רוחביות. פלטפורמות אלה יתייחסו להערכות הסיכונים המתעדכנות ולתוכניות המגזריות במשק האנרגיה בכדי לייצר פעולה משותפת ומתואמת במגזרים השונים.
- 
הכשרות כוח אדם והקמת צוותי חירום – שינויי האקלים עשויים להשפיע על תנאי העבודה של העובדים, לכן מוצע להקים מערך הכשרה להקניית ידע ואוריינות להבנת סיכוני האקלים ומשמעויותיהם על תהליכי העבודה והציוד לתקופות שגרה ולימי חירום ואירועי קיצון. בנוסף, עם התגברות אירועי הקיצור והרחבת השפעתם, יש לשקול לעבות ולהכשיר את צוותי התחזוקה והחירום לחיזוק המענה גם בעת התרחשות אירועי קיצון אקלימיים.

4.1. מקטע ייצור החשמל

ייצור החשמל נעשה בתחנות כוח המוסקות בעיקרן בגז טבעי, לצד שימוש מועט בפחם ומזוט, וכן ממקורות אנרגיה מתחדשים, בעיקר אנרגיה סולארית ומעט אנרגיית רוח. כיום, תמהיל מקורות האנרגיה לייצור²⁷ חשמל הוא כלהלן:



איור 7: תמהיל מקורות האנרגיה

²⁷ יצוין כי בתמהיל מקורות האנרגיה דלקים פוסיליים כוללים שימוש בפחם, מזוט, סולר ואחר.

לפי תכנית משרד האנרגיה והתשתיות לאיפוס פליטות עד לשנת 2050, יבחנו אפשרויות לייצר חשמל באמצעים נקיים נוספים כגון אנרגיה גיאותרמית, אנרגיה גרעינית, מתקנים לייצור אנרגיה מתחדשת שיוצבו בים ועוד. ככל שיוחלט על שילובן של טכנולוגיות אלו במשק האנרגיה הישראלי, יהיה צורך לבחון את ההשפעה הפוטנציאלית של שינויי האקלים על גם על הטכנולוגיות החדשות.



4.1.1 תחנות כוח

יש לוודא שתחנות הכוח הקונבנציונליות, הן בבעלות יצרנים פרטיים והן בבעלות חח"י, ערוכות לייצור חשמל בהתאם להשפעות הצפויות מסיכויי האקלים.

הסיכונים העיקריים במקטע זה נובעים מעליית הטמפרטורה הממוצעת, וכן מעוצמת ותדירות גלי החום, העלולים להקטין את נצילות יחידות הייצור מסוג מחז"מ וטורבינות פיקריות ולפגוע בייצור החשמל.

במדינת ישראל פועלות חמש תחנות כוח חופיות, החשופות במיוחד לסיכויי אקלים בשל מיקומן זה. תחנות כוח בישראל ותשתיות אנרגיה הממוקמות לחופי הים התיכון חשופות לנזקי גלים, סחיפת קרקע והצפות כתוצאה משילוב של עליית מפלס פני הים, עליית טמפרטורת מי הים ומזג אוויר קיצוני. בנוסף לכך, אירועים אלו עלולים לשבש את זרימת מי הקירור בתחנות החופיות.

צעדי היערכות נדרשים

- **ביצוע ניתוחי רגישות בשל שינויי האקלים** – ניהול ביקושים יכול להפחית את ההספק הקונבנציונלי שיידרש כדי לתת מענה למצבים של שיאי ביקוש. משכך, על חברת ניהול המערכת לבצע ניתוחי רגישות לבחינת הפחתת ההספק התפעולי הנדרש של יחידות ייצור במזג אוויר חם. זאת, בשל התגברות תדירות אירועי הקיצון והשפעתם על נצילות ואמינות האספקה. במקביל יש לבחון את רמת רגישות הניתוחים של הספקי התפעול ביחידות הייצור (15% במזג אוויר חם לעומת 10% כיום).
- **בחינה והתאמת מערכות קירור** – בחינת שילוב מערכות קירור מתקדמות שיאפשרו לתחנות כוח לפעול ביעילות גם בימים עם טמפרטורות גבוהות.
- **הגנה מפני מזג אוויר קיצוני** – בחינה ומיפוי תחנות כוח במקומות אסטרטגיים הדורשים מערכות הגנה פיזיות מפני שיטפונות, סערות וכיוצ"ב. יש לבחון קביעת סטנדרטים בהתאם לתחזית האקלימית ולאמוד את היקף ההשקעה הנדרש להגנת תחנות הכוח הדורשות היערכות.



4.1.2 אנרגיות מתחדשות בדגש על פאנלים סולאריים

מאחר שייצור חשמל מאנרגיה סולארית נעשה בישראל לרוב בדו-שימוש (על גגות, שטחים חקלאיים, כקירוי לחניונים ובריכות דגים, ועוד), ייצור חשמל על ידי אנרגיות מתחדשות הוא לרוב מבוזר ומהווה יתרון בהתמודדות עם השפעות פוטנציאליות של משבר האקלים היות ומדובר בפרויקטים רבים ובלתי תלויים באזורים גאוגרפיים שונים, הקרובים לצרכנים ואינם דורשים תשתיות הולכה וחלוקה. יחד עם זאת, ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות חשוף להשפעות שונות של שינויי אקלים קיצוניים.

בעונות המעבר עלולות להתרחש סופות אבק, חול ואובך אשר גורמות להצטברות אבק, מפריעות לקרינת השמש, וכך פוגעות בנצילות התאים הסולאריים. בנוסף, בחורף ובטמפרטורות נמוכות, סופות ברד כבדות עלולות לסדוק ואף לשבור את משטח הזכוכית של הפאנלים, מה שיגרום לירידה בתפוקה ולעיתים לנזק בלתי הפיך של השבתת המערכת. גם אם הנזק שיגרם אינו מהותי, עלולה להיות שחיקה של השכבות העליונות שמגינות על התאים הסולאריים, מה שיקטין את יעילות קליטת האור ובכך יפחית את נצילות ויעילות המערכת.



בנוסף, טמפרטורה גבוהה מידיי עלולה לפגוע בתפוקת הייצור של תאים הסולאריים, דווקא בימים בהם הביקוש לחשמל צפוי להיות גבוה.

הייצור בפאנלים סולאריים חשוף לתנאי סביבה נוספים, כגון פרצי רוח שעלולים לעקור את הפאנלים או שיטפונות עלולים לגרום לסחף קרקע ולפגיעה במערכות קרקעיות.

יש לציין כי חלק מההשפעות מקומיות, כגון סופת ברד או מכת רוח, אך חלקן מערכתיות כגון ימים שלמים בהם הארץ כולה תחת מעטה עננים או נמצאת באובך.

ייצור חשמל מטורבינות רוח חשוף אף הוא לאירועי קיצון, כגון רוחות חלשות מידיי או רוחות עזות במיוחד. לדוגמה, ירידה במהירות הרוחות הממוצעת באזור הים התיכון, עם סבירות גבוהה ל"בצורת רוחות", עלולה לגרום למחסור של כ-400 שעות (כ-17 ימים) של ייצור חשמל מאנרגיית רוח בשנה²⁸. אנרגיית רוח מהווה השלמה חיונית לאנרגיה סולארית, שכן היא זמינה גם בשעות החשכה ובימים מעוננים ועל כן מחסור אפשרי בייצור מאנרגיית רוח יתרחש ברובו כאשר אין מקור של ייצור אנרגיה מתחדשת אחר.



