

יסודות

כלכלה הוגנת | חברה צודקת ע"ר

אתגר הביטחון החומרי

כיצד יש לבנות אסטרטגיה וכלי מדיניות
לביטחון חומרי בישראל?

ד"ר עמית אשכנזי
מאי 2024



חוסנו של המשק הישראלי תלוי במידה רבה ביכולתו לספק לתעשייה חומרי גלם לייצור ועיבוד מקומי. בניגוד למדינות אחרות, מדינת ישראל לא בנתה עדיין מסגרת לבחינת החומרים החיוניים לכלכלתה לאורך זמן ולבחינת הסיכונים לאספקתם, ולא התוותה עדיין אסטרטגיות התמודדות שיבטיחו את הרציפות התפקודית של התעשייה הישראלית. סקירה זו מציגה כמה מהסיכונים הקיימים והעתידיים לביטחון חומרי המשק הישראלי, שיטות שיושמו במדינות אחרות לניתוח והגדרה של החומרים החיוניים והאסטרטגיות להבטחת אספקתם, והמלצות קונקרטיות לבניית מסגרת מדיניות חדשה לביטחון חומרי בישראל.

עמית אשכנזי הוא מומחה במדיניות סביבה וחוסן. הוא עובד עם משרדי ממשלה, האקדמיה, רשויות מקומיות וארגוני חברה אזרחית בישראל, באירופה ובאפריקה לקידום חדשנות מערכתית בתחום הקיימות. בשנים האחרונות מתמקד בתחומים של חוסן שרשרות אספקה, חדשנות אקלימית בזירה העירונית וחדשנות בשרשרות הערך של מערכות מזון מקומיות ועולמיות. עמית הוא בעל תואר ראשון בממשל מאוניברסיטת רייכמן (בעבר, המרכז הבינתחומי הרצליה), תואר שני בניהול סביבתי מאוניברסיטת ייל בארה"ב, ודוקטורט בנושא מדיניות חוסן מאוניברסיטת דלפט בהולנד.

תודות

מסמך זה הוא חלק מעבודת צוות המחקר בפרויקט "תגובת שרשרת", שעוסק בהתלכדות שיבושים בשרשראות אספקה כתוצאה משינוי אקלים, סיכונים גיאופוליטיים וסיכונים כלכליים והשפעתם על הביטחון הלאומי והיציבות האזורית. השותפים לפרויקט: המכון למחקרי ביטחון לאומי (INSS), מרכז ארכימדס באוניברסיטת תל אביב, מכון יסודות, מכון גזית והמכון הישראלי לדמוקרטיה.

אנו מבקשים להודות ל**פרופ' ורד בלאס** ול**גב' גלית כהן** שמובילות את הפרויקט ותרמו משמעותית לסקירה הנוכחית.

הנחיה: עמית בן-צור

עריכה: דפנה לב

עיצוב: עדי רמות

עוד על מכון יסודות: www.yfpp.org.il

תוכן העניינים



עמוד

| | |
|----|---|
| 7 | תקציר |
| 10 | פרק 1: מה הבעיה? |
| 10 | 1.1 מבוא |
| 11 | 1.2 הסיכונים המרכזיים לביטחון חומרי ברמה הלאומית |
| 13 | 1.3 מגמות המשפיעות על שרשרות האספקה במעלה הזרם |
| 13 | ריכוז הסחר |
| 14 | מעבר לייצור מקומי |
| 14 | נטל סביבתי גובר על מדינות מעוטות הכנסה |
| 15 | 1.4 מגמות המשפיעות על שרשרות האספקה באמצע הזרם |
| 15 | מגבלות סחר |
| 15 | סיכונים בהובלה |
| 16 | 1.5 מגמות המשפיעות על שרשרות האספקה במורד הזרם |
| 16 | ביקוש גובר למשאבים טבעיים |
| 17 | גילום המחיר הפחמני בעלות הסחורות |
| 18 | 1.6 מגמות וסיכונים כלליים |
| 18 | משברים גיאופוליטיים |
| 18 | מגפת הקורונה |
| 18 | ירידה במספר הספקים |
| 18 | משבר האקלים והמגוון הביולוגי |
| 19 | המעבר לכלכלה מעגלית |
| 20 | פרק 2: מה רוצים להשיג? |
| 21 | פרק 3: מה אפשר לעשות? |
| 21 | 3.1 הגדרת חומרים חיוניים ומיפוי הסיכונים לאספקתם |
| 21 | רקע ואחריות מוסדית |
| 22 | חקר עתידים של חומרי גלם חיוניים לתעשיות אסטרטגיות |
| 24 | 3.2 מתודולוגיות לבחינת החיוניות של חומרי גלם ברמה הלאומית |

עמוד

| | |
|----|--|
| 26 | דרך גיבוש רשימת החומרים החיוניים של האיחוד האירופי |
| 29 | דרך גיבוש רשימת המינרלים החיוניים של השירות הגיאולוגי של ארה"ב |
| 32 | 3.3 אסטרטגיות התמודדות עם סיכונים בניהול החומרים |
| 32 | בניית חוסן בשרשרות האספקה ואספקה אמינה לשוק המקומי |
| 33 | קידום כרייה, ייצור וחדשנות |
| 33 | עידוד פרקטיקות של קיימות ואחריות בתעשייה |
| 34 | 3.4 דוגמאות לתרגום האסטרטגיות לכלי מדיניות |
| | גיוון מקורות האספקה ותמיכה בייצור בר-קיימא מחוץ לגבולות האיחוד האירופי |
| 34 | האיחוד האירופי |
| 35 | בניית שותפויות חדשות בשוק המקומי |
| 36 | מעבר לכלכלה מעגלית |
| 38 | אסטרטגיות מחקר ופיתוח |
| 39 | 3.5 מנגנונים לניהול חומרים ברמה הלאומית |
| 40 | האיחוד האירופי: החוק לחומרי גלם חיוניים |
| 43 | הולנד: אסטרטגיה לאומית לחומרי גלם לשינוי מערכתי של הכלכלה |
| 47 | פינלנד: תוכנית אסטרטגית לקידום כלכלה מעגלית |
| 49 | גרמניה: אסטרטגיית חומרי הגלם של הממשלה הפדרלית |
| | ארה"ב: האסטרטגיה הפדרלית להבטחת אספקה אמינה ובטוחה של מינרלים קריטיים |
| 51 | של מינרלים קריטיים |
| 53 | פרק 4: מה כדאי לעשות? |
| 53 | 4.1 המלצות מדיניות לבניית מערך לניהול הביטחון החומרי בישראל |
| 53 | הגדרת אחריות וסמכויות לניהול הביטחון החומרי |
| 54 | בניית תמונת מצב נוכחית ומיפוי צרכים עתידיים |
| 55 | בניית אסטרטגיה לאומית או אסטרטגיות מותאמות ענף |
| 58 | סיכום |
| 60 | מקורות |
| 5 | |

רשימת האיורים



עמוד

- איור 1:** סיכונים ליציבות אספקת החומרים לאורך שרשרת האספקה
12..... (בדגש על מתכות)
- איור 2:** שלוש המדינות היצרניות העיקריות של עשרת חומרי הגלם החיוניים
13..... שהייצור שלהם הוא הריכוזי ביותר ואחוז הייצור בכל מדינה
- איור 3:** תרשים סנקי: סיכוני אספקה לפי חומרים, טכנולוגיות וענף תעשייתי
23.....
- איור 4:** מדדי הסיכון שנבחנו במחקרי חיוניות נבחרים
25.....
- איור 5:** מבנה המתודולוגיה של האיחוד האירופי להערכת חיוניות חומרי גלם
למדינות האיחוד
27.....
- איור 6:** מיפוי הנושאים שבהם עוסקת מערכת ה-RMIS
43.....
- איור 7:** לוח זמנים למשימות מרכזיות ליישום ממשלתי
57.....

סקירה זו מציגה כמה מהסיכונים הקיימים והעתידיים לביטחון החומרי במשק, שיטות שיושמו בארה"ב ובאיחוד האירופי לניתוח ולהגדרת החומרים החיוניים למשק, ואסטרטגיות ומנגנונים ממשלתיים להפחתת הסיכונים לביטחון החומרי

התעשייה הישראלית זקוקה לאספקה יציבה של חומרי גלם. בשנים האחרונות אנו עדים להפרעות הולכות וגדלות בשרשרות האספקה העולמיות, במיוחד ביחס למתכות ולחומרים נדירים ההכרחיים לייצור מוצרי אלקטרוניקה מתקדמים, כגון שבבי מחשב, טלפונים וטכנולוגיות הקשורות באנרגיות מתחדשות וכלי רכב חשמליים. על מנת להתמודד עם הפרעות אלה בנו מדינות שונות מערכים להבטחת הביטחון החומרי של המשק, כלומר מנגנונים שבוחנים אילו חומרים חיוניים למדינה וכיצד ניתן להבטיח את יציבות אספקתם לאורך זמן. סקירה זו מציגה כמה

מהסיכונים הקיימים והעתידיים לביטחון החומרי במשק, שיטות שיושמו בארה"ב ובאיחוד האירופי לניתוח ולהגדרת החומרים החיוניים למשק, ואסטרטגיות ומנגנונים ממשלתיים להפחתת הסיכונים לביטחון החומרי.

סיכונים לביטחון החומרי

ריכוז הכרייה של חומרים הכרחיים לתעשייה במספר קטן יחסית של מדינות לצד מגבלות סחר הביא בשנים האחרונות לעיכוב באספקתם של חומרים אלה ואף למלחמות סחר

מגפת הקורונה ומלחמת רוסיה-אוקראינה חשפו את פגיעותן של שרשרות האספקה העולמיות במגוון תחומים, מייצור ועד שינוע, אך בהקשר של מתכות ויסודות נדירים, הסיכונים לאספקה ניכרו גם קודם לכן. הסיבה לכך היא שכרייתם של לא מעט מתכות ויסודות שהם הכרחיים לתעשייה מרוכזת במספר קטן יחסית של מדינות. ריכוז זה, בשילוב עם מגבלות סחר שמטילות ממשלות משיקולים מסחריים וגיאופוליטיים, הביא בשנים האחרונות לעיכוב באספקתם של חומרים אלה ואף למלחמות סחר (לדוגמה בין סין וארה"ב).

הביקוש למשאבים אלה, שהופכים יקרים ומורכבים יותר להפקה, הולך ועולה עקב הגידול באוכלוסייה וצמיחת מעמד הביניים העולמי. כמו כן, מורכבות הטכנולוגיה מצריכה שימוש במגוון הולך וגדל של חומרים.

במקביל לביקוש הגדל למשאבים, הולכת וגדלה ההכרה במחיר הסביבתי-חברתי שגובה

כריית המשאבים, במיוחד במדינות מעוטות הכנסה. בנוסף לנזקים שהכרייה גורמת במדינות שבהן החקיקה הסביבתית אינה חמורה דיה או שאינה נאכפת, גם שרשרות האספקה של החומרים חשובות לסיכונים סביבתיים. לדוגמה, שינוי האקלים יצר קשיים חדשים בשינוע עקב ירידת מפלס המים בתעלות ובנהרות מרכזיים כגון תעלת פנמה. כמו כן, יש הכרה שנדרשים שינויים משמעותיים בסטנדרטים ובחקיקה הסביבתית-חברתית הקשורים לתחום הכרייה, בין היתר כדי להפחית את תרומתו למשבר האקלים

**במקביל לביקוש הגדל
למשאבים, הולכת וגדלה ההכרה
במחיר הסביבתי-חברתי שגובה
כריית המשאבים, במיוחד
במדינות מעוטות הכנסה**

ולמשברים קיומיים נוספים (כגון ההכחדה המהירה של מינים והפגיעה במגוון הביולוגי העולמי והמקומי). מדינות רבות מקדמות מעבר מכלכלה לינארית של שימוש והטמנה לכלכלה מעגלית, שבה משתמשים בחומרים שוב ושוב, וגם לכך יכולה להיות השלכה משמעותית על האופן שבו התעשייה מוצאת את החומרים הדרושים לה.

בחינת חיוניותם של החומרים למשק

**בחינת חיוניות היא ניתוח שיטתי
של החומרים שבהם משתמשים
בכלכלה המקומית על מנת לזהות
אילו מהם חשובים יותר או פחות,
אילו עומדים בפני סיכונים אספקה
ובאספקה של אילו חומרים על
המדינה לתמוך על מנת להבטיח
את יציבות אספקתם**

על מנת להבין את נקודות התורפה של המשק מבחינת אספקת חומרים, מבצעות מדינות שונות בחינת חיוניות (criticality assessment). זהו ניתוח שיטתי של החומרים שבהם משתמשים בכלכלה המקומית על מנת לזהות לאילו מהם חשיבות כלכלית או אחרת למשק ולמדינה, אילו חומרים עומדים בפני סיכונים אספקה, וכתוצאה מכך, באספקה של אילו חומרים על המדינה לתמוך באמצעות כלי מדיניות שיבטיחו את יציבות אספקתם. בסקירה הנוכחית אנו מציגים כמה מתודולוגיות שהפעילו באיחוד האירופי ובארה"ב בעשור האחרון, ברזולוציה שמאפשרת התאמה ויישום בישראל.

בניית אסטרטגיות התמודדות

**בין כלי המדיניות להבטחת ביטחון
חומרי: גיוון מקורות האספקה,
הגברת האחריות הסביבתית
של שרשרות האספקה, הגברת
המעגליות בכלכלה המקומית
והשקעה במו"פ של חומרים
ותהליכי ייצור חליפיים**

במקביל לזיהוי החומרים החיוניים לכלכלה, ממשלות שונות פיתחו אסטרטגיות, כלי מדיניות ומנגנונים לתמיכה ביציבות אספקתם. בסקירה זו אנו גם מציגים את סוגי הפעולות שהפעילו ארה"ב, האיחוד האירופי, גרמניה, פינלנד והולנד, מדינות שהן מובילות בתחום הביטחון החומרי. אפשר לחלק את הפעולות לכמה קטגוריות מרכזיות: גיוון מקורות האספקה, בין אם באמצעות הסכמי סחר חדשים ובין

אם באמצעות בניית שותפויות פעילות עם המדינות שבהן מופקים חומרי הגלם; הגברת האחריות הסביבתית של שרשרות האספקה על מנת להפחית את העלויות שבהן נושאות הקהילות המקומיות, העובדים והמדינות שבהן מופקים החומרים; הגברת המעגליות בכלכלה המקומית כדי למצות את פוטנציאל השבת החומרים במשק ולהפחית את הביקוש לחומרים במקור; והשקעה במחקר ופיתוח של חומרים חליפיים ותהליכי ייצור על מנת למצוא אלטרנטיבות לחומרים שאספקתם בסיכון.

המלצות לפעולה בישראל

מדינות וארגונים פיתחו כלי ניתוח ואסטרטגיות שאפשר להתאים למשק הישראלי וליישם באמצעות חקיקה, כפי שעשו בארה"ב ובאיחוד האירופי.