בנוסף, אירועי מזג אוויר קיצוני, כגון סופות רוח או ברקים, עלולים לגרום לצמצום ואף להפסקת ייצור חשמל מטורבינות רוח. זאת, עקב פגיעה פיזית בטורבינות, ירידה בתפוקתן, כשל ברכיבי המערכת, ובמקרים קיצוניים - הפסקת פעילותן לחלוטין. חוות טורבינות רוח בישראל ממוקמות באזורים שבהם יש כ-40-50 ימי ברקים בשנה (בערך פי 1.5-2 ממה שיש במקומות אחרים בארץ), בעיקר בחורף. בנוסף, טמפרטורה גבוהה במיוחד בקיץ עלולה למנוע מהטורבינות לעבוד ובכך להגדיל את זמני ההשבתה של הטורבינה, להביא לשחיקה מוגברת של גלגלי שיניים בתיבת ההילוכים, ולקצר את אורך החיים של תאי סוללה וציוד נוסף החיוני להפעלת הטורבינה.

צעדי היערכות נדרשים

היערכות לסיכונים פיזיים – יש לייצר שגרת ניקוי לפאנלים סולאריים לאחר סופות חול ואבק, ולבצע בדיקות שגרתיות של חוזקת עיגון הפאנלים בהתייחס לסיכונים הגוברים לרוחות ולסחף. באשר לסופות ברד, מוצע לבחון את האפשרות לשימוש במערכות בעלות יכולת עקיבה (טראקרים) להסטה אוטומטיות של הפאנלים בעת תנאי מזג אוויר קיצוניים לזווית בטוחה יותר להפחתת נזקים. כל זאת לצד שימוש בטכנולוגיות חיזוי וניטור בזמן אמת (אפשרות לבינה מלאכותית) במטרה להגיב במהירות. כמו כן, יש לוודא באופן תקופתי את תקינות המערכות, הן של המתקנים הסולאריים והן של טורבינות הרוח, להגנה בפני ברקים (התקנת חיישנים לזיהוי מקדים, שימוש בחומרים מתאימים לסופות ברקים).



בחינת הרגולציה לשיפור השרידות של טכנולוגיות ייצור מאנרגיות מתחדשות – יש לבחון עדכון של התקינה והרגולציה של טכנולוגיות הייצור ולהתאים את תכניות התפעול והתחזוקה לשינויים הצפויים במזג האוויר.



4.1.3. אגירת חשמל



אגירת חשמל היא טכנולוגיה שמאפשרת ניצול יעיל יותר של אנרגיות מתחדשות (בפרט אנרגיה סולארית), ומסייעת באמינות רשת החשמל בטווח הקצר. קיימת גם אפשרות לאגירה לטווח ארוך בטכנולוגיות כגון אגירה שאובה, אך מאחר שהן אינה נפוצות בהיקפים משמעותיים בישראל בשלב זה, המסמך יתמקד בעיקר באגירת אנרגיה באמצעות סוללות. שינויי האקלים מציבים אתגרים שונים לאגירת אנרגיה על ידי סוללות בהיבטי השימוש בהן, יעילותן ואורך חייהן.

²⁸ Antonini, E. G., Virgüez, E., Ashfaq, S., Duan, L., Ruggles, T. H., & Caldeira, K. (2024). Identification of reliable locations for wind power generation through a global analysis of wind droughts. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 103. nature.com



גלי חום וטמפרטורות קיצוניות (חום וקור) מעלים את הסבירות לנזקים ולבלאי גבוה של סוללות, שכן השפעות אלו עלולות לגרום להתפרקות כימית מואצת של החומרים בסוללה (בפרט בסוללת ליתיום-יון), לפגיעה ביכולת הטעינה ובפרמטרים תפעוליים נוספים של חלק מסוגי הסוללות.

בנוסף, שיטפונות והצפות עלולים להוביל לפגיעה באמינות מערכות האגירה עקב פגיעה בבידוד המערכת, הגברת הסיכוי לחלודה וקורוזיה, ועוד.

שריפה בסמוך למתקני אגירה בסוללות, בפרט בסוללות ליתיום-יון (בהן נעשה השימוש העיקרי בישראל), עלולה לגרום לבערה של הסוללות ולסיכון גבוה לחיי אדם ולציוד. טמפרטורות גבוהות במיוחד במיקומי המתקנים עלולות לגרום להצתה או פיצוץ סוללות.

צעדי היערכות נדרשים

בחינה של אתרי אגירה והיערכות לסיכונים פיזיים – בשל הסיכונים השונים של גלי חום, טמפרטורות גבוהות, שריפות וכו', יש לבחון שילוב מערכות קירור ובידוד מתקדמות במתקני אגירה. כמו כן, יש לבחון את ההתאמות הנדרשות למצבי קיצון אחרים של הצפות, שיטפונות וסופות ברקים. על מנת להתמודד עם פוטנציאל להתלקחות, יש להבטיח שהמערכות יהיו מצוידות באמצעי כיבוי אוטומטיים ותחזוקה שוטפת (בנוסף למענה משירותי הכבאות וההצלה). בנוסף, יש לבחון התקנת גלאי עשן על מנת לתת התרעה בעת התלקחות. מאחר שמתקני אגירה ממוקמים בדרך כלל באזורי תעשייה, יש לוודא שבעת אירוע קיצון יהיה ניתן להגיב במהירות כדי למנוע נזקים למבנים סמוכים.

היערכות לתחזוקה ותפעול – עקב תנאי מזג אוויר קיצוניים עלול להיגרם בלאי גבוה בסוללות, ולכן יש להגביר את תדירות התחזוקה השוטפת ובדיקות העמידות על מנת לשמור על אורך חיי הסוללה.

4.2. מקטע הולכה והשנאה

מקטע זה אחראי על הולכת האנרגיה החשמלית מיחידות הייצור אל תחנות מיתוג ותחנות משנה הפרוסות ברחבי הארץ, בהן נעשה שינוי מתח חשמלי כך שיתאים לצרכן הקצה. בישראל קיימות כ-220 תחנות השנאה ברשת ההולכה. קווי ההולכה בישראל (161/400 ק"ו) מתפרשים על פני כ-5,800 ק"מ ברחבי הארץ²⁹. חשוב להדגיש כי ככל שמזג האוויר יהיה קיצוני יותר וחם יותר, הביקוש לחשמל יעלה, וההספק המותקן הנדרש יגדל, ובכך יתגבר גם הצורך בתשתיות הולכה והשנאה נוספות.

4.2.1 קווי הולכה 400/161 KV

טמפרטורות גבוהות פוגעות ביעילות רשת החשמל בשל הפחתת קיבולת קווי ההולכה ושקיעה מוגברת של הכבלים,³⁰ ובכך מסכנות את אמינות ובטיחות הרשת. במקביל, גלי חום צפויים להגביר את עומסי ההולכה עקב העלייה בביקושים.

אירועי מזג אוויר קיצוניים כגון סופות גשם, רוחות עזות, שריפות וברקים עלולים לפגוע בקווי ההולכה, לשבש את אספקת החשמל ולסכן חיי אדם. יתרה מכך, העלייה בתדירות ובעוצמת סופות הברקים מגבירה עוד יותר את הסיכון לפגיעה ישירה בקווי הולכה ובציוד. בנוסף, העלייה במספר ימי סיכון לשריפה מעלה את הסיכון גם לפגיעה בקווי ההולכה ומקשה על נגישות העובדים אליהם.

²⁹ ראו דוח מצב משק החשמל 2023, רשות החשמל

³⁰ עליית הטמפרטורה גורמת להתארכות הכבלים כך שהם "שוקעים" (sag) בין העמודים ועלולים לפגוע בעצים או במבנים. הולכת חשמל בהספק גבוה גורמת להתחממות הכבלים ולכן בטמפרטורה גבוהה מוגבל הספק החשמל בכבל בכדי לא לעבור את מגבלת השקיעה המותרת.