אין צורך להמציא את הגלגל. מדינות מובילות בעולם, כמו גם ארגונים כגון ה-OECD, פיתחו כלי ניתוח ואסטרטגיות שאפשר להתאים למשק הישראלי וליישם באמצעות חקיקה, כפי שעשו בארה"ב ובאיחוד האירופי. כבר עתה עמלים בארץ על צעדים ראשונים לפיתוח ויישום בחינת חיוניות של מתכות וחומרים אחרים ומתודולוגיות משלימות של ניתוח סיכונים לשרשרות אספקה בכמה ענפים חיוניים. עם זאת, נדרשת הירתמות של הממשלה לנושא על מנת שאפשר יהיה לטפל בסיכונים בקנה המידה הראוי והנדרש. לצורך זה מספקת סקירה זו המלצות קונקרטיות לפעולה, כולל הטלת האחריות למשימה על משרד הכלכלה, והתעשייה בתמיכתה של המועצה לביטחון לאומי; פעולה משולבת של המשרדים המקצועיים לפי ענף

נדרשת הירתמות של הממשלה לנושא על מנת שאפשר יהיה לטפל בסיכונים בקנה המידה הראוי והנדרש. לצורך זה מספקת סקירה זו המלצות קונקרטיות לפעולה

(משרד האנרגיה, משרד התחבורה ואחרים); עבודה מול התעשייה למיפוי החומרים ושרשרות האספקה; יישום בחינת חיוניות ברמת המשק; בניית אסטרטגיות פעולה בהתבסס על המודלים שמוצגים בסקירה (כנקודת פתיחה); ובניית תקנות וחקיקה שיעגנו את תהליכי הניתוח וישלבו אותם בעבודת הממשלה הסדירה. אומנם ישראל נמצאת בעיכוב של 5-15 שנים בבניית המנגנונים בהשוואה למדינות הייחוס, והסיכונים הייחודיים שעימם מתמודדת המדינה כמדינת אי שנתונה לסיכונים ביטחוניים רק מגבירים את הדחיפות, אך החדשנות הישראלית מייצרת הזדמנויות לתת מענה ייחודי לאתגר הביטחון החומרי ובתוך כך לפתח מנועי צמיחה חדשים במשק.

החדשנות הישראלית מייצרת הזדמנויות לתת מענה ייחודי לאתגר הביטחון החומרי ובתוך כך לפתח מנועי צמיחה חדשים במשק



מה הבעיה?

1.1 מבוא

כל תעשייה בעולם מסתמכת על אספקה שוטפת של חומרי גלם, שמהם מייצרים מגוון מוצרים, ממתכות לטלפונים ולטנקים ועד לחנקן, זרחן ואשלגן שמהם מכינים דשנים

לחקלאות. הגלובליזציה המואצת בעשורים האחרונים, במקביל לפיתוח שיטות ייצור מתקדמות שמצריכות מגוון רחב יותר של חומרי גלם, גרמו לכך שישראל תלויה במידה הולכת וגוברת במדינות אחרות ליבוא מוצרים מוגמרים וחומרי גלם לתעשייה. מצד אחד, תלות זו היא בלתי נמנעת בכלכלת שוק עולמית, במיוחד בישראל שנדרשת לייבא משאבים טבעיים שאינם קיימים בה, ויש בה גם יתרונות – אנו מייבאים מהמקומות שבהם החומרים נמצאים בשפע ולכן עלות הפקתם קטנה יותר. מצד שני, תלות זו חושפת אותנו לסיכונים רבים, כולל סיכונים הנובעים מהחלטות

מדיניות (לדוגמה, מדינות שמגבילות או אף אוסרות יצוא של חומרים ורכיבים), וסיכונים הנובעים מהיבטים סביבתיים-חברתיים (כגון משבר האקלים, נזקים סביבתיים מקומיים כתוצאה מכרייה או היעדר רגולציה הולמת במדינות שמנהן אנו מייבאים באופן שמסכן את העובדים המקומיים). כל זאת בזמן שהצריכה של משאבים טבעיים, כלומר החומרים שאותם אנו מפיקים מהטבע, הולכת ומאמירה עם העלייה באיכות החיים, תרבות הצריכה הנוכחית והצמיחה המהירה במספר בני האדם שחיים בכדור הארץ.

בשל סיכונים אלה, ממשלות שונות החליטו לייצר מנגנונים לניהול לאומי של ביטחון חומרי, או במילים אחרות, לבנות כלי מדיניות שיבטיחו את האספקה השוטפת של חומרי הגלם הנחוצים לקיום הכלכלה הלאומית. לשם כך הן ביצעו מיפוי של חומרי גלם חיוניים, כלומר זיהוי החומרים החשובים יותר והחשובים פחות וזיהוי החומרים החשובים החשובים לסיכונים

באספקה. מיפוי זה נעשה תוך בחינת שרשרת האספקה כולה, כלומר כל השלבים הכרוכים באספקת חומרי הגלם, החל מכרייתם, עיבודם לתעשייה, הובלתם למפעלים במדינה,

הגלובליזציה המואצת בעשורים האחרונים, במקביל לפיתוח שיטות ייצור מתקדמות שמצריכות מגוון רחב יותר של חומרי גלם, גרמו לכך שישראל תלויה במידה הולכת וגוברת במדינות אחרות ליבוא מוצרים מוגמרים וחומרי גלם לתעשייה

ממשלות שונות בנו כלי מדיניות שיבטיחו את האספקה השוטפת של חומרי הגלם הנחוצים לקיום הכלכלה הלאומית

הייצור שלהם (על הפחת שכרוך בו), השימוש בהם לייצור מוצרים שונים ועד השבה ושימוש חוזר בהם במידת האפשר בסוף חיי המוצר המקורי.

מסמך זה מציג את הסיכונים המרכזיים לביטחון חומרי ברמה הלאומית, את האסטרטגיות שהפעילו מדינות שונות כדי להבטיח את אספקתם השוטפת של חומרי גלם חיוניים, ואת המתודולוגיות שהופעלו במדינות אלה כדי לתעדף את החומרים שלהם צריך למצוא מענה מיוחד.

1.2 הסיכונים המרכזיים לביטחון חומרי ברמה הלאומית

מלחמת הסחר בין סין לארה"ב, שיזם ממשל טראמפ אך הלכה והעמיקה עם משבר הקורונה, חשפה את עומק התלות הבינלאומית בשרשרות אספקה חוצות גבולות (Shih, 2022). את הסיכונים לשרשרות האספקה החיוניות כיום לניהול לאומי של חומרים אפשר לסווג לארבע קבוצות עיקריות: סיכונים במעלה הזרם, סיכונים באמצע הזרם, סיכונים במורד הזרם וסיכונים כלליים, שיכולים להתרחש בכל שלב של שרשרת האספקה. כך, לדוגמה, במעלה הזרם אפשר למנות את הידלדלות המשאבים עם הזמן, ריכוז

את הסיכונים לשרשרות האספקה אפשר לסווג לארבע קבוצות עיקריות: סיכונים במעלה הזרם, סיכונים במורד הזרם וסיכונים כלליים, שיכולים להתרחש בכל שלב של שרשרת האספקה

המשאבים במקומות ספציפיים בעולם ומגבלות סחר שיטילו ממשלות על ייצואם, עלויות גילוי מרבצים חדשים ועלויות הפקה ומחסור זמני. באמצע הזרם, השרשרת חשופה לסיכונים הנובעים מיכולת עיבוד החומרים, בניית מצבורי משאבים (stockpiling) של חומרים באופן שמקטין את ההיצע העולמי שלהם וסיכונים הקשורים בהשקעה. במורד הזרם הסיכונים יכולים לנבוע מצמיחה בביקוש, שינויים במבנה שימושי הקצה, שינויים ביעילות החומרית (כלומר, כמות החומר הנדרשת לייצור כל מוצר) ופוטנציאל המחזור שלהם. סיכונים כלליים יכולים לכלול, בין היתר, שינויים בטכנולוגיה, תנודתיות במחירים, אסונות טבעיים וסיכונים סביבתיים, כישלונות לוגיסטיים, סיכוני סחר, תלות ביבוא ותחרות, גורמים פוליטיים וכוחות חברתיים. כמו כן, מבנה שרשרת האספקה ורשת השחקנים בכל שלב שלה עשויים להוות גורמי סיכון בפני עצמם. עם זאת, חלק מהסיכונים יכולים גם להוות מנוע חיובי לשינוי, לדוגמה שיפור ביכולת המחזור ושינויים בשימושי הקצה (Sun, 2022). איור 1 מציג כיצד אפשר לזהות את הסיכונים השונים לאורך שרשרת האספקה, וזאת בנוסף לסיכונים שרלוונטיים לכל אורך השרשרת, לדוגמה זמינות עובדים.

איור 1: סיכונים ליציבות אספקת החומרים לאורך שרשרת האספקה (בדגש על מתכות)



על מנת להבין טוב יותר את הסיכונים נרחיב להלן על כמה מגמות מהשנים האחרונות, שמשפיעות במיוחד על שרשרת האספקה העולמיות.

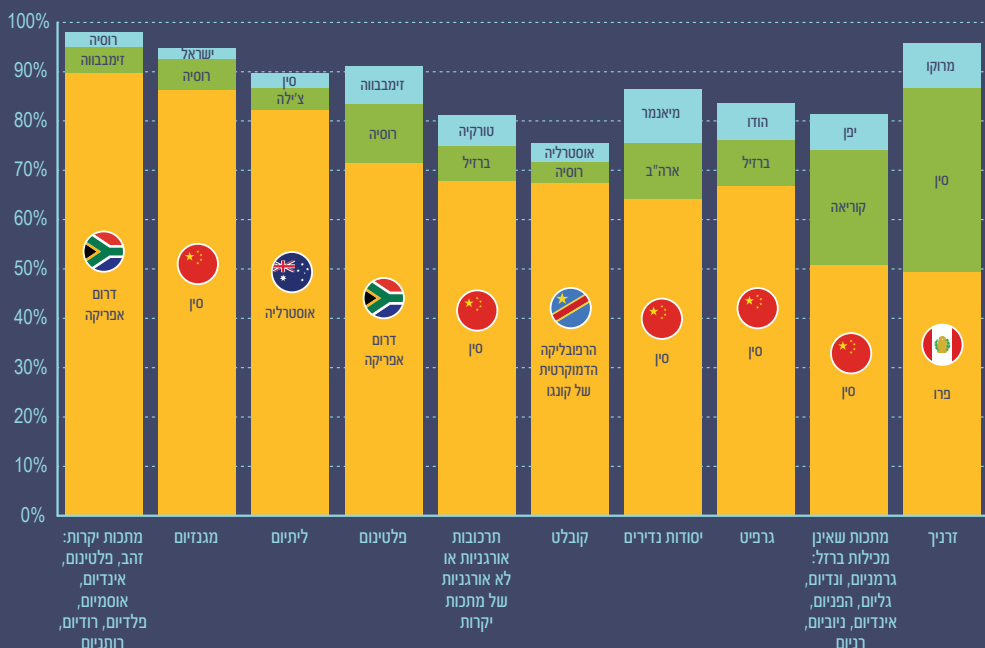
1.3 מגמות המשפיעות על שרשרות האספקה במעלה הזרם

ריכוז הסחר

בניתוח שערך ה-OECD נמצא שסין היא היצרנית הגדולה ביותר של חמישה מתוך עשרת חומרי הגלם החיוניים שהייצור שלהם הוא הריכוזי ביותר, ודרום אפריקה היא היצרנית הגדולה ביותר של שניים מהם. כמו כן, סין מופיעה פעמיים נוספות ברשימה כיצרנית עיקרית ורוסיה מופיעה ברשימה ארבע פעמים

בעשור האחרון הפך הייצור העולמי של חומרי גלם חיוניים ריכוזי יותר, וחשף את מעלה הזרם של שרשרות האספקה לשיבושים משמעותיים. בניתוח שערך ה-OECD (Kowalski and Legendre, 2023) נמצא שסין היא היצרנית הגדולה ביותר של חמישה מתוך עשרת חומרי הגלם החיוניים שהייצור שלהם הוא הריכוזי ביותר, ודרום אפריקה היא היצרנית הגדולה ביותר של שניים מהם. כמו כן, סין מופיעה פעמיים נוספות ברשימה כיצרנית עיקרית ורוסיה מופיעה ברשימה ארבע פעמים, כפי שאפשר לראות באיור 2.

איור 2: שלוש המדינות היצרניות העיקריות של עשרת חומרי הגלם החיוניים שהייצור שלהם הוא הריכוזי ביותר ואחוז הייצור בכל מדינה



נתח השוק בייצור העולמי מבוסס על משקל ברוטו בצד הייצור

מקור הנתונים: חישובי ה-OECD, בהתבסס על נתוני השירות הגיאולוגי של ארה"ב, Kowalski and Legendre, 2023; **עיבוד הנתונים:** מכון יסודות

**התלות של מדינות החברות
ב-OECD ביבוא סחורות
ממדינות שאינן חברות בו
גדולה יותר בחומרי גלם
חיוניים מממוצע הסחר
הכולל, ועומדת על 50% מכלל
החומרים המיובאים**

עוד נמצא באותו ניתוח, שהתלות של מדינות החברות ב-OECD ביבוא סחורות ממדינות שאינן חברות בו גדולה יותר בחומרי גלם חיוניים מממוצע הסחר הכולל, ועומדת על 50% מכלל החומרים המיובאים. לדוגמה, מגוון רחב של חומרי גלם חיוניים מגיע מסין, רוסיה, ברזיל, דרום אפריקה והודו, אך בעיקר מתכות מסורתיות, שבהן נעשה שימוש נרחב גם בטכנולוגיות ירוקות. בקבוצות מסוימות של חומרי גלם חיוניים, כגון פסולת כספית, כסף, תליום וזהב, הסיכון נובע דווקא

מהריכוז העולמי בצד הרכש והיבוא (כלומר, מדינות ספורות שרוכשות נתחים גדולים מהשוק העולמי של חומרים מסוימים) (Kowalski and Legendre, 2023).

מעבר לייצור מקומי

המחסור בשבבים מוליכים למחצה (semiconductor) בזמן מגפת הקורונה, שלאחר מכן התחבר למלחמת הסחר בין סין לארה"ב, הביא את ארה"ב, יפן והאיחוד האירופי להשקיע בבניית תעשייה מקומית שתפחית את התלות במדינות אחרות. גם סין מצידה השיקה בשנת 2020 את מדיניות התפוצה הכפולה (dual circulation), שמטרתה להפחית את התלות ביבוא חומרי גלם ומוצרים אסטרטגיים (Shih, 2022).

נטל סביבתי גובר על מדינות מעוטות הכנסה

**מדינות עשירות תלויות
במידה הולכת וגוברת בבסיס
המשאבים ויכולות הייצור
של שאר העולם. תלות זו
מיתרגמת גם לנטל סביבתי
שאינו מתחלק באופן שוויוני
בין מדינות וחברות**

ניתוח מאזן הסחר הבינלאומי לפי קבוצות הכנסה של מדינות מראה, שמדינות עשירות תלויות במידה הולכת וגוברת בבסיס המשאבים ויכולות הייצור של שאר העולם. תלות זו מיתרגמת גם לנטל סביבתי שאינו מתחלק באופן שוויוני בין מדינות וחברות. כך, סחר בינלאומי לא רק מגביר את הצריכה הכוללת ואת המשאבים הנדרשים כדי לאפשר אותה, אלא מעביר את פעילות הייצור למקומות שבהם הרגולציה הסביבתית פחותה, תוך השקעה רבה יותר של אנרגיה וזיהום בהובלת החומרים ממדינה למדינה (Sun, 2022).

1.4 מגמות המשפיעות על שרשרות האספקה באמצע הזרם

מגבלות סחר

תדירות החלתן של מגבלות סחר על חומרי גלם חיוניים גדלה פי חמש בעשור האחרון, כשכמה מדינות עוד הולכות ומגבירות את השימוש בהן. כך, בשנים האחרונות, כ-10% מערך סחורות חומרי הגלם החיוניים שמיוצאות עמדו בפני מגבלת סחר כזו או אחרת. שש המדינות שהשיתו את המספר הגדול ביותר של מגבלות סחר חדשות בין 2009-2020 היו סין, הודו, ארגנטינה, רוסיה, וייטנאם וקזחסטן. מדינות ה-OECD תלויות בחלק ממדינות אלה ביבוא חומרי גלם חיוניים ברמה הגבוהה ביותר. כלומר, המדינות החברות בארגון ה-OECD הופכות חשופות יותר למגבלות סחר, ובמיוחד למיסי יצוא חדשים, שאינם אסורים לפי חוקי ארגון הסחר העולמי (בניגוד להטלת מכסות כמותיות, כלומר מגבלה על כמות המוצר שמותר לייצא מהמדינה) (Kowalski and Legendre, 2023).

ההפרעות להובלה שנוצרו בשנים האחרונות בעקבות משבר האקלים, מגפת הקורונה ותאונות (כמו זו שחסמה את תעלת סואץ) חשפו את הסיכונים גם בחוליה זו של שרשרות האספקה. עלויות מאמירות של שילוח אווירי ובמכולות דרך הים וצווארי בקבוק בנתיבי סחר מרכזיים פגעו בפעילותן של חברות במידות שונות של חומרה. כמו כן, אתגרי הובלה אלה הטילו בספק את המודל הכלכלי של הובלת חומר גלם בנפח גדול לעיבוד במרחק רב ממדינת המקור (Shih, 2022). עם זאת, ככל שמדינה תחליט על שימור יכולת של ייצור מקומי של מוצרים חיוניים, הובלה של חומרי גלם תישאר גורם מרכזי בשרשרות האספקה הלאומיות.

סיכונים בהובלה

ההפרעות להובלה שנוצרו בשנים האחרונות בעקבות משבר האקלים, מגפת הקורונה ותאונות חשפו את הסיכונים גם בחוליה זו של שרשרות האספקה

ההפרעות להובלה שנוצרו בשנים האחרונות בעקבות משבר האקלים, מגפת הקורונה ותאונות (כמו זו שחסמה את תעלת סואץ) חשפו את הסיכונים גם בחוליה זו של שרשרות האספקה. עלויות מאמירות של שילוח אווירי ובמכולות דרך הים וצווארי בקבוק בנתיבי סחר מרכזיים פגעו בפעילותן של חברות במידות שונות של חומרה. כמו כן, אתגרי הובלה אלה הטילו בספק את המודל הכלכלי של הובלת חומר גלם בנפח גדול לעיבוד במרחק רב ממדינת המקור (Shih, 2022). עם זאת, ככל שמדינה תחליט על שימור יכולת של ייצור מקומי של מוצרים חיוניים, הובלה של חומרי גלם תישאר גורם מרכזי בשרשרות האספקה הלאומיות.

1.5 מגמות המשפיעות על שרשרות האספקה במורד הזרם

ביקוש גובר למשאבים טבעיים

מאז שנות ה-70 של המאה ה-20 הוכפלה אוכלוסיית העולם והתמ"ג העולמי צמח פי ארבעה. שתי מגמות הצריכו שימוש בכמות הולכת וגדלה של משאבים טבעיים

מאז שנות ה-70 של המאה ה-20 הוכפלה אוכלוסיית העולם והתמ"ג העולמי צמח פי ארבעה. שתי מגמות אלה הצריכו שימוש בכמות הולכת וגדלה של משאבים טבעיים. כך, בשנת 2017 עמדה הפקת המשאבים הטבעיים בעולם על 92 מיליארד טון, בהשוואה ל-27 מיליארד טון ב-1970. הערך של הסחר העולמי בחומרי גלם חיוניים גדל מהר יותר מהערך של סך הסחר בסחורות (38% לעומת 31% בין 2007 ל-2019). בסחר בליתיום, לדוגמה, נרשמה הצמיחה הגדולה ביותר (438%), ויחד עם גרפיט טבעי, קובלט (מתכת מגנטית), טיטניום, עופרת ויסודות נדירים (rare earth elements) צמח הסחר בחומרים אלה יותר מהממוצע לכלל חומרי הגלם החיוניים. כל זה במקביל לכך שהיקפי הייצור של חלק מחומרים חיוניים אלה קטנו (Kowalski and Legendre, 2023).

הערך של הסחר העולמי בחומרי גלם חיוניים גדל מהר יותר מהערך של סך הסחר בסחורות, אך במקביל קטנו היקפי הייצור של חלק מחומרים אלה

את מרב המשאבים הללו צורכות מדינות עם הכנסה בינונית וגבוהה. חלקן של מדינות מעוטות הכנסה בצריכת משאבים טבעיים נותר מתחת ל-3%, למרות שחלקן באוכלוסיית העולם הוא 45% ולמרות שבהן מתקיימת צמיחת האוכלוסייה המהירה ביותר. גם בבחינה של צריכה לנפש חלקן של המדינות העשירות גבוה במיוחד, עם טביעת רגל חומרית (כלומר כמות החומרים הנדרשת לייצור כל המוצרים בכלכלת המדינה) גדולה פי 13 מזו של אזרחים במדינות מעוטות הכנסה (International Resource Panel, 2019).

את מרב המשאבים הטבעיים צורכות מדינות עם הכנסה בינונית וגבוהה. חלקן של מדינות מעוטות הכנסה בצריכת המשאבים נותר מתחת ל-3%, למרות שחלקן באוכלוסיית העולם הוא 45% ולמרות שבהן מתקיימת צמיחת האוכלוסייה המהירה ביותר

העלות הפחמנית של סחורות מגולמת יותר ויותר במחיר השוק שלהן

על מנת לעמוד ביעד ההתחממות שעליו הוסכם באמנת האקלים בפריז יידרשו מדינות העולם להטיל מיסוי פחמן בגובה 50-250 דולר לטון פליטות גזי חממה

בימים אלה דנה כנסת ישראל בהצעה להשתתף מס פחמן גם בישראל, צעד שעשוי להשפיע על התחשיב הכלכלי של יבוא וייצור מקומי של חומרי גלם וחלקי חילוף

העלות הפחמנית של סחורות, כלומר כמות גזי החממה שנפלטו בתהליך הייצור שלהן, מגולמת יותר ויותר במחיר השוק שלהן, עם החלתם של כללים כמו המכס הפחמני של האיחוד האירופי, שנכנס לתוקף ב-2023¹, והוראות של ארגון הספנות העולמי (IMO), שכבר עתה מחייבות ספינות לעמוד בתנאים מחמירים של התייעלות אנרגטית, תוך החמרה צפויה נוספת במהלך העשור הנוכחי², והרגולציה המתגבשת על פליטות גזי חממה בהובלה אווירית. בנוסף לכך, עשרות ממשלות מפעילות כבר עתה מיסוי פחמני ברמות שונות (לאומית, תת-לאומית, על-לאומית) ובצורות שונות (מס על פליטות פחמן או מערכות סחר בהיתרי פליטות). לפי סקר שנערך בקרב עשרות כלכלנים ב-2021, על מנת לעמוד ביעד ההתחממות שעליו הוסכם באמנת האקלים בפריז (עלייה של לא יותר מ-1.5°C עד סוף המאה), יידרשו מדינות העולם להטיל מיסוי פחמן בגובה 50-250 דולר לטון פליטות גזי חממה³. בימים אלה דנה כנסת ישראל בהצעה להשתתף מס פחמן גם בישראל⁴, צעד שעשוי להשפיע על התחשיב הכלכלי של יבוא וייצור מקומי של חומרי גלם וחלקי חילוף.

¹ עוד על כללי המכס ראו: European Commission, [Carbon Border Adjustment Mechanism](#)

² עוד על האסטרטגיה הנוכחית של ארגון הספנות העולמי ראו: International Maritime Organization, [IMO's work to cut GHG emissions from ships](#)

³ The World Bank Open Knowledge Repository, [States and trends of carbon pricing](#)

⁴ ראו לדוגמה: אשכנזי, ש' (2024). [ועדת הכספים דנה במס הפחמן: יכניס לקופת האוצר 2.5 מיליארד שקל ב-2030. כלכליסט, 15.2.2024.](#)

1.6 מגמות וסיכונים כלליים

משברים גיאופוליטיים

המלחמה באוקראינה, שהחלה בפברואר 2022, הסבה את תשומת הלב העולמית לסיכונים לאספקת חומרי גלם כמו מתכות, גזים אצילים וסחורות חקלאיות (Shih, 2022). יציאתה של רוסיה, המייצרת יותר מ-10% מהניקל העולמי ויותר מ-4% מאספקת הקובלט, למלחמה, הביאה לתנודתיות משמעותית במחירי שני סוגי הסחורות הללו (Sun, 2022). בנוסף, המלחמה הנוכחית בין ישראל לחמאס הדגישה את הרגישות של ההובלה הימית לישראל, בין אם כתוצאה מאיומים על הנמלים ובין אם כתוצאה מאיומים על הספינות שמובילות מטענים לישראל ומותקפות על ידי החות'ים בים האדום.

מגפת הקורונה

המגפה שיבשה שרשרות אספקה לכל אורכן, והביאה לשיבוש משמעותי באספקת חומרי גלם. כך, לדוגמה, מוערך כי הסגר בדרום אפריקה שיבש 75% מתפוקת הפלטינום העולמית (Sun, 2022).

ירידה במספר הספקים

ככל שהתנודתיות במחירי הסחורות גוברת, כך הולכת וקטנה יכולתם של ספקים מסוימים, במיוחד עסקים קטנים ששולי הרווחים ורזרבות הפעולה שלהם קטנים יותר, לעמוד במחירים המשתנים. חלק מהספקים יאלצו להפסיק את פעילותם ויבלעו על ידי חברות גדולות, וחלקם יוכלו להמשיך לספק חומרי גלם לתעשייה, אך בכמות קטנה יותר ובקצב איטי יותר (רק כשהמחירים יאפשרו זאת או כשהיו די חומרים במלאי). כך, חברות במורד הזרם יאלצו לרכוש חומרי גלם משוק ריכוזי יותר, מה שעשוי לגרום לעליות מחירים או ידרוש מהן להתגמש ברכש שלהם (לדוגמה, באמצעות רכש ממספר גדול יותר של ספקים או להמתין זמן רב יותר לחומרי הגלם מהספקים הקיימים) (Shih, 2022).

משבר האקלים והמגוון הביולוגי⁵

ככל שיימשכו הלחצים הסביבתיים שיוצר השימוש בחומרי גלם, יהיה קשה במיוחד לעמוד בהסכם פריז ובהסכמים בינלאומיים אחרים למאבק באובדן המגוון הביולוגי

התהליכים הכרוכים בהפקת כלל חומרי הגלם השונים בעולם ועיבודם לצרכים תעשייתיים מייצרים כ-50% מפליטת גזי החממה בעולם וגורמים ל-90% מההשפעות של לחצים על משאבי המים ואובדן המגוון

⁵ המושג מגוון הביולוגי (biodiversity) מתאר את השונות בעולם הטבע, והוא כולל את מגוון המערכות האקולוגיות, מגוון היצורים החיים והמגוון הגנטי.

הביולוגי הקשור בשינויים בשימושי הקרקע בעולם. ככל שיימשכו הלחצים הסביבתיים שיוצר השימוש בחומרי גלם, יהיה קשה במיוחד לעמוד בהסכם פריז, שבו התחייב העולם לנקוט צעדים להפחתת ההתחממות הגלובלית מתחת לרמת סיכון קריטית, ובהסכמים בינלאומיים אחרים למאבק באובדן המגוון הביולוגי. אומנם, בין השנים 2000-2015 היינו עדים לניתוק מסוים של הקשר בין צמיחת התמ"ג להשלכות סביבתיות כתוצאה מהפקת משאבים, אך במונחים מוחלטים המשיכו ההשלכות העולמיות להחריף, ובהן השלכות משבר האקלים והמחיר הבריאותי שגובים כלל המשברים הסביבתיים (International Resource Panel, 2019).

המעבר לכלכלה מעגלית

חלק ממגבלות הסחר משקפות את רצונן של מדינות המקור למצות את הפוטנציאל של הכלכלה המעגלית למתכות ומינרלים

חלק ממגבלות הסחר משקפות את רצונן של מדינות המקור למצות את הפוטנציאל של הכלכלה המעגלית כמקור למתכות ומינרלים. בניגוד לכלכלה הלינארית שבה אנו חיים היום, שבה חומרי גלם משמשים לייצור פעם אחת ובסוף חיי המוצר הוא מוטמן או נשרף, הכלכלה מעגלית שואפת לחסל את הפסולת והבזבז של חומרי גלם באמצעות עיצוב חומרים, מוצרים,

מערכות ומודלים עסקיים: בניית מוצרים שמחזיקים מעמד זמן רב יותר, מוצרים שאפשר לחלוק או להשכיר במקום למכור לאדם אחד בלבד, לפרק לאחר תום השימוש על מנת לאפשר שימוש מחדש ומחזור חלקים וחומרים שונים, ובניית מערכות שמאפשרות איסוף, תיקון, עיבוד ושימוש חוזר במוצרים ובחומרים ברמות שונות של הכלכלה (עולמית, לאומית,

מקומית) (Kowalski and Legendre, 2023). בתוך כך, המעבר לכלכלה מקומית הוא חיוני למיצוי חומרי גלם שמיוצרים במדינה או שמיובאים אליה בתור מוצרים מוגמרים ושבסוף חיהם אפשר להשתמש ברכיביהם פעם נוספת.

המעבר לכלכלה מקומית הוא חיוני למיצוי חומרי גלם שמיוצרים במדינה או שמיובאים אליה בתור מוצרים מוגמרים ושבסוף חיהם אפשר להשתמש ברכיביהם פעם נוספת



מה רוצים להשיג?

**מטרת נייר זה היא להנגיש
למקבלי ההחלטות בישראל
את הידע הנצבר בעולם לגבי
האופן שבו מדינות בוחנות
אילו חומרים חיוניים לרציפות
התפקודית של התעשייה
המקומית ובונות אסטרטגיות
להבטחת אספקת החומרים
הללו למדינה**

מטרת נייר זה היא להנגיש למקבלי ההחלטות בישראל את הידע הנצבר בעולם לגבי האופן שבו מדינות בוחנות אילו חומרים חיוניים לרציפות התפקודית של התעשייה המקומית בטווחי זמן משתנים, משנתיים ועד 15 שנים, ובונות אסטרטגיות להבטחת אספקת החומרים הללו למדינה.

לאחר המבוא, שבו הגדרנו את הבעיה ועמדנו על מגוון הסיכונים לביטחון חומרי בשלבים שונים של שרשרת האספקה, נסקור בהמשך המסמך את הנושאים הבאים:

- 1. מוסדות ומתודולוגיות לבחינת החומרים החיוניים** – הצגת המדיניות הקיימת בארה"ב ובאיחוד האירופי לביצוע ניתוח שיטתי ותקופתי של החומרים החיוניים לכלכלה המקומית, שבהם נדרשת פעילות ממשלתית להתמודדות עם סיכוני אספקתם. חלק זה בסקירה מתעמק במתודולוגיות שמיושמות באיחוד ובארה"ב במטרה לבנות בסיס לניתוח מותאם בישראל.
- 2. קטגוריות פעולה להתמודדות עם סיכונים** – הגדרת סוגי הפעולות שבהן אפשר לנקוט על מנת להתמודד עם סיכוני האספקה לחומרים החיוניים.
- 3. סקירת אסטרטגיות קיימות** – בחינת האופן שבו בנו מדינות שונות אסטרטגיות לאומיות להתמודדות עם סיכוני האספקה לחומרים חיוניים.
- 4. המלצות לפעולה בישראל** – הצגת המלצות לצעדים המרכזיים הנדרשים לבניית מערך להבטחת הביטחון החומרי בישראל.

מה אפשר לעשות?