צעדי היערכות נדרשים

- **היערכות לסיכונים פיזיים** – אירועי מזג אוויר קיצוני כגון רוחות עזות, סופות ברקים, שריפות וכו', עלולים לגרום לנזקים פיזיים. לכן, במסגרת תכנון ופריסת קווי הולכה יש לבחון את השפעות סיכוני האקלים, ובפרט גיזום וכריתה של עצים בסמוך לתשתיות ויצירת מסדרונות קווי הולכה פנויים מעצים במרחק בטיחות נדרש. בנוסף, יש לבחון את היתרונות והאתגרים של הטמנה נרחבת של כבלי הולכה כמו גם הרחבת שילוב אמצעים להפחתת הפרעות מברקים.
- **שיפור עמידות לקווי הולכה ואמצעי מיגון** – יש לבחון את שיפור העמידות של קווי ההולכה הן בפני עומסי חום והן בפני אירועי מזג אוויר קיצוניים באמצעות הקשחת רשת ההולכה, אפשרות למעקפים ברשת, יצירת יתירות, יכולת שיקום מהירה והטמנת תשתיות.
- **בחינה מחודשת של הערכות יסוד לתפעול הרשת** – בשל עליית הטמפרטורות הצפויה, יש לבחון מחדש את הנחות היסוד לחישוב יכולת העברת הזרם המקסימלי בקווי הולכה והגדרת דרישות טכניות עבור ציוד רשת (תיילים, כבלים, מבדדים וכו').
- **בחינת התקנת טכנולוגיות מתקדמות** – לצורך תפעול אופטימלי של המערכת בתנאי קיצון ובחינת השלכות על תכנונה, יש לבחון שילוב ופיתוח טכנולוגיות חדשות כגון: תיילים לקווים עיליים בעלי יכולת הולכה ויכולת מכנית גבוהות יותר, וניטור העמסה דינמית של קווי הולכה עיליים ותת-קרקעיים (DLR/DCR).
- **עיבוי שיתוף הפעולה עם כבאות והצלה לישראל** – יש לקדם פעולות למניעת שריפות, ולקדם שיתוף פעולה עם כב"ה תוך הבטחת יכולת תגובה מהירה ויעילה במקרים של דליקות.

4.2.2. תחנות השנאה



תחנות השנאה מהוות צומת במעבר של אנרגיה חשמלית מקווי הולכה לקווי מתח גבוה, הן חלק ממקטע ההולכה וחשופות לשינוי מזג אוויר קיצוניים. בתחנות השנאה קיימים רכיבים חשמליים אשר עשויים להיות מושפעים משינויי האקלים ובכך להשפיע על הרציפות התפקודית של משק החשמל. שילוב של ביקושים גבוהים וטמפרטורות גבוהות עלול לשבש את פעילות תחנות השנאה ואספקת החשמל.

בנוסף, גלי חום וטמפרטורות גבוהות עלולים לגרום להתחממות יתר בשנאים (במיוחד שנאי כוח גדולים), להוביל לקצרים ולהפסקות חשמל, להפחתת יעילות רשת החשמל ולבלאי מואץ של ציוד בידוד, חיווט ורכיבים אחרים. הדבר עלול לקצר את משך החיים של השנאים ב- 20%-40% בממוצע³¹.

אירועי קיצון, כמו סופות גשמים קיצוניות ושיטפונות, עלולים להציף תחנות משנה ולשבש את האספקה והתפעול עקב פגיעה בתשתיות. תחנות משנה חופיות פגיעות במיוחד לשילוב של עליית מפלס פני הים וסערות ימיות. תחנות בסביבת נחלים, בפרט באזור בקעת הירדן ובנחלי מדבר יהודה, חשופות לסיכוני הצפות ושיטפונות פתאומיים ללא זמן היערכות.

בנוסף, העלייה במספר ימי סיכון לשריפה מגבירה את הסיכון לפגיעה במערכות השנאה ומקשה על נגישות העובדים אליהן.

צעדי היערכות נדרשים בתחנות השנאה

- **היערכות לסיכונים פיזיים** – אירועי מזג אוויר קיצוני עלולים לגרום לנזקים פיזיים בתחנות השנאה. לכן, יש לבחון אפשרויות מיגון תוך התחשבות במיקום הגיאוגרפי של תחנת השנאה ויכולת הגישה אליהן בשעת חירום. כך למשל, תחנות השנאה אשר נמצאות במיקומים רגישים בסמוך לקו החוף עשויות להידרש להגבהת



³¹ Gao, Xiang, C. Adam Schlosser, and Eric R. Morgan. "Potential impacts of climate warming and increased summer heat stress on the electric grid: a case study for a large power transformer (LPT) in the Northeast United States." *Climatic change* 147 (2018): 107-118.



מבנים, מיגון ציוד מפני הצפות, שיפור דרכי גישה וכו'. כמו כן, יש לבחון מחדש את חישובי העמסת השנאים והגדרת מקדמי עתודה, כדי להבטיח עמידות תחת תנאי האקלים המשתנים.

היערכות ובחינה בטכנולוגיות מתקדמות – יש לבחון הטמעת טכנולוגיות נוספות להשגחה שיכולות לתמוך בתנאים קיצוניים, כגון קירור מים לשנאים.



העתקת עצים הסמוכים לתחנות השנאה קיימות למקומות אחרים – על מנת להפחית את סכנת השריפות, יש להעתיק עצים הנמצאים בצמידות לתשתיות, ולמסד שיתופי פעולה בנושא עם קק"ל, משרד החקלאות, הרשויות המקומיות וגורמים רלוונטיים נוספים.



עיבוי שיתוף הפעולה עם כבאות והצלה – יש לקדם פעולות למניעת שריפות, ולקדם שיתוף פעולה עם כב"ה תוך הבטחת יכולת תגובה מהירה ויעילה במקרים של דליקות.



4.3 מקטע חלוקה



מערכת קווי מתח גבוה ונמוך (לרבות אביזריהם) מקשרת בין תחנות המשנה לצרכנים וליצרנים. המערכת מתפרשת על פני כ-73 אלף ק"מ ברחבי הארץ. רשת זו פגיעה במיוחד באירועי מזג אוויר קיצוניים, כגון סופות גשמים ורוחות עזות, העלולים לגרום נזק פיזי לכבלים ולעמודי חשמל, שיבוש באספקה, הפרעות לעבודות תחזוקה ותיקונים ואף סיכון חיי אדם. רשת החלוקה ממוקמת ברובה באזורים מאוכלסים, ולכן יש חשיבות גבוהה לטיפול בסוגיות הרלוונטיות ולתחזוקה שוטפת בסטנדרט היערכות גבוה.

בנוסף, רשת חלוקה תת-קרקעית עשויה להידרש לבחינה והיערכות במצב בו הקרקע תהיה ספוגה מים בשל שטפונות או משקעים מרובים, ובכך עלולה לייצר סיכון לכבלי חלוקה אלו.

צעדי היערכות נדרשים

חיזוק תשתיות חלוקה באזורי סיכון, בדגש על קווי חלוקה ישנים – ביצוע הטמנה הדרגתית של קווי חלוקה בכפוף לקריטריונים של שרידות המערכת, חישוב עלויות וכדומה, כל זאת בתיאום רשות החשמל. יש לבחון אפשרות לתעדף טיפול בקווי חלוקה באזורים החשופים לסיכונים באופן משמעותי ובתשתיות ישנות, וככל האפשר לשפר את היכולת לתת מענה דרך גנרטורים או שילוב של מתקני ייצור ואגירה, במטרה להתמודד טוב יותר במקרים של בעיות אספקה. במידת הצורך, יש לבחון שיתופי פעולה עם בעלי עניין מקומיים (רשויות מקומיות, מועצות אזוריות וכו'), כדי לאתר בעיות אזוריות ולטפל בהן בזמן.