3.1 הגדרת חומרים חיוניים ומיפוי הסיכונים לאספקתם

רקע ואחריות מוסדית

נציבות האיחוד האירופי מפרסמת אחת לכמה שנים רשימה מתעדכנת של חומרים חיוניים לכלכלת האיחוד. הרשימה משלבת שני מדדים עיקריים: חשיבות חומרי הגלם לכלכלת האיחוד והסיכונים לאספקתם השוטפת

החל משנת 2011 מפרסמת נציבות האיחוד האירופי אחת לכמה שנים רשימה מתעדכנת של חומרים חיוניים לכלכלת האיחוד (List of critical raw materials).⁶ הרשימה משלבת שני מדדים עיקריים: חשיבות חומרי הגלם לכלכלת האיחוד והסיכונים לאספקתם השוטפת. בשנת 2023 פרסמה הנציבות את המהדורה החמישית של דוח ההערכה ובתוכו הרשימה המעודכנת. המשרד בנציבות שביצע את ההערכה היה המקביל באחריותו למשרד הכלכלה הישראלי: הדירקטורט לשוק פנימי, תעשייה, יזמות ועסקים קטנים.⁷

הנציבות שכללה את המתודולוגיה העומדת בבסיס ההערכה, שאותה התחייבה לבצע לפחות כל שלוש שנים, וכתוצאה מכך השתנתה והתרחבה הרשימה עם הזמן: בעוד שברשימה הראשונה נכללו 11 חומרים חיוניים לכלכלת האיחוד, ברשימה העדכנית לשנת 2023 נכללו כבר 34 חומרים. כמו כן, חומרים יכולים לנוע אל ומוחוץ לרשימה בין כל הערכה.

בארה"ב דורש החוק שהשירות הגיאולוגי יבצע הערכת משאבים מקומיים של מינרלים חיוניים, ומשרד האנרגיה יפתח תחזית למינרלים חיוניים, שתצפה את מגמות השימוש, הייצור והמחזור

בפיתוח המתודולוגיה השתתפו חוקרים ממרכז המחקר המשולב של האיחוד (Joint Research Centre, JRC) ומומחים לתחום מהאקדמיה.

באופן דומה, חוק האנרגיה שאישר הקונגרס ב-2020⁸ קבע, שהרשות המבצעת תקבע מדי שלוש שנים רשימת מינרלים חיוניים. בנוסף דורש החוק, שהשירות הגיאולוגי של ארה"ב יבצע הערכת משאבים מקומיים של מינרלים חיוניים, ומשרד האנרגיה יפתח תחזית

⁶ European Commission, [Critical raw materials](#)

⁷ DG Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

⁸ US Congress, [Consolidated Appropriations Act, 2021](#)

למינרלים חיוניים, שתצפה את מגמות השימוש, הייצור והמחזור לשנה הקרובה, לחמש השנים הקרובות ולעשור הקרוב. התחזית תכלול את הצרכים הביטחוניים, האנרגטיים, הכלכליים והטכנולוגיים למינרלים חיוניים והערכות לגבי תלותה של ארה"ב במדינות אחרות באספקת צרכים אלה⁹.

את הרשימה, כמו גם מידע נוסף לגבי מינרלים חיוניים, מנגיש השירות הגיאולוגי באתר מרכז המידע למינרלים חיוניים. באתר מופיעים גם מחקרי רוחב של זרימת חומרים בכלכלה האמריקאית והעולמית ומחקרי עומק שבוחנים את זרימתם של חומרים ספציפיים¹⁰.

חקר עתידים של חומרי גלם חיוניים לתעשיות אסטרטגיות

**מרכז המחקר המשולב של
האיחוד האירופי פרסם
מחקר שסוקר את הביקוש
העתיד ואת צווארי הבקבוק
בשרשרות האספקה של תשע
טכנולוגיות מרכזיות בשלוש
תעשיות אסטרטגיות: אנרגיות
מתחדשות, ניידות חשמלית
וביטחון וחלל ותעופה**

מרכז המחקר המשולב של האיחוד האירופי (JRC) פרסם ב-2023 מחקר שסוקר את הביקוש העתידי ואת צווארי הבקבוק בשרשרות האספקה של תשע טכנולוגיות מרכזיות בשלוש תעשיות אסטרטגיות: אנרגיות מתחדשות, ניידות חשמלית וביטחון וחלל ותעופה (European Commission, 2020). הטכנולוגיות שנסקרו הן תאי דלק, טורבינות רוח, מנועים חשמליים, תאים פוטו-וולטאיים, רובוטיקה, מל"טים, הדפסות תלת-ממד וטכנולוגיות דיגיטליות. לכל טכנולוגיה בדקו החוקרים את הסיכונים לאספקת חומרי הגלם הנדרשים לפי שישה מדדים עיקריים: סיכוני אספקה גלובליים, ייצור מקומי, האם חומרי הגלם נכללים ברשימת החומרים החיוניים של האיחוד, תלות ביבוא, חליפיות ומחזור. בנוסף, לכל טכנולוגיה בחנו החוקרים תרחישי ביקוש שונים באמצעות ארבעה משתנים עיקריים: אורך החיים של מפעלי הייצור, יכולת ייצור כוללת, נתח השוק של תת-טכנולוגיה ועצימות החומרים הנדרשים לייצורה (כמות חומר הגלם הנדרשת לייצור כל יחידה). לכל טכנולוגיה יצרו החוקרים שלושה תרחישים – ביקוש נמוך, בינוני וגבוה – כשכל תרחיש מבטא שילוב שונה של ארבעת המשתנים. לבסוף, החוקרים הציגו את תוצאות הניתוח

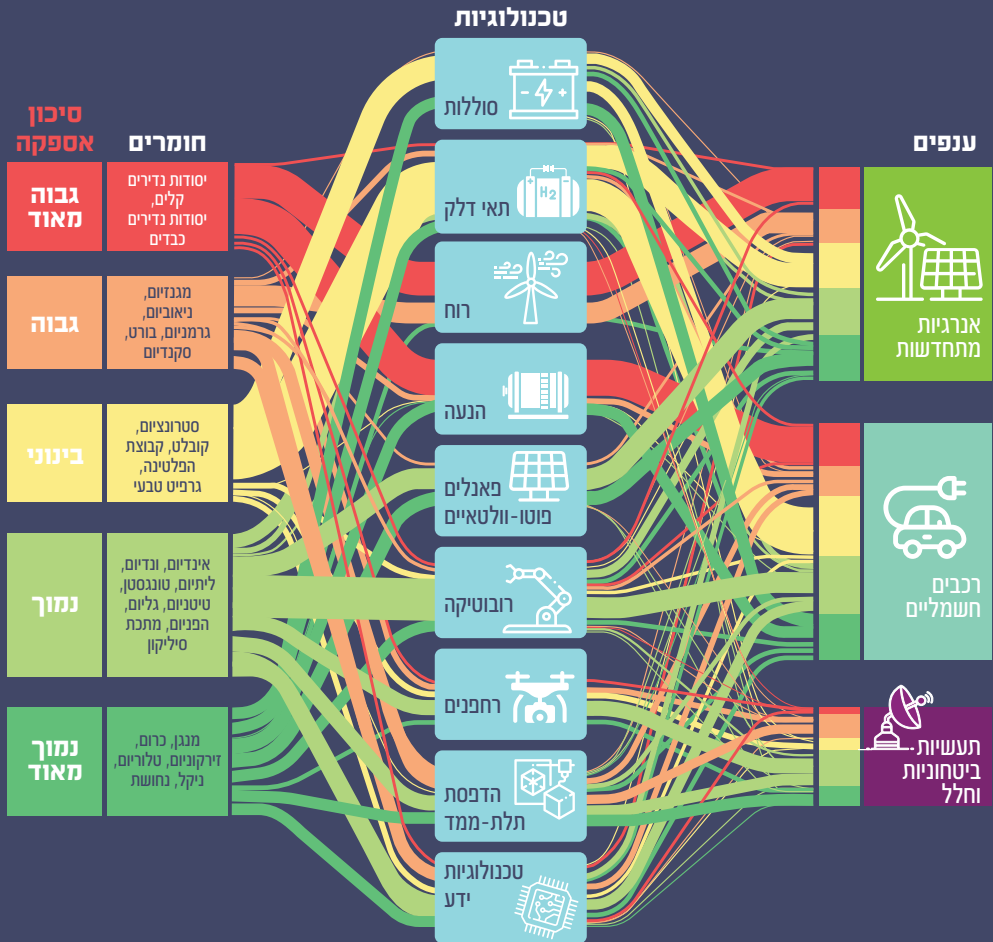
בתרשים סנקי (Sankey diagram), שהוא תרשים שמציג את זרימת החומרים בענפים

⁹ IEA, Energy Act of 2020 (Critical minerals provisions)

¹⁰ USGS, National Mineral Information Center, Materials flow

שונים בתעשייה ומאפשר לקבוע סדרי עדיפויות לפי טכנולוגיות ותעשיות. באיור 3, בטור השמאלי מוצגות רמות הסיכון לאספקת החומרים, בטור האמצעי – הטכנולוגיות שמשמשות בחומרים אלה, ובטור הימני – ענפי התעשייה שמפיקים או משתמשים בכל אחת מהטכנולוגיות.

איור 3: תרשים סנקי: סיכוני אספקה לפי חומרים, טכנולוגיות וענף תעשייתי



מקור האיור: European Commission, 2020, עמ' 10; תרגום: מכון יסודות

3.2 מתודולוגיות לבחינת החיוניות של חומרי גלם ברמה הלאומית

על מנת לזהות את החומרים החיוניים לכלכלה ואת הסיכונים לאספקתם, מדינות וארגונים שונים משתמשים במתודולוגיית בחינת החיוניות, המשמשת לארבע מטרות עיקריות: בחינת סיכונים ברמה הלאומית, בחינת טכנולוגיות עתידיות, בחינת חיוניות בהקשר של יוזמות עסקיות ובחינת חיוניות ממוקדות

כאמור, על מנת לזהות את החומרים החיוניים לכלכלה ואת הסיכונים לאספקתם, מדינות וארגונים שונים משתמשים במתודולוגיית בחינת החיוניות (criticality assessment). נתאר להלן כיצד הם עושים זאת.

המושג "חיוניות" בהקשר של ביטחון חומרי אינו חדש. כבר במלחמת העולם השנייה החליטה ממשלת ארה"ב להקים מצבור של 42 חומרי גלם שהיו חשובים לתעשייה הצבאית, ואף העבירה חוק לבניית מצבורי חומרים חיוניים. היום משמשת מתודולוגיית בחינת החיוניות לארבע מטרות עיקריות: בחינת סיכונים ברמה הלאומית, בחינת טכנולוגיות עתידיות, בחינת חיוניות בהקשר של יוזמות עסקיות ובחינת חיוניות ממוקדות.

במחקר שבו הושוו 15 מחקרי חיוניות ברמה הלאומית (Achzet and Helbig, 2013), זיהו החוקרים מבנה משותף לרוב המחקרים: בשלב הראשון בוחרים מדדים להערכת הסיכונים השונים לחומרי הגלם; בשלב השני סוכמים את הסיכונים לפי המשקל שמייחסים לכל סוג סיכון; ובשלב השלישי והאחרון מציגים את התוצאות במדד שלוב, בתרשים או במטריצה שמאפשרים להשוות את רמות הסיכון של החומרים לפי קטגוריות הסיכון השונות. נמצא שיש דמיון רב גם בסוגי הסיכונים שבהם השתמשו המחקרים השונים, כפי שאפשר לראות באיור 4, המציג כמה מבין 15 המחקרים שנבחנו השתמשו בכל מדד סיכון.

איור 4: מדדי הסיכון שנבחנו במחקרי חיוניות נבחרים

| מספר המחקרים שהשתמשו במדד זה מתוך 15 המחקרים הנבחרים | מדד הסיכון |
|--|---|
| 12 | ריכוז הייצור בעולם |
| 10 | סיכון למדינה המייצרת |
| 9 | זמן הידלדלות |
| 7 | תלות בתוצרי לוואי |
| 5 | ריכוז בחברות מסחריות |
| 5 | גידול בביקוש |
| 3 | שיעור המחזור |
| 3 | תחליפיות |
| 3 | תלות ביבוא |
| 2 | מחירי סחורות |
| 1 | צורך בגילוי |
| 1 | הצטברות במלאים |
| 1 | איזון סחר |
| 1 | נפח כרייה ועיבוד |
| 1 | קיבולת שוק עתידית |
| 1 | השקעה בכרייה |
| 1 | רגישות לשינוי האקלים |
| 1 | מחסור זמני |
| 1 | סיכון לשימוש בחומר למטרות אסטרטגיות של המדינה המייצרת |
| 1 | שפע בקרום כדור הארץ |

מקור הנתונים: Achzet and Helbig, 2013; עיבוד הנתונים: מכון יסודות

זמינות המידע והנתונים משפיעה במידה רבה על היקף החומרים הנבחרים, על בחירת המדדים ועל המשקל שמייחסים לכל מדד. עם זאת, רוב מחקרי החיוניות מעריכים בצורה כזו או אחרת את הסבירות של עלייה בביקוש לחומרים הנבחרים, ירידה בהיצע שלהם, שילוב של שניהם או את הסיכון לתנודתיות במחירים. פגיעות נמדדת לעיתים קרובות לאור היעדר חומרים חליפיים או אופציות להסתגל לשינויים בהיצע ובביקוש. סוג החומרים הנבחרים מתמקד לרוב בחומרים שאינם משמשים לאנרגיה (כלומר, כלל החומרים שאינם דלקי מאובנים). יש מחקרי חיוניות שבוחנים אך ורק מתכות, רק חומרים ביוטיים (חומרים שמופקים מיצורים חיים: צמחים, בעלי חיים, חיידקים או פטריות), את כלל היסודות בטבלה היסודית או חומרים כגון מינרלים תעשייתיים. ההחלטה על היקף החומרים לא תמיד מוסברת במחקרים, אבל היא יכולה להיקבע בהתאם להערכה של חומרים פגיעים להפרעות אספקה, ולהתעלם מחומרים שאין להם שימוש תעשייתי, מיסודות סינתטיים ומיסודות גזיים, כמו גם מחומרים שאין לגביהם די נתונים. רוב המחקרים בוחנים את היצע החומרים בשלב הכרייה, אך יש גם מחקרים שבוחנים כמה נקודות שונות לאורך שרשרת האספקה ואת הסיכונים לכל אורכה. רוב המחקרים הממשלתיים נשענים, ככל האפשר, על מידע שפתוח לציבור ועל נתונים כמותיים, שאותם אפשר להעריך בקלות יחסית (Schrijvers et al., 2020).

דרך גיבוש רשימת החומרים החיוניים של האיחוד האירופי¹¹

המתודולוגיה לבניית רשימת החומרים החיוניים לכלכלת האיחוד התפתחה לאורך השנים. המתודולוגיה שבה השתמשו בהערכה בשנת 2023 מתוארת באופן מפורט בדוח ההערכה של תהליך העבודה¹² ובהצעת תקנה חדשה שהעלתה הנציבות ותואר בהמשך. דרך העבודה מורכבת מכמה שלבים:

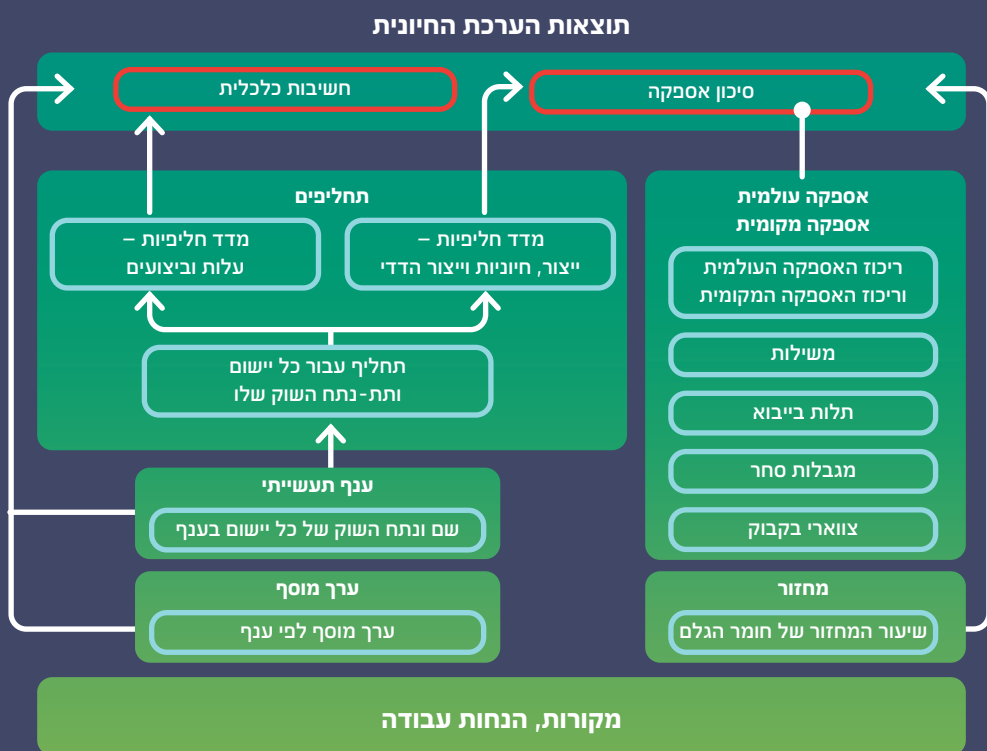
1. גיבוש מצאי ראשוני של חומרים – מתוך רשימה ראשונית של 87 חומרים, שמייצגים ארבע קבוצות עיקריות של חומרי גלם לתעשייה (חומרים פרטניים, קבוצת מתכות פלטינום, מינרלים נדירים וחומרים ביוטיים), הרכיבה הנציבות רשימה של 70 חומרי גלם, שלגביהם מבוצעת הערכה ראשונית. ברשימה זו נכללים החומרים שהופיעו בהערכה הקודמת שפרסמה הנציבות, כך שאפשר יהיה לזהות חומרים שעברו מרשימה לרשימה: רשימת החומרים החיוניים ורשימת החומרים שאינם חיוניים.