עדכון תכנית הפיתוח של רשת החלוקה – תכנית הפיתוח של חברת החשמל לשנת 2030 כוללת הרחבה משמעותית של רשת החלוקה, בין היתר באמצעות הגדלת מספר החיבורים והרחבת פריסת הרשת. יש לבחון הוספת התייחסות והתאמות לסיכונים האקלים תוך שיפור המוכנות ושיתוף הפעולה עם בעלי עניין מקומיים (רשויות מקומיות, מועצות אזוריות וכדומה).



4.4. מטריצה לסיווג הצעדים ותיעדופם לתכנית היישום

ייצור: פעולות לשיפור החיזוי בדגש על התראות בזמן אמת - חיזוק מנגנוני חיזוי רשת החשמל באמצעות AI, תוך שימוש בנתוני השמ"ט ליצירת תחזיות קצרות טווח לניהול ביקושים הולכה: היערכות לסיכונים פיזיים - יש לבחון הטמנה נרחבת של כבלי הולכה כמו גם הרחבת שילוב אמצעים להפחתת הפרעות מברקים חלוקה: חיזוק תשתיות חלוקה באזורי סיכון, בדגש על קווי חלוקה ישנים - יש לבצע הטמנה הדרגתית של קווי חלוקה בהתאם לקריטריוני שרידות וכדאיות כלכלית, תוך תעדוף אזורים בסיכון ושפור יכולת הגיבוי באמצעות גנרטורים, מתקני ייצור ואגירה אספקה: הטמעת היבטי היערכות לאקלים בתכנית הפיתוח - יש להתייחס להשפעות שינויי האקלים, כולל הבדלים גיאוגרפיים, רציפות תפקודית, ביטחון אנרגיה, ניתוחי רגישות והשפעות תקציביות	ייצור: בחינה של אתרי אגירה והיערכות לסיכונים פיזיים - יש לשלב מערכות קירור ובידוד מתקדמות במתקני אגירה ולהתאים את התשיות להתמודדות עם מצבי קיצון הולכה: בחינה מחודשת לתפעול הרשת - יש לבחון מחדש את הנחות היסוד לחישוב יכולת העברת הזרם המקסימלי בקווי הולכה לאור עליית טמפ' הצפויה אספקה: גיבוש תכניות שרידות והבטחת רציפות - פיתוח תכניות להגבקת גמישות מבנית ותפעולית במשק החשמל בהתאם לתחזיות אקלימיות, כולל היערכות לשינוי עונות המעבר	גבוהה High	חשיבות
ייצור: ביצוע ניתוחי רגישות בשל שינויי האקלים - ניהול ביקושים יכול להפחית את ההספק הקובבנציונלי שיידרש כדי לתת מענה למצבים של שיאי ביקוש. משכך, על חברת ניהול המערכת לבצע ניתוחי רגישות לבחינת הפחתת ההספק התפעולי הנדרש של יחידות ייצור במזג אוויר חם הולכה + חלוקה: הכשרת כוח אדם והקמת צוותי חירום - יש להקים מערך הכשרה להקניית ידע ואוריינות אספקה: יצירת מנגנוני שיתוף פעולה - כחלק ממרכזי היישום של הרשות המקומית	ייצור: בחינה והתאמת מערכות קירור - בחינת שילוב של מערכות קירור מתקדמות שיאפשרו לתחנות כוח לפעול ביעילות גם בימים עם טמפ' גבוהות	נמוכה Low	
קרב High	רחוק Low		
טווח זמן להתממשות			

פרק 5: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשק הגז הטבעי

הגז הטבעי מהווה כ-45% מסך צריכת האנרגיה הכללית במשק הישראלי, ומשמש בעיקר לייצור חשמל, לתעשייה ולתחבורה. כ-43% מצריכת הגז הטבעי בישראל משמשת יח"פים וקוגנרציה, 36% נצרכים ע"י חח"י, ו-21% ע"י

התעשייה³². על אף שגז טבעי נחשב ל"דלק מעבר" עד שמקורות אנרגיה נקיים יותר יוכלו להחליפו, בשנים הקרובות הוא ימשיך להוות חלק משמעותי מתמהיל האנרגיה של ישראל, ומשכך יש לו חשיבות להבטחת אמינות אספקת האנרגיה בכלל, והחשמל בפרט, בהווה ובעתיד. בדומה למשק החשמל, גם סקטור הגז הטבעי מחולק למקטעים: מקטע ההפקה ממאגרי הגז הטבעי, מקטע ההולכה הנמצא באחריות נתג"ז, ומקטע החלוקה עליו אחראיות חברות החלוקה השונות לפי אזורים גאוגרפים בארץ.

לאור החשיבות של משק הגז הטבעי בישראל מוצע לבחון הקמה של תשתיות אגירת גז טבעי יבשתיות – תשתיות אלו יספקו כמלאים לשעת חירום ויתפקדו כגיבוי במקרים של הפרעה בהפקה ואספקה מהים עקב מזג אוויר קיצוני. יש לאמוד את מידת ההשקעה של הקמת מתקנים אלו ובחינת חלופות נוספות כדוגמת ייבוא בצינור.

5.1 מקטע הפקת הגז הטבעי



הגז הטבעי בישראל מופק כיום באמצעות שלוש אסדות הנמצאות בים התיכון – תמר, לווייתן וכריש. תהליך ההפקה מתבצע על-ידי קידוח בקרקעית הים, שאיבת גז טבעי מעורב בנוזלים (מים וקונדנסט – תעבית גז, דומה בהרכבו לנפט איכותי קל עד בינוני), וטיפול בגז על גבי האסדות: הפרדת הגז מהנוזלים, דחיסתו להובלה והעברתו למערכת ההולכה על החוף. בשל מיקומן, האסדות חשופות לאירועי מזג אוויר קיצוניים במרחב הימי. בנוסף, אסדות הגז הטבעי והצנרת חשופות למליחות הים ועלולות להיות מושפעות ממנה.

מתקני הטיפול בגז הטבעי ("אסדות") של תמר ולווייתן ממוקמים על גבי פלטפורמה העומדת על "מגדל" תת ימי בגובה כ-150-300 מ' (כ-30-50 מ' מעל פני הים), בעוד המתקנים של כריש מוצבים על ספינה צפה (FPSO). להבדל זה יש חשיבות כאשר מתייחסים לאירועי מזג אוויר קיצוניים כגון סערות וסופות.

בהתאם לתחזיות האקלימיות, בשנים הקרובות צפוי גידול **בסופות קיצוניות**, לרבות עלייה במהירות הרוח, גובה הגלים ועוד. בשילוב עליית מפלס פני הים, התפעול והתחזוקה של אסדות הגז הטבעי יהפכו למאתגרים יותר ומסוכנים יותר.

שינויי האקלים, כגון עליית מפלס פני הים ושינויים ברמות המליחות והחומציות, עשויים להשפיע על מחזורי התחזוקה של מערך האסדות. **התחזקות גלים**, עלולה להשפיע על מבנה קרקעית הים, ובהתאם על צינורות בקרקעית הים ועל תשתיות בנויות. בנוסף, **עלייה ברמת החומציות** (ירידה בערך ה-PH, ראו הרחבה בפרק 3.2.4), **ועליית טמפרטורת הים** עלולות להגדיל את קצב הקורוזיה באסדה וביצינורות ההולכה בים, מה שעשוי להגביר את הצורך בעבודות תחזוקה והשקעות נוספות. השילוב של לחות גבוהה והתחממות מי הים, מגביר היווצרות קורוזיה במתכות וההשפעה הישירה לכך היא פגיעה בצנרת, תשתיות וציוד באסדות. בנוכחות רמת מליחות גבוהה הנזק לאסדה מהיר יותר.

צעדי היערכות נדרשים

- **ניהול סיכונים ובחינת עמידות האסדות בפני אירועי קיצון** – יש לבחון את האפשרות להתקין מערכות לניטור תנאי ים בזמן אמת על מנת לאמוד סיכונים עתידיים ולהיערך אליהם בהתאם.
- **היערכות לסיכונים פיזיים** – שינויי אקלים, כגון עוצמת רוחות או עוצמת גלים, עלולים להשפיע על יציבות האסדות ולכן מוצע לבחון את עמידותן בפני תנאי מזג האוויר הקיצוניים המתוארים בתרחיש הייחוס.
- **מיגון עובדים והכשרה לתרחישי קיצון** – אירועי מזג אוויר קיצוניים, כמו גלים גבוהים ועומסי חום, עשויים להוות אתגר בטיחותי לעובדים המוצבים על גבי האסדות. מכיוון שהאסדות נמצאות במרחק מהיבשה, קיימת



³² הנתונים מתוך דו"ח מצב משק האנרגיה ונתוני רשות הגז הטבעי



חשיבות רבה להיערכות להגנת הצוותים, הכוללת התקנת מערכות מיגון, התאמת לוחות זמנים לעבודה בתנאים קשים, ושימוש בציוד מותאם לאקלים קיצוני.

שיפור מערך התפעול והתחזוקה – יש לשקול את שיפור עמידות הציוד והתשתיות, ולבחון מחדש את מחזורי התחזוקה והמוכנות באסדות, כך שיאפשרו שמירה על תפקודן לאורך זמן גם בתנאים שמתוארים בתחזיות האקלימיות. כמו כן, יש לבחון שימוש בציפויים המפחיתים את השפעת הקורוזיה ואת תדירות תחלופת הציוד, כדי להאריך את חיי התשתיות באופן מקסימלי.



5.2 רכיבי מערכת ההולכה ותחנת PRMS (מתקן מניה והפחתת לחץ)

חברת נתיבי הגז הטבעי לישראל (נתג"ז) הינה חברה ממשלתית בעלת רישיון לתכנן, להקים ולתפעל את מערכת הולכת הגז הטבעי בישראל. המערכת כוללת צנרת הולכה ביבשה ובים ומתקנים המיועדים לקליטת הגז הטבעי מהספקים, למדידת כמות הגז ואיכותו, להפחתת הלחץ בתחנות הגפה PRMS. מבנים ומתקנים של נתג"ז עלולים להיות מושפעים מהצפות בעת סערות, בייחוד אלו הממוקמים בסמוך לנחלים או על החוף.

אירועי מזג אוויר קיצוניים ושריפות עלולים לחסום נתיבים ולשבש את דרכי הגעה לביצוע תחזוקה ותיקונים. בנוסף, גשמים עלולים להוביל לסחף קרקעות עד לחשיפת צינורות הולכה ברמה שעלולה להוות בעיה בטיחותית. טמפרטורות קיצוניות עלולות לגרום לבלאי מואץ ברכיבים כגון משאבות ומגופים ולפגוע באטמים.

עלייה בטמפרטורות ועומסי חום עלולים לגרום לשקיעה וסידוק בכבישים, ובהתאם להשפעה על צינורות גז בנקודות חצייה, וכן להשפיע על פעילות תחזוקה שוטפת של כוח אדם.

צעדי היערכות נדרשים

הטמעת היבטי היערכות לאקלים בתכנית הפיתוח – בעת הגשת תכנית פיתוח במסגרת הליך ההיוועצות של שר האנרגיה והתשתיות ושר האוצר עם חברת נתג"ז, יש להתייחס גם להשפעות הצפויות משינויי אקלים על בסיס התחזית האקלימית הנוכחית. התייחסות זו צריכה לכלול גם הבחנה בין אזורי גאוגרפים, ולהתייחס בין היתר להשפעות האקלימיות על הרציפות התפקודית במצבי קיצון, השפעה על ביטחון אנרגיה וניתוחי רגישות בנושא, השפעה תקציבית על התאמת התשתיות המתאימות לעמידה בשינויי אקלים וכו'.



מיגון תחנות PRMS הממוקמות ליד נחלים ותחנות חופיות מפני סחף קרקעות – יש לקדם מיגון בתחנות PRMS במקומות עם סבירות גבוהה להצפות או חשש לסחף קרקעות. במקביל, יש לבחון את הרגולציה והמתקנים של המתקנים השונים, כדי להבטיח עמידות גבוהה בפני קורוזיה בתחנות החופיות ולצמצם את הסיכון לנזקים הנובעים מחשיפה לתנאים סביבתיים קשים.



מיפוי האזורים בעלי סיכון גבוה יותר לפי רמות סיכון שונות להצפות ושיטפונות וקביעת נהלי חירום ודרכי טיפול לתרחיש של חשיפת צינורות הובלה יבשתיים – יש לבחון את השפעות מיקומי התחנות ואת הסיכון משיטפונות והצפות ולמגן את האתרים בהתאם. בבחינה זו יש להתייחס גם לסיכון המוגבר לברקים. בנוסף, יש למפות אזורי שקיעה וסידוק בכבישים באזורי החצייה של צנרת גז טבעי ואופי הסדק והשקיעה על מנת לטפל בתופעות אלה.



אירועי מזג אוויר קיצוני – אירועי מזג אוויר קיצוניים עלולים לגרום לשיבושים בכבישים, לחסימת נתיבים ולעיכובים בפעולות תחזוקה ותפעול קריטיות. יש לבחון את דרכי הגישה לאתרים מרכזיים ולתכנן גישות חלופיות לאזורים חשובים במקרה של חשש מהפרעות לגישה.



היערכות עובדים לאירועי מזג אוויר קיצוניים – אירועי מזג אוויר קיצוניים, מחייבים היערכות של העובדים באמצעות הדרכות ע"י מומחים בתחום. ייעוץ והנחייה ע"י אגף הבטיחות לקניית ציוד מתאים בתיאום עם הגורמים המקצועיים הרלוונטיים בחברה.



- **תחזוקה שוטפת ותכופה** – יש לבחון הגברת תדירות בדיקות התחזוקה, במיוחד לציוד ולתשתיות המועדים לבליא מואץ עקב טמפרטורות קיצוניות, וכן בציוד החשוף לקורוזיה בשל קרבה לים.



5.3 חלוקה



הצפות ושיטפונות עלולים להסב נזק חמור לנכסים קרקעיים, במיוחד לאלו הממוקמים במישורים ובבקעות, והם עשויים להוות איום לא רק על הנכסים עצמם וציודם הנלווה (כגון ציוד תקשורת), אלא גם על תשתיות תת-קרקעיות. כמו כן, סחף כתוצאה משיטפונות, ולחלופין תזוזת קרקע כתוצאה מיובש, עלולים לחשוף צנרת ולגרום לסדקים ולדליפות גז. **עליית טמפרטורות, עומסי חום ואירועי משקעים** עשויים להאיץ את צמיחת הצמחייה ומיני פולשים בסמוך לציוד תפעולי, ובכך לשבש את פעולתו התקינה. בנוסף, אירועי **שריפות** יכולים לגרום לנזקים לנכסים הממוקמים בסמוך לאזורים מועדים.

צעדי היערכות נדרשים

- **מיפוי האזורים בעלי סיכון גבוה יותר לפי רמות סיכון שונות להצפות ושיטפונות וקביעת נהלי חירום ודרכי טיפול לתרחיש של חשיפת צינורות חלוקה.**
- **התאמת תשתיות לאירועי קיצון** – יש לבצע בדיקות עמידות של תשתיות התפעול לאירועי קיצון ולבחון אפשרות להתקין מערכות מתקדמות לניטור וזיהוי של פליטות והתקנת אמצעים למניעת דליפת חומרים מסוכנים, לרבות היערכות למצב של הצפות ושיטפונות.