¹¹ European Commission, [Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations \(EU\) 168/2013, \(EU\) 2018/858, 2018/1724 and \(EU\) 2019/1020](#)

¹² European Commission, [Study on the critical raw materials for the EU 2023, Final report](#)

2. **חישוב דירוג החיוניות של כל אחד מהחומרים** – לכל אחד מהחומרים שלגביהם אפשר למצוא נתונים, מבצעים הערכת סיכונים, הן לשלבי הכרייה וההפקה של חומר הגלם מהקרקע והן לשלב העיבוד התעשייתי של חומר הגלם, המכין אותו לשימוש בתהליכי הייצור השונים. תקופת הייחוס להערכה שבוצעה ב-2023 הייתה ממוצע חמש שנותי של השנים 2016-2020. לשם כך מחשבים שורה של מדדים שמרכיבים שני מדדי-על מרכזיים: החשיבות הכלכלית של החומר ורמת הסיכון לאספקתו. חומר מוגדר חיוני אם הציון שהוא מקבל בשני מדדי-העל נמצא מעל סף מוגדר (1 לסיכון אספקה ו-2.8 לחשיבות כלכלית). איור 5 מציג את מבנה המדדים.

איור 5: מבנה המתודולוגיה של האיחוד האירופי להערכת חיוניות חומרי גלם למדינות האיחוד



מקור האיור: Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report; תרגום האיור: מכון יסודות

להלן נציג את דרך החישוב של חיוניות החומרים.

(i) חישוב מדד החשיבות הכלכלית (Economic Importance - EI)

$$EI = \sum_s (A_s * Q_s) * SI_{EI}$$

החשיבות הכלכלית של כל חומר משקפת את נתח השוק של כל אחד מהחומרים בענפים שונים בכלכלה (A_s), ואת הערך המוסף של כל אחד מהענפים הרלוונטיים (Q_s), כלומר, הערך הכלכלי שהענף מוסיף לתמ"ג. את המכפלה לכל ענף (שאותו מייצגת האות s קטנה) סוכמים ומכפילים במשתנה שמייצג את חליפיות החומר ביחס לחשיבותו הכלכלית (SI_{EI}).

את חליפיות החומר חישובו באופן הבא:

$$SI_{EI} = \sum_i \sum_a SCP_{i,a} * Subshare_{i,a} * Share_a$$

i מסמל חומר חלופי בודד, a מסמל יישום בודד של חומר הגלם (כלומר, חומר הגלם משמש לייצור מוצרים מקטגוריה אחת של מוצרים, לדוגמה: מנוע למכונית), SCP מסמל את העלות למעבר לשימוש בחומרים חליפיים. $Share$ מסמל את חלקו של חומר הגלם המקורי בכל יישום קצה, ו- $Subshare$ מסמל את חלקו של חומר הגלם החליפי בכל יישום קצה.

(ii) חישוב מדד הסיכון לאספקת חומר הגלם (Supply Risk - SR)

$$SR = \left[(HHI_{WGI,t})_{GS} * \frac{IR}{2} + (HHI_{WGI,t})_{EU Sourcing} \left(1 - \frac{IR}{2} \right) \right] * (1 - E_oLRIR) * SI_{SR}$$

מדד הסיכון מבוסס על כמה משתנים: כמות הייצור השנתי העולמית של חומר הגלם בתקופת הייחוס (GS), מקור אספקת החומר לאיחוד – ייצור מקומי בתוספת יבוא ($EU sourcing$), מדד ריכוזיות הייצור של חומר הגלם ברמה העולמית (HHI), רמת המשילות (כלומר יציבות שלטון החוק במדינה) במדינות שבהן החומר מיוצר (WGI), מגבלות על הסחר בחומר הגלם, כגון מיסים, מכסות או איסור ייצור (t), תלות ביבוא (IR), רמת הזמינות של חומרים ממוחזרים (E_oLRIR), ומדד החליפיות ביחס לסיכוני האספקה (SI_{SR}).

(iii) מקור הנתונים

- ❖ היצע חומרים עולמי – מאגרי מידע ציבוריים כגון המאגרים [WMD](#), [BGS](#), [USGS](#), ומאגר המידע [PRODCOM](#).
- ❖ נתוני סחר של האיחוד – מערכת נתוני הסחר של לשכת הסטטיסטיקה של האיחוד ([EUROSTAT](#)), ומערכת הנתונים של ה-[OECD](#) על מגבלות יצוא של חומרי גלם תעשייתיים.
- ❖ נתוני מחזור – מערכת הנתונים של הנציבות לניתוח מערכות חומרים.
- ❖ נתח השימוש בחומרים והחליפיות שלהם – לאור מחסור בנתונים מהימנים התבססה

ההערכה על התייעצות עם בעלי עניין. בכל מקרה ניתנה עדיפות לנתונים ממקורות ציבוריים על פני נתוני תעשייה ומקורות פרטיים אחרים, אך נעשה שימוש בנתונים מסוג זה אם הם היו נגישים לציבור.

3. שיתוף בעלי עניין – הנציבות ערכה כמה סבבי התייעצויות עם נציגי התעשייה והמחקר על מנת לתקף את תוצאות ההערכה ולשפרן במידת האפשר. קבוצת מומחים של הנציבות שותפה בתהליך איסוף הנתונים ועיבוד התוצאות כדי להבטיח שהן משקפות את הידע העדכני באיחוד לגבי חומרי גלם¹³.

דרך גיבוש רשימת המינרלים החיוניים של השירות הגיאולוגי של ארה"ב¹⁴

**המתודולוגיה של השירות
הגיאולוגי של ארה"ב לגיבוש
רשימת מינרלים חיוניים דומה
לזו של הנציבות האירופית
ומבוססת על שלושה משתנים
מרכזיים: הסבירות להפרעה
מצד מדינות זרות, התלות
באספקה ממדינות זרות
והפגיעות של ענף הייצור
להפרעת האספקה האפשרית**

המתודולוגיה של השירות הגיאולוגי של ארה"ב לגיבוש רשימת מינרלים חיוניים (המנדט של השירות הגיאולוגי מתמקד אך ורק במינרלים) דומה לזו של הנציבות האירופית, ומבוססת על עבודתם של Nassar ועמיתיו (Nassar et al., 2020). גישתם של החוקרים התבססה על שלושה משתנים מרכזיים: הסבירות לכך שתהיה הפרעה לאספקה ממדינות זרות, התלות של יצרניות בארה"ב באספקה ממדינות זרות והפגיעות של ענף הייצור בארה"ב להפרעת האספקה האפשרית. כלומר, לגבי כל חומר גלם שבוחן השירות הגיאולוגי נלקחים בחשבון שלושה משתנים עיקריים: סיכון, חשיפה ופגיעות. אפשר לראות זאת בנוסחה הראשית של המודל:

$$SR_{i,t} = \sqrt[3]{DP_{i,t} * TE_{i,t} * EV_{i,t}}$$

משמעות הנוסחה:

רמת הסיכון (SR) של כל מינרל (i) בשנה ספציפית (t) משקללת את פוטנציאל הפרעה לאספקה (DP), החשיפה בסחר (TE) והפגיעות הכלכלית (EV).

לכל משתנה נקבע ערך סף. חומרי גלם שסיכון האספקה הממוצע שלהם (שמשקלל את שלושת המשתנים יחדיו) עובר את ערך הסף שנקבע, מתווספים לרשימת חומרי הגלם החיוניים.

¹³ קבוצת עבודה אד הוק לאספקת חומרי גלם. ראו עוד כאן: European Commission, Raw Materials Supply Group (E01353)

¹⁴ Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List

להלן פירוט דרך החישוב של כל אחד מהמשתנים:

(i) חישוב פוטנציאל הפרעה לאספקה (DP)

פוטנציאל הפרעה מחושב כסכום החזקות של נתח השוק העולמי של כל מדינה מייצרת באספקה הגלובלית (חוץ מארה"ב), תוך שקלול הנכונות או היכולת של המדינה להמשיך לספק את חומר הגלם.

$$DP_{i,t}^{raw} = \sum_c (PS_{i,t,c}^2 * \max(ASI_{t,c}, WSI_{t,c}))$$

משמעות הנוסחה:

PS מייצג את נתח השוק של מדינה ספציפית באספקה העולמית של חומר הגלם הנבחן, ASI הוא מדד המייצג את יכולת המדינה לספק את חומר הגלם, ו-WSI את הנכונות של המדינה לספק אותו.

היכולת לייצר (ASI) נקבעת לפי מדד תפיסת המדיניות של מכון פרייזר, שמעריך עבור כל מדינה מייצרת את היציבות הפוליטית, הביטחון, זמינות כוח האדם, נאותות התשתיות, חסמי סחר, רגולציה, מיסוי, חוסר ודאות לגבי אזורים מוגנים וטענות כלפי בעלות על הקרקע וגורמים נוספים שיכולים להשפיע על פעילות כרייה במדינה.

הנכונות לייצר (WSI) מעריכה את קשרי הסחר, ההגנה והאידיאולוגיה בין המדינה המייצרת ובין ארה"ב, שמייצגים את הסבירות שהמדינה תשבשש באופן מכוון את אספקת חומר הגלם לארה"ב.

תוצאות חישוב פוטנציאל הפרעה של סחורה לכל שנה עוברות נורמליזציה (תוצאה בין 0 ל-1), בהתבסס על תוצאות המינימום והמקסימום לכל הסחורות בכל השנים:

$$DP_{i,t} = \frac{DP_{i,t}^{raw} - DP_{min}}{DP_{max} - DP_{min}}$$

(ii) חישוב החשיפה בסחר (TE)

החשיפה בסחר מבוססת על תלות ביבוא (נטו) כאחוז מהצריכה של המדינה (ארה"ב במקרה זה), מדד שפותח ומעודכן מדי שנה על ידי השירות הגיאולוגי של ארה"ב מזה כמה עשורים. המשתנה מחושב בצורה הבאה:

$$TE_{i,t} = \frac{I_{i,t} - E_{i,t} + \Delta S_{i,t}}{AC_{i,t}}$$

משמעות הנוסחה:

עבור כל מינרל בשנה ספציפית מחושבת החשיפה בסחר (TE):

Ⓢ I – סך היבוא לארה"ב של מוצרים רלוונטיים תחת קוד יבוא ספציפי (Harmonized tariff schedule trade code)

Ⓢ E – סך היצוא של מוצרים רלוונטיים תחת קוד מכס ספציפי (Harmonized tariff schedule trade code)

Ⓢ ΔS – השינויים במלאים של החומר בתעשייה ובממשלה

Ⓢ AC – הצריכה הנצפית במדינה (ארה"ב). את הצריכה מחשבים באופן הבא:

$$AC_{i,t} = PP_{i,t} + SP_{i,t} + I_{i,t} - E_{i,t} + \Delta S_{i,t}$$

כאשר PP מייצג את הייצור של חומר הגלם הבתולי¹⁵ בארה"ב, SP מייצג את הייצור השניוני בארה"ב (מחזור), I – סך היבוא לארה"ב, E – סך היצוא מארה"ב, ΔS – השינויים במלאים של החומר בתעשייה ובממשלה.

(iii) חישוב הפגיעות הכלכלית (EV)

על מנת לחשב את המשתנה של פגיעות כלכלית מקושרים כלל השימושים של חומר הגלם לקבוצת תעשיות הייצור שמשמשות בו (לפי שיטת הסיווג המוסכמת של התעשייה בצפון אמריקה, NAICS). לסחורות שההוצאה עבורן גבוהה בתעשיות עם רווחים תפעוליים נמוכים, אך הן תורמות משמעותית לכלכלת ארה"ב, ניתנו ציוני פגיעות גבוהים יותר:

$$EV_{i,t}^{raw} = \sum_j \left(\frac{VA_{t,j}}{GDP_t} * \frac{EXP_{i,t,j}}{OP_{t,j}} \right)$$

משמעות הנוסחה:

עבור חומר גלם i בשנה t בתעשייה j -

Ⓢ VA – הערך המוסף של התעשייה, כלומר תרומתה לתמ"ג של ארה"ב

Ⓢ EXP – ההוצאה של התעשייה על חומר הגלם

Ⓢ OP – הרווח התפעולי של התעשייה

¹⁵ חומר גלם בתולי (virgin raw material) הוא חומר הגלם בצורתו הראשונית, כלומר כל חומר שהופק מן הטבע ועדיין לא עבר עיבוד (בניגוד לחומרים ממוחזרים). קראו עוד כאן:

European Investment Bank, [What is a virgin raw material?](#)

היחס בין הרווח התפעולי להוצאה מספק מדד לפגיעות הכלכלית של כל תעשייה ביחס לחומר הגלם, כשהיחס בין הערך המוסף לתמ"ג מספק מדד לחשיבות הכלכלית של התעשייה לכלכלה בכלל. הרציונל מאחורי חישוב הפגיעות הכלכלית הוא שלתעשיות עם רווחים מוגבלים והוצאה גדולה יחסית על חומרי גלם יש פחות גמישות להתמודד עם הפרעות באספקת חומר הגלם בהשוואה לתעשיות עם רווחים גדולים והוצאות קטנות.

גם התוצאות של פגיעות כלכלית עוברות נורמליזציה, כך שהתוצאות מוצגות בין 0 ל-1, כשתוצאות גבוהות יותר מסמלות פגיעות כלכלית רבה יותר, בהתבסס על תוצאות המינימום והמקסימום לכל חומרי הגלם לאורך השנים:

$$EV_{i,t} = \frac{\ln(EV_{i,t}^{raw} * 10^9) - \ln(EV_{min} * 10^9)}{\ln(EV_{max} * 10^9) - \ln(EV_{min} * 10^9)}$$

3.3 אסטרטגיות התמודדות עם סיכונים בניהול החומרים

סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA, 2022) זיהתה שלוש קטגוריות מרכזיות באופן שבו מדינות מקדמות מדיניות להבטחת האספקה של חומרי גלם חיוניים: בניית חוסן בשרשרות האספקה ואספקה אמינה לשוק המקומי, קידום כרייה, ייצור וחדשנות, ועידוד פרקטיקות של קיימות ואחריות בתעשייה.

בניית חוסן בשרשרות האספקה ואספקה אמינה לשוק המקומי

- ④ **תוכניות אסטרטגיות** – מדינות שונות, גרמניה ויפן לדוגמה, פיתחו אסטרטגיות לאומיות או "מפת דרכים" למדיניות בתחום הביטחון החומרי, שבהן הן הגדירו את סדרי העדיפויות והפעולות ההכרחיות לשילוב תחום זה במדיניות הלאומית.
- ④ **רשימות חומרים חיוניים** – מיפוי חומרים חיוניים ו/או אסטרטגיים לכלכלה הלאומית והתוויית המדיניות הנגזרת מהמיפוי עצמו.
- ④ **מנגנונים לשיתוף פעולה בינלאומי** – מדינות עשויות להצטרף למנגנונים בי-לטרליים או אזוריים לתיאום המאמצים להבטחת אספקה של חומרי גלם. דוגמאות למנגנונים כאלה הן שיתוף מידע לגבי פרקטיקות, מחקר ופיתוח משותפים, רכש משותף ובניית מלאים משותפים.
- ④ **מנגנוני מצבור** – בניית אמצעי ביטוח לסיכונים בשרשרות האספקה ולעליות המחירים בשוק, בין היתר באמצעות בניית מלאים לאומיים של חומרי הגלם ומערכות לאספקתם בתגובה להפרעות.
- ④ **השקעה ממשלתית** – פיתוח מקורות היצע חדשים באמצעות קרנות השקעה ממשלתיות או הפעלת מנגנוני רכש ממשלתיים לרכישת תפוקות לצורך מלאי ממשלתי או שימושים מדינתיים אחרים.

קידום כרייה, ייצור וחדשנות

- ④ **מימון** – שימוש במימון ממשלתי לפיתוח הייצור המקומי (מענקים, הלוואות וערובות).
- ④ **תמריצי מס** – העדפה במס של פרויקטים מקומיים לייצור חומרי גלם.
- ④ **סקרים גיאולוגיים** – איסוף נתונים על מקורות אפשריים להפקת חומרי גלם במדינה ומחוץ לה. נתונים אלה אפשר להנגיש לציבור או להציע מימון ציבורי לפעולות סקירה חדשות.
- ④ **תמיכה במחזור** – פיתוח מקורות שניוניים להפקת חומרי הגלם באמצעות תשתית עיבוד ייעודית, שוק פעיל שיכול לקלוט את חומרי הגלם הממוחזרים ולהשתמש בהם לייצור מקומי, מימון למפעלי מחזור ולמיזמים קשורים ורגולציה שמחייבת הגברה של שיעור איסוף החומרים.
- ④ **מימון לחדשנות** – הקצאת משאבים למחקר ופיתוח בתחום חומרי הגלם ברמות שונות של בשלות (בישראל, לדוגמה, אפשר להתמקד בתהליכי מחזור בהיקפים קטנים ומיצוי חומרים מתמלחות התפלה).

עידוד פרקטיקות של קיימות ואחריות בתעשייה

- ④ **תקנים סביבתיים** – קידום מדיניות להגבלת ההשפעה הסביבתית של ענף הכרייה, במיוחד בהקשר של פליטות לאוויר ולמים, ניהול שאריות הכרייה, החמרת הדרישות לתסקירי השפעה על הסביבה ותוכניות ניהול סביבתיות.
- ④ **הגברת השקיפות** – אימוץ תקנות לאספקת מידע על תעשיית הכרייה לציבור¹⁶, כולל פרסום רישיונות והיתרים, נתוני הפקה, נתוני גביית מס ושיעורי חלוקת הרווחים.
- ④ **דרישות נאותות** – החמרת הדרישות מהחברות שיבצעו בדיקת נאותות על שרשרות האספקה שלהן, בהתאם להנחיות בינלאומיות¹⁷. לרוב, בדיקות אלה מאמצות גישת ניהול סיכונים מערכתית כדי לזהות, להעריך, לדווח ולצמצם או לבטל את ההשלכות הסביבתיות והחברתיות של הפקת המשאבים.
- ④ **מדיניות קידום שילוב ומגדר** – עידוד גיוון מגדרי, העצמת קהילות מקומיות במקומות שבהם מתבצעת הפקת המשאבים ושילובן בפיתוח הפרויקטים, ומתן קול אפקטיבי לקהילות המושפעות מהם.
- ④ **משטרי היתרים** – ייעול ושיפור משטר ההיתרים והרישיונות להפקת מינרלים, מתכות וחומרים חיוניים אחרים.

¹⁶ ראו לדוגמה: EITI Standard 2023

¹⁷ ראו לדוגמה: OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas

3.4 דוגמאות לתרגום האסטרטגיות לכלי מדיניות

כפי שהזכרנו קודם לכן, האיחוד האירופי והמדינות החברות בו החלו ליישם רבות מהאסטרטגיות שתיאר ה-IEA בעשור האחרון. להלן כמה דוגמאות ליישום האסטרטגיות שעליהן המליצה סוכנות האנרגיה הבינלאומית, בדגש על ארבעה נושאים: גיוון מקורות האספקה מחוץ לגבולות האיחוד האירופי, בניית שותפויות לחיזוק שרשרות האספקה בשוק המקומי, האצת המעבר לכלכלה המעגלית בראי הביטחון החומרי והשקעה במחקר ופיתוח בתחום חומרי הגלם.

גיוון מקורות האספקה ותמיכה בייצור בר-קיימא מחוץ לגבולות האיחוד האירופי¹⁸

**החוק לחומרי גלם חיוניים
מדגיש את הצורך בבניית
קשרי סחר עם שותפים חדשים
ואמינים באמצעות פיתוח
וגיוון ההשקעות של האיחוד,
את קידום יציבות הסחר
עם שותפים פוטנציאליים
ואת הוודאות המשפטית
למשקיעים**

האיחוד האירופי הכיר בכך שלעולם לא יוכל לספק לעצמו את כלל חומרי הגלם, ויהיה עליו להמשיך להסתמך במידה כזו או אחרת על יבוא. לכן, עליו להגדיל את מספר המקומות שמהם הוא מייבא את החומרים, כך שסיכון שמתרחש באחד או בכמה מהם לא ישתק את שרשרות האספקה. זו בעצם אחת המטרות המרכזיות של החוק לחומרי גלם חיוניים, שהתקבל בחודש מרץ 2024. החוק מדגיש את הצורך בבניית קשרי סחר עם שותפים חדשים ואמינים באמצעות פיתוח וגיוון ההשקעות של האיחוד, את קידום יציבות הסחר עם שותפים פוטנציאליים ואת

הוודאות המשפטית למשקיעים שם. חוק זה מתכתב עם האסטרטגיה האירופית של יציאה לעולם¹⁹. כמו כן, האיחוד יקים "מועדון" לחומרי גלם חיוניים למדינות שמבקשות לחזק את שרשרות האספקה העולמיות ולחזק את ארגון הסחר העולמי, תוך הרחבת רשת הסכמי הסחר החופשי של האיחוד והסכמי ההשקעות המקיימות שלו ומאבק במגבלות סחר שמציבות מדינות אחרות על שוק חומרי הגלם. ההסכמים החדשים ישימו דגש על פיתוח כלכלי של השותפים הזרים באופן מקיים ועל בניית שרשרות ערך חדשות במדינות שבהן מתבצעת הפקת החומרים.

פיתוח שותפויות אסטרטגיות לביטחון חומרי אינו יעד חדש. כבר ב-2020 פרסמה הנציבות

¹⁸ European Commission, [Critical Raw Materials: ensuring secure and sustainable supply chains for EU's green and digital future; Policy and strategy for raw materials](#)

¹⁹ European Commission, [Global Gateway strategy](#)

**האיחוד יקים "מועדון"
לחומרי גלם חיוניים למדינות
שמבקשות לחזק את שרשרת
האספקה העולמית ולחזק
את ארגון הסחר העולמי,
תוך הרחבת רשת הסכמי
הסחר החופשי של האיחוד
והסכמי ההשקעות המקיימות
שלו ומאבק במגבלות סחר
שמציבות מדינות אחרות על
שוק חומרי הגלם**

האירופית את "תוכנית הפעולה לחומרי גלם חיוניים"²⁰. בין עשר הפעולות המרכזיות שבהן התמקדה התוכנית, היא הכריזה על כך שהאיחוד ייצר שותפויות אסטרטגיות עם מדינות עתירות משאבים מחוץ לאיחוד עצמו. על מנת לבחון את ההיתכנות של שותפויות כאלו בנתה הנציבות תוכנית פיילוט עם קנדה, מדינות שונות באפריקה ומדינות שכנות לאיחוד.

כך, לדוגמה, השותפות של האיחוד עם קנדה, שקיבלה תוקף ב-2021, התמקדה בשלושה תחומים עיקריים: אינטגרציה של שרשרת הערך של חומרי גלם בין קנדה לאיחוד, פיתוח חדשנות מדעית וטכנולוגית וקריטריונים ותקנות לממשל תאגידי, חברתי וסביבתי (ESG).

בניית שותפויות חדשות בשוק המקומי²¹

**ב-2020 השיק האיחוד האירופי
את "הברית האירופית לחומרי
גלם", שמטרת-העל שלה היא
להבטיח את הגישה לחומרי
גלם חיוניים, אסטרטגיים
ומתקדמים, ואת הידע לעיבוד
החומרים בקרב שחקני
התעשייה באיחוד האירופי**

ב-2020 השיק האיחוד האירופי את "הברית האירופית לחומרי גלם"²². הברית היא למעשה רשת שבה שותפות חברות לאורך כל שרשרת הערך, מדינות ואזורים באיחוד, ארגוני עובדים, ארגוני חברה אזרחית, מכוני מחקר ופיתוח ומשקיעים. הרשת מזהה חסמים והזדמנויות לבניית יכולות להפקת חומרי גלם – משלב הכרייה ועד להשבת חומרים מפסולת – ומציגה את המודל העסקי להצעות השונות. מטרת העל של הרשת היא להבטיח את הגישה לחומרי גלם חיוניים, אסטרטגיים ומתקדמים, ואת הידע לעיבוד החומרים

בקרב שחקני התעשייה באיחוד האירופי. בשלב הראשון התמקדה הרשת במינרלים נדירים (rare earth minerals) לייצור מגנטים, מנועים, סוללות ותאי דלק, ובשלב השני הוסיפה את תחום אפסון האנרגיה ושימושים נייחים וניידים. כלל פעילויות הרשת אמורות להישען על שלושה תנאים מרכזיים: קידום דיגיטציה, קיימות ומעגליות. כמו כן, הרשת פועלת לקדם מעבר הוגן לכלכלה ירוקה באמצעות חינוך, הכשרות, מחקר וחדשנות בכל חלקי החברה.

²⁰ European Commission, *Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability*

²¹ European Commission, *Policy and strategy for raw materials*

²² European Raw Materials Alliance

**המעבר לכלכלה מעגלית
מקומית יכול לשחק תפקיד
חשוב בהבטחת הגישה לחומרי
גלם אסטרטגיים ברמה
הלאומית**

המעבר לכלכלה מעגלית מקומית יכול לשחק תפקיד חשוב בהבטחת הגישה לחומרי גלם אסטרטגיים ברמה הלאומית. הכלכלה הנוכחית פועלת בצורה לינארית, כלומר משתמשת פעם אחת ויחידה בחומרי גלם לייצור מוצרים, שבסוף חייהם מוטמנים או נשרפים. לדוגמה, רוב המינרלים הנדירים שבהם משתמשים ברכבים חשמליים לא ממוחזרים בסוף חיי הסוללות או

חיי הרכב, ומינרלים בעפרות ברזל אובדים בתהליך הייצור. בכלכלה מעגלית, לעומת זאת, משתמשים במתכות חיוניות ובחומרים אחרים לאורך זמן רב יותר, משתמשים בהם שוב ושוב, וממחזרים אותם בסוף חייהם. בתחום זה יש פוטנציאל רב גם לשיפור טכנולוגי וגם לשיפור בהתמודדות הממשלתית עם האתגר (למשל, הגדלת אחוזי איסוף החומרים וסוגי החומרים המושבים)²³.

אסטרטגיית חומרי הגלם של הולנד²⁴ מזהה ארבע דרכים שבהן אפשר להשתמש בחומרי גלם בצורה מעגלית יותר, וכך להפחית את כמות חומרי הגלם שלהם זקוק המשק מלכתחילה (slowing the loop):

1. **הפחתת כמות חומרי הגלם הנדרשים** – הימנעות מייצור ורכישה של מוצרים, ייעול דרך ייצור החומרים או מעבר ממודל של בעלות למודל של שימוש משותף.
2. **מציאת תחליפים לחומרי גלם** – החלפת חומרי גלם נדירים או שאספקתם נמצאת בסיכון בחומרים מתחדשים או זמינים יותר, שהשפעתם הסביבתית-חברתית קטנה יותר.
3. **הארכת חיי מוצרים** – שימוש במוצרים קיימים לאורך זמן רב יותר ובאופן אינטנסיבי יותר באמצעות עיצוב מעגלי, שימוש מחדש ותיקוניות (ייצור ועיצוב מוצרים שאפשר לתקן בקלות ועל ידי טווח רחב של בעלי מקצוע).
4. **מניעת אובדן חומרים בסוף חיי המוצר** – מחזור חומרים וחומרי גלם באמצעות עיבוד ברמה גבוהה, כך שאפשר להשתמש בחומר במוצרים רבים יותר (closing the loop). הפחתת השימוש בחומרי גלם בתוליים היוותה חלק מרכזי מהיוזמה של האיחוד לחומרי גלם בתוליים מ-2008²⁵. היוזמה קשרה בין הצורך להגביר את יעילות השימוש במשאבים, את השימוש בחומרי גלם מתחדשים, את שיעור המחזור ואת תחליפיות חומרי הגלם

²³ European Commission, *Solutions for a resilient EU raw materials supply chain*

²⁴ *Raw materials strategy for large transitions*

²⁵ *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council - The raw materials initiative: meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*

הפחתת השימוש בחומרי גלם בתוליים היוותה חלק מרכזי מהיוזמה של האיחוד לחומרי גלם בתוליים, שקשרה בין הצורך להגביר את יעילות השימוש במשאבים, את השימוש בחומרי גלם מתחדשים, את שיעור המחזור ואת תחליפיות חומרי הגלם ובין הפחתת התלות של האיחוד ביבוא, שיפור המאזן הסביבתי ומתן מענה לצורכי התעשייה המקומית במסגרת המעבר לתעשייה מקיימת

ובין הפחתת התלות של האיחוד ביבוא, שיפור המאזן הסביבתי ומתן מענה לצורכי התעשייה המקומית במסגרת המעבר לתעשייה מקיימת. כל אלה שיחקו תפקיד מרכזי במגוון אסטרטגיות של האיחוד, מהאסטרטגיה לשימוש מקיים במשאבים טבעיים מ-2005²⁶ ותוכנית הפעולה לצריכה, ייצור ותעשייה מקיימים מ-2008²⁷, ועד לתוכנית הפעולה בנושא כלכלה מעגלית שהציגה הנציבות האירופית ב-2020²⁸.

התוכנית מ-2020 בנתה מסגרת מדיניות להגברת הקיימות של סחורות ושירותים. לשם כך היא הרחיבה את דירקטיבת ה"אקו-דיזיין" מ-2009, שהציבה דרישות לייעול מוצרים עתירי אנרגיה, כולל זיהוי ההשלכות הסביבתיות של בחירת חומרי הגלם והשימוש בהם. בין היתר הציגה התוכנית צעדים חדשים להרחבת השוק

לחומרי גלם ממוחזרים ומושבים, ביניהם קריטריונים להעברת סוגים מסוימים של חומרים מסטטוס חוקי של פסולת לסטטוס של חומרי גלם על מנת לאפשר הרחבה של השימוש החוזר בהם, והגברת הסטנדרטיזציה של מוצרים, כך שאפשר יהיה להשתמש באותם חלקים או חומרים בטווח רחב של פסי ייצור. התוכנית גם קבעה נורמות חדשות למודלים עסקיים, בראשם בתעשיית הרכב והסוללות: שיפור שיעורי המחזור של סוללות ושיעורי ההשבה של הרכיבים יקרי הערך על מנת להפחית את התלות בספקים חיצוניים, שימוש בחלופות לסוללות שאי אפשר לטעון, ויישום דרישות של קיימות ושקיפות לייצור הסוללות וחומרי הגלם הנדרשים לייצורן.