5.4 מטריצה לסיווג הצעדים ותיעדופם לתכנית היישום

הטמעת היבטי היערכות לאקלים בתכנית הפיתוח – בעת הגשת תכנית פיתוח במסגרת הליך ההיוועצות של שר האנרגיה והתשתיות עם חברת נתג"ז, יש להתייחס גם להשפעות הצפויות משינויי אקלים על בסיס התחזית האקלימית הנוכחית. מיגון תחנות PRMS הממוקמות ליד נחלים ותחנות חופיות – יש לקדם מיגון תחנות במקומות עם סבירות גבוהה להצפות או חשש לסחף קרקעות.	מיפוי האזורים לפי רמות סיכון שונות וקביעת נהלי חירום לתרחיש של חשיפת צינורות חלוקה והובלה יבשתיים	גבוהה High	חשיבות
---	---	-----------------------	----------------------

אירועי מזג אוויר קיצוני – יש לבחון את דרכי הגישה לאתרים מרכזיים ולתכנן גישות חלופיות. בנוסף, יש לבצע בדיקות עמידות של תשתיות התפעול לאירועי קיצון ולבחון אפשרות להתקין מערכות מתקדמות לניטור וזיהוי של פליטות והתקנת אמצעים למניעת דליפת חומרים מסוכנים היערכות עובדים לאירועי מזג אוויר קיצוניים – יש לבצע הדרכות ע"י מומחים בתחום. ייעוץ והנחייה ע"י אגף הבטיחות לקניית ציוד מתאים בתיאום עם הגורמים המקצועיים הרלוונטיים בחברה	תחזוקה שוטפת ותכופה – יש לבחון הגברת תדירות בדיקות התחזוקה, במיוחד לציוד ולתשתיות המועדים לבלאי מואץ עקב טמפרטורות קיצוניות, וכן בציוד החשוף לקורוזיה בשל קרבה לים	נמוכה Low
קרוב High	רחוק Low	

טווח זמן להתממשות

פרק 6: השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשקי הדלק והפחם



עיקר השימושים במשק הנפט והדלקים הם בסקטור התחבורה, אך גם יש צורך לדלקים בסקטור החשמל, למשל להפעלת גנרטורים בחירום וכן בסקטור התעשייה. בהתאם למדיניות משרד האנרגיה והתשתיות, צפוי מעבר הדרגתי לדלקים סינתטיים וביולוגיים כתחליף לדלקים הפוסילים. גם לאחר השלמת מעבר זה יוותרו תשתיות דלקים שיעמדו בפני סיכוני אקלים.



6.1. תשתיות ייצור, זיקוק וייבוא

ייצור תזקי נפט וייבוא נפט ותזקיקים בנמלי הים עשויים להיות מושפעים ממזג אוויר קיצוני שכולל סופות גשם, רוחות חזקות וכדומה. שינויים אלו עלולים להוביל לשיבושי פריקה וטעינה בנמל, לגרום להצפות של מתקנים ולזליגה של מזהמים וחומרים מסוכנים. כמו כן, עליית מפלס הים עלולה להשפיע על מזחים שנמצאים בסמיכות לקו החוף. במקרה של פגיעה בנמל או של דליפת נפט, הנזק לתשתיות עלול להתגלות מידית או בעת הפעלתן לאחר סערה.

יצוין כי הסביבה הימית באזור אילת פגיעה יותר במצבי קיצון בשל המגוון הביולוגי הקיים בה. **אירועי גלים קיצוניים ורוחות** עלולים לגרום להפסקת הגעת מיכליות דלקים לישראל כמו גם לפגוע בריענון ויכולת השמירה על מלאי הפחם עקב קשיים בהגעת אוניות. בנוסף, **גלים קיצוניים** עלולים לגרום נזק למזחי הפחם, לעגורני הפריקה ולתשתיות נוספות הנמצאות על החוף וסמוך לו.

טמפרטורות קיצוניות משפיעות על יעילות התהליכים: גלי חום עלולים לפגוע בתהליכי זיקוק, להגברת פליטות נדיפים ומפגעי ריח ממכלי אחסון, להעמסה על מערכות הקירור, ולפגיעות במערכות טיפול ביולוגי. כמו כן, העלייה בטמפרטורות מגבירה את צריכת האנרגיה והמים לקירור. עם זאת, רוב השינויים צפויים להשפיע רק באופן שולי על כמויות האחסון.



סיכונים נוספים אפשריים כוללים שריפות המסכנות את מתקני הזיקוק ואספקת החשמל אליהם.

צעדי היערכות נדרשים בשלבי הייצור, זיקוק וייבוא

- **ייעול צריכת האנרגיה במערכות קירור** – יש לבצע אופטימיזציה של מערכות הקירור במתקני הזיקוק, במטרה לצמצם את הצריכה האנרגטית ולשפר את יעילותה. תהליך זה יכול לכלול התקנה של טכנולוגיות מתקדמות, כמו ציוד קירור חסכוני באנרגיה, ושיפור נהלי תפעול במטרה למנוע בזבז אנרגיה.
- **אופטימיזציה של מערכות וואקום** – יש לבחון ביצוע שיפורים במערכות הוואקום של מתקני הזיקוק על מנת להבטיח עבודה יעילה יותר, עם שמירה על האיכות והכמות של התוצרים. תהליך חשוב זה יסייע בשמירה על כמות המילוי וייעול השימוש במערכות הוואקום.
- **ניטור, התאמה והתקנת אמצעים במערכות טיפול ביולוגי ובמערכות חימום/קירור** – יש לוודא שתהליכים במערכות ביולוגיות ומערכות חימום וקירור יהיו מותאמים למזג האוויר הקיצוני, בעיקר בימים חמים או קרים במיוחד. מומלץ להתקין אמצעים נוספים שימנעו התפשטות חומרים ויסקוזיים למצב של חומר מוצק.
- **פיתוח תכנית היערכות להצפות** – יש להכין תכנית היערכות להצפות שתכלול תחזוקה שוטפת של מתקנים ומערכות ניטור, תוך עדכון שוטף של תכניות עבודה ותגובתיות לאירועים בלתי צפויים. על התכנית לכלול גם את התייחסות לניהול ניקוז מי סערה ושפכים במתקנים קריטיים.
- **ניהול סיכונים רווית קרקע לצנרת תת-קרקעית** – יש לבצע מיפוי של הצנרת התת-קרקעית, לנטר את מצב הקרקע סביב הצינורות באופן תדיר ולהתאים את הצנרת לתנאים המשתנים של הקרקע, תוך תיקון הצנרת במקרה הצורך.
- **מיפוי נכסים ומתקנים בסיכון שריפה** – יש למפות את כל הנכסים והמתקנים החשופים לסיכונים שריפות ולהקים מערכת תחזוקה מונעת להתפשטות האש אל הצמחייה שסמוכה אליהם, על מנת לצמצם התפשטות של שריפות ונזקים.
- **מיפוי רמות סיכון לנמל דלק ולמסופים ימיים** – יש לבצע מיפוי סיכונים, מיגון ותגבור אמצעים למניעת דליפת נפט לסביבה הימית והיבשתית והגברת פעילות תחזוקה.



6.2. תשתיות אחסון

מכלי אחסון ממוקמים בישראל מעל ומתחת לפני הקרקע. ככלל, הצפות ושיטפונות עשויים למנוע גישה למכלי האחסון, אך לא צפויה פגיעה מהותית במכלי האחסון עצמם. יחד עם זאת, עשויה להיות זליגה של מזהמים וחומרים מסוכנים מתעלות וממכלים ולגרום לזיהום מי נגר עילי.

טמפרטורות גבוהות מגבירות פליטות חומרים נדיפים ומפגעי ריח ממכלי אחסון, וימי קור קיצוני עלולים לגרום להתקשות הדלק (הפיכתו לצמיג), באופן שעלול להקשות על הזרמת דלקים ממכלי האחסון ושינועם.

סיכונים נוספים כוללים שריפות, הצפות ושיטפונות המסכנים את מתקני האחסון.