²⁶ European Environment Agency, [Thematic strategy on the sustainable use of natural resources](#)

²⁷ European Commission, [Sustainable consumption, production and industry action plan](#)

²⁸ European Parliament, [Circular economy: definition, importance and benefits](#)

את התוכנית תרגם האיחוד לחקיקה. לדוגמה, ב-2023 אישר האיחוד תקנה חדשה, שקובעת שסוללות (בין אם אלו סוללות לטלפון ולמחשב ובין אם סוללות שמניעות רכבים חשמליים) חייבות להיאסף ולעבור לשימוש מחדש או למחזור בסוף חייהן. לראשונה, התקנה משלבת הוראות שנוגעות למעגל החיים השלם של המוצר, מבחירת חומר הגלם, ייצורו, השימוש בו ומחזורו בסוף חייו. כמו כן, החל מ-2025 ייכנסו לתוקף באופן הדרגתי יעדים ליעילות המחזור בשוק הסוללות ולשיעורי השבת החומרים בו. החל משנה זו, כלל הסוללות שייאספו יחויבו לעבור למחזור וייאלצו לעמוד בשיעורי השבה גבוהים, במיוחד ביחס לחומרי גלם חיוניים כגון קובלט, ליתיום וניקל. כמו כן קובעת התקנה, שהחל מ-2027 יוכלו הצרכנים להסיר ולהחליף סוללות במוצרים הניידים שלהם בכל שלב במהלך חיי המוצר. כך אפשר יהיה להאריך את חיי המוצרים לפני החלפתם ולאפשר שימוש מחדש בהם על ידי צרכנים נוספים. על מנת לאפשר לצרכנים לבצע בחירות מושכלות, על תווית ייעודית יוצג מידע רלוונטי, כולל קודר (QR), שיפנה ל"דרכון דיגיטלי" שבו מידע מפורט לגבי כל סוללה. על מנת להגביר את דרישות הנאותות של החברות יהיה עליהן לזהות, למנוע ולהתמודד עם סיכונים חברתיים וסביבתיים שקשורים ברכישת חומרי הגלם שבסוללות, בהפקתם, בעיבודם ובסחר בהם, כולל סיכונים כמו ניצול לרעה של עובדים מקומיים, שימוש בחומרים שהופקו באזורי קונפליקט והרס מערכות אקולוגיות באתרי כריית החומרים. כל אלה אמורים לספק מענה לביקוש המאמיר לסוללות באיחוד האירופי, ולהפריד בין העלייה לביקוש לעלייה בהשלכות ובסיכונים לסביבה ולחברה²⁹.

אסטרטגיות מחקר ופיתוח³⁰

תוכנית המחקר והפיתוח של האיחוד האירופי, הורייזון 2020 (היום הורייזון אירופה), היוותה רכיב מרכזי ביישום היוזמה האירופית לחומרי גלם ובקידום השותפות האירופית לחדשנות בחומרי גלם

תוכנית המחקר והפיתוח של האיחוד האירופי, הורייזון 2020 (היום הורייזון אירופה), היוותה רכיב מרכזי ביישום היוזמה האירופית לחומרי גלם (EU Raw Materials Initiative) ובקידום השותפות האירופית לחדשנות בחומרי גלם³¹. תוכנית הורייזון השקיעה מאות מיליוני אירו בפעולות מ"פ של טכנולוגיות שמספקות פתרונות חדשים לאתגרי אקלים, סביבה ויעילות משאבים וחומרי גלם. המענקים הוקצו לפיתוח והדגמה של תהליכי ייצור של חומרי גלם ראשוניים

²⁹ European Commission, [Circular economy: New law on more sustainable, circular and safe batteries enters into force](#)

³⁰ European Commission, [Report on critical raw materials and the circular economy](#)

³¹ European Commission, [The European innovation partnership \(EIP\) on raw materials](#)

ומושבים, כולל חומרי גלם חיוניים. הפרויקטים השונים שקיבלו מימון נועדו לבנות קהילה צומחת של פיתוח חומרי גלם באיחוד ומחוצה לו, עם יעדים מדידים וברורים: הקמה של לפחות עשרה מפעלי פיילוט לייצור חומרי גלם ומציאת לפחות שלושה חומרים חליפיים לחומרי גלם חיוניים. השקעה נוספת בתוכנית התמקדה בשיפור שיעורי השבת החומרים באיחוד האירופי, הפחתת התלות של האיחוד ביבוא חומרי גלם חיוניים וחיזוק קהילת המומחים בתחום באיחוד. יש גם פרויקטים שמייצרים מודלים משולבים (Integrated Assessment Models), שבוחנים את ההשפעות ההדדיות והקשרים בין אסטרטגיות של מעבר לכלכלה מעגלית ואסטרטגיות להפחתת פליטות גזי חממה³² ומטרות סביבתיות-חברתיות נוספות.

גם חברות פרטיות משקיעות במחקר וחדשנות בתחום הפחתת השימוש בחומרי גלם. כך, לדוגמה, חברת אפל הציבה יעדים להפסקת השימוש בחומרי גלם ראשוניים ממגוון סוגים במוצריה עד 2025, כולל קובלט, שחיוני לייצור סוללות המכשירים שהחברה מייצרת, ומינרלים נדירים, שחיוניים למגנטים הנמצאים במכשירים. כבר ב-2022 הצליחה החברה להתבסס על חומר ממוחזר בשני שלישי מצריכת האלומיניום שלה, בשלושת רבעי מצריכת המינרלים הנדירים וביותר מ-95% מצריכת הטונגסטן. החברה תעדפה 14 חומרים במעבר לחומר ממוחזר ומתחדש, שיחד מהווים 90% מהחומרים במוצריה: אלומיניום, קובלט, נחושת, זכוכית, זהב, ליתיום, נייר, פלסטיק, מינרלים נדירים, פלדה, טנטלום, בדיל, טונגסטן ואבץ. על מנת לאפשר את המעבר לחומרים ממוחזרים, החברה התמקדה בשני היבטים עיקריים: עיצוב המכשירים באופן שמאפשר פירוק ומחזור החומרים שבתוכם ובניית מכשירים ופסי ייצור שמאפשרים את הפירוק בקנה מידה נרחב. כך, ב-2019 של הקובלט שנמצא בתוכן. רובוט אחר שפיתחה החברה מפרק מנועים במכשירי החברה שסיימו את דרכם ומאפשר השבה של מינרלים נדירים הנמצאים בהם³³.

3.5 מנגנונים לניהול חומרים ברמה הלאומית

בחלק הקודם הצגנו כלי מדיניות שונים שאפשר להפעיל על מנת להגביר את הביטחון החומרי, בעיקר בהקשר של מתכות ומינרלים. להלן נציג כיצד שילבו מדינות שונות את כלי המדיניות באסטרטגיות לאומיות ואף בחקיקה.

³² לדוגמה, פרויקט CIRCUMOD

³³ Apple will use 100 percent recycled cobalt in batteries by 2025, Press release, 13.4.2023



הרקע לחוק ומטרותיו

החוק לחומרי גלם חיוניים אמור לחזק את כל שלבי שרשרת האספקה של חומרים חיוניים לאיחוד, לגוון את מקורות היבוא על מנת להפחית את התלות האסטרטגית של האיחוד במדינות מחוצה לו, לשפר את יכולתו של האיחוד לנטר ולהפחית סיכונים כתוצאה משיבושים באספקת החומרים, ולשפר את המעגליות והקימות של שרשרת הערך

במקביל לחקיקה גיבשה הנציבות תזכיר נלווה, שמתאר כיצד מתכוון האיחוד לחזק את מעורבותו העולמית בפיתוח וגיוון ההשקעה, הייצור והסחר עם שותפי סחר אמינים

בספטמבר 2023 אישר הפרלמנט האירופי הצעת חוק³⁵ שהגישה הנציבות האירופית, שמטרתה להבטיח אספקה יציבה של חומרי גלם לתעשייה האירופית ולאפשר לאיחוד האירופי לעמוד ביעדי האקלים והדיגיטציה שהציב. החוק אמור לחזק את כל שלבי שרשרת האספקה של חומרים חיוניים לאיחוד, לגוון את מקורות היבוא על מנת להפחית את התלות האסטרטגית של האיחוד במדינות מחוצה לו, לשפר את יכולתו של האיחוד לנטר ולהפחית סיכונים כתוצאה משיבושים באספקת החומרים, ולשפר את המעגליות והקימות של שרשרת הערך.

במקביל לחקיקה גיבשה הנציבות תזכיר נלווה³⁶, שמתאר כיצד מתכוון האיחוד לחזק את מעורבותו העולמית בפיתוח וגיוון ההשקעה, הייצור והסחר עם שותפי סחר אמינים. האיחוד מתכוון לפעול לקידום יעדים אלה באמצעות שותפויות עם מדינות מחוץ לאיחוד ומתוך כוונה לפתח את הכלכלות המקומיות מחוץ לאיחוד באופן מקיים, שמייצר שרשרות ערך בטוחות, חסונות, במחירים ברי השגה וממקורות מגוונים. חשוב לזכור, שהחוק החדש מתכתב עם תוכניות חוקים נוספים שהעביר האיחוד בשנים האחרונות במטרה לשנות את פני שרשרות הערך בתעשייה האירופית,

כמו לדוגמה הצעת החוק לתעשייה נטולת פחמן³⁷, שמטרתה להגדיל את נפח הייצור של טכנולוגיות ניטרליות מבחינה פחמנית לטובת שרשרות ערך של אנרגיות מתחדשות,

³⁴ European Commission, [Critical Raw Materials Act](#)

³⁵ European Commission, [Proposal for a regulation, European Critical Raw Materials Act](#)

³⁶ European Commission, [Communication from the Commission to European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions](#)

³⁷ European Commission, [Net Zero Industry Act](#)

והתוכנית התעשייתית³⁸ שפרסם האיחוד במסגרת ה"גרין דיל" האירופי³⁹.

הפעולות הכלולות בחוק לחומרי גלם חיוניים

הפעולות הכלולות בחוק לחומרי גלם חיוניים הן קביעת סדרי עדיפויות חדשים לפעולה; קביעת יעדים לייצור מקומי עד 2030; תמיכה רגולטורית בבניית יכולות ייצור מקומיות של חומרי גלם; חיזוק הקיימות והמעגליות של חומרי גלם חיוניים בכלכלת האיחוד; גיוון מקורות הייבוא

1. קביעת סדרי עדיפויות חדשים לפעולה – החוק מעגן את הפרוצדורה לגיבוש רשימת חומרי הגלם החיוניים לאיחוד האירופי. כמו כן, הוא מוסיף קטגוריה של "חומרי גלם אסטרטגיים", חומרים שהם חיוניים לטכנולוגיות אסטרטגיות בתעשיות נבחרות, כגון אנרגיות מתחדשות, רכבים חשמליים, ביטחון, דיגיטציה וחלל.

2. קביעת יעדים לייצור מקומי עד 2030 – חיזוק יכולות הכרייה באיחוד, כך שיאפשרו אספקה מקומית של לפחות 10% מחומרי הגלם האסטרטגיים; חיזוק יכולות העיבוד באיחוד, כך שיאפשרו אספקה מקומית של לפחות 40% מחומרי הגלם האסטרטגיים; וחיזוק יכולות המחזור, כך שיספקו לפחות 15% מחומרי הגלם האסטרטגיים.

3. תמיכה רגולטורית בבניית יכולות ייצור מקומיות של חומרי גלם, כולל תמיכה כלכלית וביורוקרטית בחיזוק תעשיות המחזור המקומיות.

4. חיזוק הקיימות והמעגליות של חומרי גלם חיוניים בכלכלת האיחוד – מדינות האיחוד ינקטו בצעדים ממשיים לשיפור האיסוף של חומרי גלם חיוניים מזרמי הפסולת השונים ויבטיחו את המחזור שלהם כתחליף לחומרי גלם ראשוניים. בתוך כך, מממשלות ותעשיות באיחוד האירופי יידרשו לבחון את הפוטנציאל למיצוי חומרי גלם חיוניים מתוך פסולת כרייה, ויוצבו דרישות לשימוש בחומרים ממוחזרים בתהליכי הייצור ולעיצוב מוצרים בדרך שתאפשר למחזר אותם בסוף השימוש. החוק יאפשר לנציבות להציב כללים להגבלת טביעת הרגל הסביבתית של חומרי גלם חיוניים. כל אלה יגבירו את המעגליות של חומרי הגלם החיוניים בשוק האירופי ויאפשרו לצרכנים לקבל החלטות מושכלות לגבי חומרי הגלם במוצרים שהם רוכשים.

5. גיוון מקורות היבוא של חומרי גלם לאיחוד האירופי:

🔗 הקמת שותפות עולמית למדינות המעוניינות לחזק את האספקה הגלובלית של חומרי גלם חיוניים;

³⁸ European Commission, [The Green Deal Industrial Plan](#)

³⁹ European Commission, [The European Green Deal](#)

- ◀ שימוש בהסכמי סחר כדי להבטיח ולגוון את מקורות יבוא חומרי הגלם החיוניים לאיחוד;
- ◀ הרחבת רשת השותפויות האסטרטגיות של האיחוד מתוך פרספקטיבה ייעודית של שרשרות ערך ובדגש מיוחד על קיימות;
- ◀ שימוש באסטרטגיית החוץ של האיחוד (Global Gateway) כדי ליזום פרויקטים לאורך שרשרת הערך של חומרי גלם חיוניים ולתמוך בחיבורם לכלכלת האיחוד;
- ◀ עבודה בשיתוף פעולה עם המדינות החברות באיחוד להקמת מנגנון מימון אשראי להפחתת הסיכונים להשקעה בפרויקטים רלוונטיים בחו"ל;
- ◀ התמודדות עם חסמים שמציבות מדינות אחרות לסחר בחומרי גלם חיוניים והגברת האכיפה בתחום;
- ◀ הקמת חבר מנהלים אירופי לחומרי גלם חיוניים, שבו יהיו חברים נציגי המדינות החברות באיחוד ונציגי הנציבות. תפקידו של חבר מנהלים זה יהיה לייעץ ולתאם את היישום של כלל המנגנונים המתוארים בחוק ולבחון את השותפויות האסטרטגיות של האיחוד עם מדינות שאינן חברות בו ושמהן מייבא האיחוד חומרי גלם.

מערכת מידע ציבורית על חומרי גלם⁴⁰

מרכז המחקר המשולב של האיחוד הקים מערכת מידע אינטרנטית שמרכזת את כלל המידע לגבי חומרי גלם באיחוד ממקורות ראשוניים ושניוניים בשיתוף עם הדירקטורט לשוק פנימי, תעשייה, יזמות ועסקים קטנים

מרכז המחקר המשולב של האיחוד (JRC) הקים מערכת מידע אינטרנטית שמרכזת את כלל המידע לגבי חומרי גלם באיחוד ממקורות ראשוניים ושניוניים (למעט חומרי גלם חקלאיים ודלקים), בשיתוף עם הדירקטורט לשוק פנימי, תעשייה, יזמות ועסקים קטנים. למערכת המידע שתי מטרות עיקריות:

1. להנגיש, לייצר קוהרנטיות ולשפר את איכות המידע לגבי חומרי גלם, על מנת לאפשר עיצוב מדיניות ואספקת שירותים טובה יותר מטעם האיחוד;

2. לאפשר גישה למידע ולנתונים מתוך האיחוד ומחוצה לו לגבי חומרי גלם ספציפיים.