צעדי היערכות נדרשים בשלב האחסון

- **בקרת פליטות נדיפים** – על מנת לצמצם את פליטות הגזים והחומרים המזיקים לאוויר בתנאי חום קיצוניים, יש לבחון ביצוע שדרוגים במערכות הקירור והבידוד של מתקני האחסון. בנוסף, יש לבחון עדכון של נהלי העבודה במתקנים אלו כדי למנוע פליטות מיותרות או לטפל בהן.
- **מכלי אחסון** – בדומה לקווי דלק, יש למפות אזורים בעלי סיכון גבוה לשיטפונות ולבחון אפשרות לשיפור מערכות האיטום של המיכלים למניעת חדירת מים. כמו כן, יש לשפר את יכולות הניקוז של מי הנגר ולבחון את עמידות המיכלים למניעת קריסת גגות, ולפעול להגברת הסיכויים לזיהוי פגיעה אפשרית במערכת הניקוז שעלולה לגרום לסדקים.



6.3 תשתיות הולכה וחלוקה

תשתיות הולכה וחלוקה של דלקים, שבעיקרן מוטמנות בתת הקרקע, מהוות מרכיב מרכזי באספקת האנרגיה לצרכני הקצה ומהוות רכיב קריטי הן בשגרה והן בחירום. למרות זאת, תשתיות אלו חשופות למגוון סיכונים של שינויי אקלים.

עלייה בגלי חום עלולה להשפיע על המשאבות שמזרימות דלקים ובכך לשבש אספקת דלק סדירה. כמו כן, **שריפות** עלולות להשפיע על מתקנים נלווים וכן על היכולת לתפעול שוטף ולביצוע פעולות תחזוקה.

עלייה בכמות המשקעים, לרבות עלייה בכמות נגר עילי, עלולות להוביל לחשיפה של צנרת ותשתיות עקב שיטפונות, מה שהופך אותן לפגיעות יותר.

צעדי היערכות נדרשים

- **מיפוי קווי דלק וניפוק דלק** – יש למפות אזורים בעלי סיכון גבוה להצפות ושיטפונות ולבחון אפשרות לשימוש בטכנולוגיות חישה לאיתור מוקדם של דליפות. כמו כן מוצע להגביר את התחזוקה השוטפת ויכולות הניטור.



6.4 תחנות תדלוק לרבות תפעול ואחסון

תחנות תדלוק כוללות מיכלי אחסון שבכלל מוטמנים בקרקע, ועמדות תדלוק אשר נמצאות במפלס הקרקע. במצבי קיצון של **אירועי גשם קיצוני**, **סופות ושיטפונות** קיים סיכון לפגיעה בעמדות התדלוק. בנוסף קיים חשש לפגיעה באספקת הדלקים לתחנות בשיטפונות שיימשכו על פני זמן ארוך. כמו כן, **גלי חום** עשויים לגרום לפליטה של חומרים אורגנים נדיפים, שעשויה לגרום לזיהומי אוויר.

צעדי היערכות נדרשים

- **התאמת תשתיות לאירועי קיצון** – מוצע לבצע בדיקות עמידות של תשתיות התפעול לאירועי קיצון ולבחון אפשרות להתקין מערכות מתקדמות לניטור וזיהוי של פליטות והתקנת אמצעים למניעת דליפת חומרים מסוכנים בתחנות תדלוק.
- **שריפות** – מומלץ להגביר את תדירות התחזוקה השוטפת כדי למנוע שריפות באזורים בסיכון בפרט תחנות תדלוק המוגדרות "צי ברזל".



על מנת לממש צעדים אלו מוצע לבחון את הרגולציה הנוכחית אל מול הרגולציה הקיימת במדינות המפרץ בהן קיים חשש כבר היום לגלי חום ושיטפונות באופן דומה לצפוי להיות בארץ.



6.5. מטריצה לסיווג הצעדים ותיעדופם לתכנית היישום

ייצור, זיקוק וייבוא: פיתוח תכנית היערכות להצפות – יש להכין תכנית היערכות להצפות שתכלול תחזוקה שוטפת של מתקנים ומערכות ניטור, תוך עדכון שוטף של תכניות עבודה ותגובתיות לאירועים בלתי צפויים ייצור, זיקוק וייבוא + תחנות תדלוק: מיפוי נכסים ומתקנים בסיכון שריפה – יש למפות את כל הנכסים והמתקנים החשופים לסיכוני שריפות ולהקים מערכת תחזוקה מונעת להתפשטות האש אל הצמחייה שסמוכה אליהם ייצור, זיקוק וייבוא: מיפוי רמות סיכון לנמל דלק ולמסופים ימיים – יש לבצע מיפוי סיכונים, מיגון ותגבור אמצעים למניעת דליפת נפט לסביבה הימית והיבשתית והגברת פעילות תחזוקה	אחסון: בקרת פליטות נדיפים – כדי לצמצם את פליטות הגזים והחומרים המזיקים לאוויר בתנאי חום קיצוניים, יש לבצע שדרוגים במערכות הקירור והבידוד של מתקני האחסון. בנוסף, יש לבחון עדכון של נהלי העבודה במתקנים אלו אחסון: שיפור איטום מיכלי אחסון – בדומה לקווי דלק, יש למפות אזורים בעלי סיכון גבוה לשיטפונות ולבחון אפשרות לשיפור מערכות האיטום של המיכלים למניעת חדירת מים ושיפור יכולות ניקוז מי הנגר הולכה וחלוקה: מיפוי קווי דלק וניפוק דלק – יש למפות אזורים בעלי סיכון גבוה להצפות ושיטפונות ולבחון אפשרות לשימוש בטכנולוגיות חישה לאיתור מוקדם של דליפות	גבוהה High
ייצור, זיקוק וייבוא: יעול צריכת האנרגיה במערכות קירור – יש לבצע אופטימיזציה של מערכות הקירור במתקני הזיקוק, במטרה לצמצם את הצריכה האנרגטית ולשפר את יעילותה ייצור, זיקוק וייבוא: אופטימיזציה של מערכות וואקום – יש לבחון ביצוע שיפורים במערכות הוואקום של מתקני הזיקוק על מנת להבטיח עבודה יעילה יותר, עם שמירה על האיכות והכמות של התוצרים תחנות תדלוק: התאמת תשתיות לאירועי קיצון – יש לבצע בדיקות עמידות של תשתיות התפעול לאירועי קיצון ולבחון אפשרות להתקין מערכות מתקדמות לניטור וזיהוי של פליטות והתקנת אמצעים למניעת דליפת חומרים מסוכנים בתחנות תדלוק	ייצור, זיקוק וייבוא: ניהול סיכוני רווית קרקע לצנרת תת-קרקעית – יש לבצע מיפוי הצנרת התת-קרקעית, לנטר את מצב הקרקע סביב הצינורות ולהתאים את הצנרת לתנאים המשתנים של הקרקע, תוך תיקון הצנרת במקרה הצורך ייצור, זיקוק וייבוא: ניטור, התאמה והתקנת אמצעים במערכות טיפול ביולוגי ובמערכות חימום/קירור – יש לוודא שתהליכים במערכות ביולוגיות ומערכות חימום וקירור יהיו מותאמים למזג האוויר הקיצוני, בעיקר בימים חמים או קרים במיוחד	נמוכה Low
קרוב High	רחוק Low	טווח זמן להתממשות

פרק 7:

השלכות סיכוני האקלים וצעדי היערכות נדרשים במשק המים

משק המים מהווה תשתית אסטרטגית המאפשרת אספקת מים למגוון שימושים, תוך התמודדות עם אתגרים כמו גידול אוכלוסייה ושינויי אקלים. **הפחתה בכמויות המשקעים (השרות המטאורולוגי, 2022)** צפויה לפגוע במילוי החוזר של מקורות המים הטבעיים, כמו אגנים ואקוויפרים, ולהוביל לעלייה בשכיחות אירועי הבצורת. מגמות אלו עלולות להחמיר את הפער בין הביקוש להיצע המים, מעבר לפער שכבר קיים וגדל על ציר הזמן. עקב גידול האוכלוסייה. על פי ניתוח של רשות המים, הפחיתה הצפויה במילוי החוזר מצריכה הקדמת כושר התפלה של כ-200 מלמ"ק השנה, במספר שנים. כושר ההתפלה הנדרש עד השנים 2050 ו-2075 יהיה כ-1,750 ו-2,750 מלמ"ק, בהתאמה, כולל את 200 מלמ"ק לצורך הבטחת אספקת מים בתרחישים הידרולוגיים מקשים. בתרחישים מחמירים יותר (סבירות נמוכה להתרחשות) יהיה צורך בתוספת כושר התפלה יותר גדולה. מאחר שתהליכי ההתפלה, הפקה והולכת מים מצריכים אנרגיה, נדרשת היערכות גם למצבי מחסור באנרגיה העלולים לפגוע ברציפות אספקת המים.

טיוטת תכנית אב למשק המים, הביוב והקולחים 2024, מציגה את יעדי תכנון ארוך טווח, כולל התייחסות למגמות מילוי החוזר.

עלייה בגלי חום, מזג אוויר קיצוני ובעוצמות אירועי טבע עשויה לגרום לעלייה בביקוש למים, במיוחד עבור שימושים חקלאיים ותעשייתיים (למרות שלפי משרד החקלאות אין עדיין הוכחות לכך), ולהכביד על מערכות הולכת המים (השפעה על ציוד וחומרים).

שילוב של יובש, רוחות חזקות וטמפרטורה גבוהה, מייצר פוטנציאל להתלקחות **שריפות**. בתנאים אלו, עלולות להיגרם 'שריפות אזוריות קיצוניות' אשר עלולות לפגוע בדרכי הגישה למתקנים ובמתקנים עצמם הנמצאים בסביבה הכפרית ובשולי היערות ובכך לגרום לפגיעה באספקת מים.

צעדי היערכות נדרשים

- **היערכות להשבת מתקני התפלה עקב אספקת חשמל לא סדירה** – יש לוודא יתירות וגיבוי במערכות אספקת החשמל כך שתתאפשר הפעלת עשרות התחנות המרכזיות במשק המים המוליכות ספיקות גבוהות בזמן קצר לכל רחבי הארץ. תחנות אלו לא יוכלו לפעול באמצעות דיזל-גנרטורים המשמשים בעיקר לגיבוי ויתירות בתחנות שאיבה קטנות יחסית ובקידוחים.
- **תכנון והקמה של מתקן התפלה בהתאם לשינויים בהיקפי המילוי החוזר** – שינויי האקלים צפויים להשפיע על מאזן המים השנתי והרב-שנתי, גם בצד הביקוש וגם בצד ההיצע. על כן, נדרש מעקב מתמשך אחר מגמות המילוי החוזר במקורות המים הטבעיים, וקבלת החלטות מושכלות להרחבת כושר ההתפלה לפחות עבור לפני צפי מימוש הצורך בפועל, על מנת לפעול להקמת מתקני התפלה מבעוד מועד. יש לבחון את היכולת לתת מענה לצריכות בימי שיא וכן ליתירות במערכת הארצית כולל איגומים. רשות המים נערכת לאפשרות של תקלות מסוג זה, ופועלת לבחינת דרכים לתגבור אספקת המים באמצעות מקורות חלופיים, כדי להבטיח המשכיות תפעולית גם בתנאי חירום.
- **תכנון אסטרטגי ארוך טווח של משק המים** – יש להתייחס לתרחישי הייחוס תוך תכנון מענה לתרחישי קיצון והערכות ליצירת יתירות במשק המים בראייה רב שנתית לצורך שמירה על גמישות תפעולית (הגדלה משמעותית של כמות האיגומים, גודלי קוטר קווי הולכה וכו'). במקביל, נדרשים שמירה ומעקב אחר כל מקורות המים הטבעיים הכוללים את אגן הכינרת, אקוויפר ההר ואקוויפר החוף.
- **תכנון מערכות מים עם יתירות גבוהה יותר מהמקובל היום** על מנת לאפשר מתן מענה ראוי באירועי קיצון. בין היתר, יש לכלול היבטים אלה בכל עדכון תכנית ארוכת טווח למשק המים (טיוטת תכנית אב לשנת 2075 משנת 2024 מתייחסת לנושאים האלה ונמצאת לקראת אישור במועצת רשות המים), וכן לבחון את השלמת חיבור אזורים מנותקים למערכת הארצית על מנת ליצור אמינות ויתירות באספקת המים לכלל השימושים.



- חינוך והסברה: הגשת תכנית לביסוס ידע ומידע בידי האוכלוסייה להתמודדות במצבים קיצוניים של הקטנה בהיצע המים במשק – בראש ובראשונה היערכות לייעול השימוש ומניעת בזבז מים במסגרת הערכות לשינויי אקלים - ציוד האוכלוסייה בידע הדרוש להתמודדות יעילה ולחיסכון במצבי מחסור קיצוני במים. תכניות אלה יתמקדו בשינוי התנהגות התושבים לטווח ארוך, לאור מערך הסברה לעניין שיטות שימור מים, ניהול מים בר קיימא, מקורות מים חלופיים ואסטרטגיות תגובה לשעת חירום ועוד.**

- שיקום נחלים –** האיחוד האירופי סבור כי המפתח להתמודדות עם השפעות שינוי אקלים על תפקוד המערכת האקולוגית הנחלית טמון באופן התכנון, הניהול והתחזוקה של הנחל בחשיבה צופה פני עתיד. מחקרים רבים בתחום מצביעים על כך שהשפעות האדם על הנחל מעצימות את השפעות שינויי האקלים על הנחל ופוגעות ביכולתו להעניק שירותי מערכת התומכים באדם. השפעות האדם מתמקדות בעיקר בהזרמת שפכים וקולחין ברמת טיהור שאינה מספקת אל הנחל במקרים מסויימים מחד, ומאידך - משאיבת מים במעלה במקרים אחרים. משכך, בנוסף להקצאה נוכחית של 40 מלמ"ק/שנה מים לטבע, רשות המים מקדמת: פרויקט ביטול שאיבות ושחרור מעיינות במעלה נהר הירדן להבטחת ספיקה מינימלית של 2 מ"ק/שנה בנהר, פרויקט שיקום נהר הירדן הדרומי, שיקום 7 נחלים לפי להחלטת ממשלה מספר 3688 מ-2018, צינור הקולחים בנחל שורק ועוד.
 

7.1 מטריצה לסיווג הצעדים ותיעדופם לתכנית היישום

היערכות להשבת מתקני התפלה עקב אספקת חשמל לא סדירה – יש לוודא יתירות וגיבוי במערכות אספקת החשמל כך שתתאפשר הפעלת עשרות התחנות המרכזיות במשק המים המוליכות ספיקות גבוהות בזמן קצר לכל רחבי הארץ.	תכנון והקמה של מתקן התפלה בהתאם לשינויים בהיקפי המילוי החוזר – שינויי האקלים צפויים להשפיע על מאזן המים השנתי והרב-שנתי, גם בצד הביקוש וגם בצד ההיצע.	גבוהה High
חינוך והסברה – הגשת תכנית לביסוס ידע ומידע בידי האוכלוסייה להתמודדות במצבים קיצוניים של הקטנה בהיצע המים במשק: בראש ובראשונה היערכות לייעול השימוש ומניעת בזבז מים במסגרת הערכות לשינויי אקלים		נמוכה Low
קרוב High		רחוק Low
טווח זמן להתממשות		

פרק 8: נספחים

א. נספח 1: תחזיות אקלימיות האקלימי בישראל

ב. נספח 2: דו"ח השמ"ט מיולי 2024