בין היתר מציגה המערכת ספרייה שמרכזת את כלל המסמכים הרלוונטיים לתחום, ומאפשרת גישה לפרסומים ולנתונים לפי תתי-נושאים, כפי שניתן לראות בענן המושגים המוצג באיור 6.

⁴⁰ RMIS: Raw Materials Information System

חומרים מתקדמים איכות אוויר אפריקה כרייה בעבודת כפיים תלות עצמית סוללות
כלכלה מעגלית שינוי האקלים יהלומי דמים נתוני מדינות
מאפייני מדינות חומרי גלם חיוניים דה-קרבוניזציה
ביקוש שיבושי אספקה דו-שימוש בדיקת נאותות חשיבות כלכלית
תעסוקה סביבה פרויקטים של האיחוד האירופי חקיקה אירופאית טביעת רגל
השקעות זרות ישירות חידושי נתונים עולמיים ממשל מכשירים רפואיים
הורייזון 2000 הורייזון אירופה מכסי יבוא פליטות מהתעשייה השקעות שימוש קרקע
חקיקה ספרייה הערכת מחזור חיים ניתוח מערכת חומרים מדינות חברות
מלאי מינרלים מיקום מינרלים מיקום מכרות ניטור בטיחות תעסוקתית
אוטונומיה אסטרטגית פתוחה מדיניות זיהום מאפייני חומרי גלם חוסן
רכש אחראי רוסיה לוח ציונים חומר גלם שניוני מגזרים
אבטחת אספקה היבטים חברתיים חומרים אסטרטגיים
קיימות אנליזה של שרשרות אספקה סיכון אספקה
יעדי פיתוח בר-קיימא טכנולוגיות סחר הסכמי סחר אוקראינה
כלי רכב מים

מקור האיור: Raw Materials Information System; תרגום האיור: מכון יסודות

הולנד: אסטרטגיה לאומית לחומרי גלם לשינוי מערכתי של הכלכלה⁴¹

בשנת 2022 פרסמה ממשלת הולנד אסטרטגיה לאומית חדשה שנכנסה לתוקף באופן מיידי, שמטרתה להבטיח אספקה בת-קיימא של חומרי גלם חיוניים לכלכלת הולנד, בדגש על חמישה תחומים מרכזיים:

1. מעגליות וחדשנות
2. תעשייה בת-קיימא של כרייה וזיקוק באירופה
3. גיוון מקורות חומרי הגלם
4. שיפור הקיימות של שרשרות אספקה בינלאומיות
5. בניית ידע וניטור

⁴¹ Raw materials strategy for large transitions

**בשנת 2022 פרסמה ממשלת
הולנד אסטרטגיה לאומית
חדשה שנכנסה לתוקף באופן
מייד, שמטרתה להבטיח
אספקה בת-קיימא של חומרי
גלם חיוניים לכלכלת הולנד,
בדגש על חמישה תחומים
מרכזיים: מעגליות וחדשנות;
תעשייה בת-קיימא של
כרייה וזיקוק באירופה; גיוון
מקורות חומרי הגלם; שיפור
הקיימות של שרשרות אספקה
בינלאומיות; בניית ידע וניטור**

האסטרטגיה מתכתבת באופן מוצהר הן עם החוק של הנציבות לחומרי גלם חיוניים (Critical Materials Act) והן עם כלי מדיניות לאומיים שהולנד עצמה בנתה, כגון התוכנית הלאומית לכלכלה מעגלית. למעשה, התוכנית מקדימה את החקיקה האירופית ומפנימה את עיקריה במישור הלאומי. כך היא מאפשרת לממשלה לאתר סדרי עדיפות פנימיים, שמתווספים על סדרי העדיפות הכלל-אירופיים, ולתת להם מענה ייעודי. האסטרטגיה פורסמה בהמשך לתזכיר ממשלתי על חומרי גלם מ-2011, שהדגיש את החשיבות בהגברת הקיימות של חומרי הגלם בהקשר של ייצור, שימוש מחדש, מחזור והפחתת צריכה, ואת ההזדמנויות לחדשנות בהולנד⁴². כמו כן, הממשלה הכריזה על כוונתה למנות נציג מיוחד לאסטרטגיית חומרי גלם, שסייע ליישם את האסטרטגיה במישור הבינלאומי ולהשפיע על חוק חומרי הגלם של האיחוד.

להלן תיאור קצר של האסטרטגיה הממשלתית בכל אחד מהתחומים המרכזיים המתוארים במסמך.

מעגליות וחדשנות

**התוכנית הלאומית לכלכלה
מעגלית ואסטרטגיית חומרי
הגלם של הולנד משלימות
ומחזקות זו את זו בשני מובנים
עיקריים: הגברת בטחון
האספקה של חומרי הגלם
במדינה והפחתת ההשלכות
המזיקות של כרייה ועיבוד
חומרי גלם חיוניים על בני אדם
ועל הסביבה**

הממשלה תיישם, תחת אחריותו של שר התשתיות והמים, את התוכנית הלאומית לכלכלה מעגלית לשנים 2023-2030, במטרה להפוך את הולנד לכלכלה מעגלית באופן מלא עד שנת 2050. התוכנית הלאומית לכלכלה מעגלית ואסטרטגיית חומרי הגלם של הולנד משלימות ומחזקות זו את זו בשני מובנים עיקריים: הגברת בטחון האספקה של חומרי הגלם במדינה והפחתת ההשלכות המזיקות של כרייה ועיבוד חומרי גלם חיוניים על בני אדם ועל הסביבה.

כמו כן, בהתאם לחוק חומרי גלם חיוניים של הנציבות, מבקשת הולנד ליישם אסטרטגיות מעגליות שיפחיתו, עד כמה שאפשר, את הצורך בכריית חומרי גלם

⁴² Letter to parliament on raw material supply security, Parliamentary Paper, House of Representatives 2010-2011, 32852, no. 1

מלכתחילה. לשם כך תעודד הממשלה כרייה עירונית⁴³, עיצוב מודולרי של תשתיות אנרגיה באופן שמאפשר פירוק והרכבה מחדש ושימוש נוסף בחומרי הבנייה שלהן, והשבה של חומרי גלם חיוניים מזרמי הפסולת השונים. בנוסף, הממשלה תקדם טכנולוגיות לכלכלה מעגלית במסגרת מדיניות של חדשנות מכוונת משימה. דרך נוספת שבה תקדם הממשלה את המעגליות של חומרי הגלם בכלכלה היא באמצעות מדיניות הרכש שלה. משרד הכלכלה כבר כולל קריטריון של מעגליות במכרזים לפיתוח טורבינות רוח ופאנלים סולריים, וכוונת הממשלה היא להרחיב את הנוהג גם למכרזים ציבוריים אחרים בתחומים כגון הגנה, תקשורת ובנייה. כל אלה אמורים להגדיל את הכרייה העירונית של חומרי גלם. בנוסף, הממשלה בוחנת דרכים לשפר את המעגליות בענף הפרטי, בין היתר באמצעות תמיכה בפרויקטים חדשניים ושאפתניים ויצירת שוק למוצרים מעגליים.

תעשייה בת-קיימא של כרייה וזיקוק באירופה

ממשלת הולנד תחפש דרכים לשיפור הקיימות של כריית חומרי גלם באיחוד האירופי

הממשלה תחפש דרכים לשיפור הקיימות של כריית חומרי גלם באיחוד האירופי, בדגש על אימוץ פרקטיקות מקיימות, שיפור הערכות השפעת התעשייה והרחבה של הזיקוק והעיבוד המקומיים. כמו כן, הממשלה תשלב בין אסטרטגיית חומרי הגלם הלאומית למדיניות הפיתוח התעשייתי כהזדמנות אסטרטגית, ותסקור את

היתרונות והחסרונות של הרחבת יכולת הזיקוק והעיבוד בהולנד. ברמת האיחוד, הולנד תקדם בחינה של ההזדמנויות והצורך בבניית רזרבות אסטרטגיות של חומרי גלם.

גיוון מקורות חומרי הגלם

ברמת האיחוד האירופי תקדם ממשלת הולנד בניית שותפויות להפקת חומרי גלם ממדינות נוספות באפריקה ובאמריקה הלטינית

ברמת האיחוד האירופי תקדם ממשלת הולנד בניית שותפויות להפקת חומרי גלם ממדינות נוספות באפריקה ובאמריקה הלטינית. כמו כן, הממשלה תמפה את החברות ההולנדיות המעורבות בתעשיית הכרייה ובסחר ועיבוד של חומרי גלם חיוניים, ותבחן תמיכה בהשקעות בפרויקטים של הפקה ועיבוד חומרי גלם מחוץ למדינה באמצעות אשראי יצוא ומכשירים פיננסיים אחרים. בנוסף, הממשלה תגבש עמדה ברורה לגבי כרייה בלב ים.

⁴³ כרייה עירונית (אורבנית) היא מיצוי חומרי גלם מתוך תשתיות ומוצרים קיימים בסוף חייהם. ראו עוד כאן: [From buildings to resources: The role of urban mining in circular cities](#)

שיפור הקיימות של שרשרות אספקה בינלאומיות

מאחר ששרשרות האספקה של חומרי הגלם חוצות גבולות, ממשלת הולנד תפעל לשיפור הקיימות שלהן מחוץ למדינה

מאחר ששרשרות האספקה של חומרי הגלם חוצות גבולות, ממשלת הולנד תפעל לשיפור הקיימות שלהן מחוץ למדינה. היא תעשה זאת באמצעות תמיכה במחקר על ההשלכות הסביבתיות והחברתיות של שרשרות הערך של חומרי גלם חיוניים, בניית מדיניות קוהרנטית לייצור, צריכה וסחר בחומרי גלם וחיבור בין מדיניות הכרייה לתחומי מדיניות אחרים, כגון מאבק בבריאות יערות (כריתת אזורים שלמים ביער) והגנה על מקורות המים והמגוון הביולוגי. על מנת לדחוף את הענף הפרטי לאמץ טכניקות מקיימות יותר, היא תשלב אלמנטים של התנהגות עסקית אחראית בחקיקה ובכלי מדיניות נוספים. כמו כן, הממשלה תזמין את המדינות שמהן מגיעים החומרים לקחת חלק בעיצוב המדיניות על מנת לוודא שההשלכות הסביבתיות והחברתיות של הכרייה נלקחות בחשבון ושהתועלת למדינת המקור ממוקסמת.

הולנד תפעל גם לקדם פרויקטים של קיימות בתעשיית הכרייה ועיבוד חומרי הגלם, תוך קידום מטרות מדיניות כגון שוויון מגדרי, הפחתת פליטות בענף ומעבר הוגן ומכליל

במקביל תפעל הממשלה באמצעות בנקי הפיתוח וזרוע הפיתוח הבינלאומי של הולנד, וכן גופים בינלאומיים כגון הבנק העולמי, לקדם פרויקטים של קיימות בתעשיית הכרייה ועיבוד חומרי הגלם, תוך קידום מטרות מדיניות, כגון שוויון מגדרי, הפחתת פליטות בענף ומעבר הוגן ומכליל. לבסוף, הולנד תקדם שיתוף פעולה אירופי ובינלאומי לקידום חילופי ידע וסטנדרטיזציה של תקנות שקשורות לקיימות בכרייה ובעיבוד ומחזור של חומרי גלם חיוניים.

בניית ידע וניטור

במקביל למערכת הניטור הכלל אירופית, הולנד תפתח מערכת עצמאית שתקבע אילו חומרי גלם, רכיבים ומוצרים אסטרטגיים הם חיוניים לכלכלת המדינה

במקביל למערכת הניטור הכלל אירופית, הולנד תפתח מערכת עצמאית שתקבע אילו חומרי גלם, רכיבים ומוצרים אסטרטגיים הם חיוניים לכלכלת המדינה (כלומר, בחינת חיוניות). המערכת תהלום את המתודולוגיה של הנציבות ומערכות קיימות לניטור כלכלה מעגלית ברמה הלאומית, ותוכל להתממשק עם הדוחות התקופתיים לגבי כלכלה מעגלית שמפרסמת סוכנות ההערכה הסביבתית של הולנד, PBL.

בנוסף, הממשלה בנתה כלי בשם סורק משאבים⁴⁴. הכלי מספק לחברות ולמשתמשים

⁴⁴ Resources scanner (Grundstoffenscanner)

אחרים מידע לגבי סוגי חומרי הגלם הנדרשים לבניית מוצרי קצה שונים, המקום שממנו הם מיובאים להולנד, השפעתם הסביבתית-חברתית, הסיכונים שבפניהם עומדת עומדת שרשרת האספקה שלהם ומידת המחזור והשימוש החוזר בהם במדינה⁴⁵. כלים נוספים שמפתחת הממשלה ינטרו את ההיבטים הגיאוגרפיים של שרשרות אספקה והתלות בין חלקיה, ירכזו בעלות בשרשרות אספקה והיחס בין מוצרים אסטרטגיים לאינטרסים ציבוריים שונים.

פינלנד: תוכנית אסטרטגית לקידום כלכלה מעגלית⁴⁶



ב-2021 פרסמה ממשלת פינלנד תוכנית אסטרטגית לקידום הכלכלה המעגלית במדינה. מטרת התוכנית היא לבסס את כלכלת פינלנד על עקרונות המעגליות עד שנת 2035, להפוך אותה למובילה בתחום בזירה הבינלאומית ולתמוך ביעד שקבעה הממשלה לעבור לנטולת פחמן עד 2035

ב-2021 פרסמה ממשלת פינלנד תוכנית אסטרטגית לקידום הכלכלה המעגלית במדינה. מטרת התוכנית היא לבסס את כלכלת פינלנד על עקרונות המעגליות עד שנת 2035, להפוך אותה למובילה בתחום בזירה הבינלאומית ולתמוך ביעד שקבעה הממשלה לעבור לנטולת פחמן עד 2035. התוכנית קובעת יעדים לשימוש במשאבים טבעיים, שאותם היא מתרגמת לצעדים ומדדים שמטרתם לייצר שינוי מערכתי בכלכלה, בראש ובראשונה להגיע לכך שכמות חומרי הגלם שאינם מתחדשים תפחת עד 2035, כך שלא תעבור את כמות החומרים שנצרכו במדינה ב-2015⁴⁷. את התוכנית פיתחה הממשלה תוך התייעצות רחבה עם חברות עסקיות, נציגי רשויות מקומיות, מכוני מחקר ופאנל של 50 אזרחים שנבחרו באקראי ובהתנדבות. כלל אזרחי המדינה הוזמנו להשתתף בכלי אינטרנטי שתמך בתהליך.

להלן יוזמות נבחרות מהאסטרטגיה שנוגעות באופן ישיר להגברת הביטחון החומרי במדינה.

תמריצים כלכליים

ממשלת פינלנד תפתח תמריצים לקידום שימוש חסכוני בחומרי גלם ומעבר למודלי שירות מעגליים

הממשלה תפתח תמריצים לקידום שימוש חסכוני בחומרי גלם ומעבר למודלי שירות מעגליים. בתוך כך, תעשיית המחזור במדינה נכללה בקטגוריית מס שמקלה עליה בתעריף החשמל. הממשלה גם העלתה הצעה למס על מינרלים שנכרו בפינלנד ורווחיו יפצו

⁴⁵ מחזור מצריך עיבוד מכני ו/או כימי של החומר כדי שאפשר יהיה להשתמש בו כחומר גלם בתהליך ייצור חדש, בעוד ששימוש חוזר מאפשר שימוש בחומר כפי שהוא.

⁴⁶ Strategic programme to promote a circular economy

⁴⁷ Government resolution on the strategic programme for circular economy

את הציבור הפיני על שימוש במשאבים מתכלים, ומ-2023 העלתה את המס על פסולת שמועברת להטמנה מ-70 ל-80 אירו לטון (המס יורחב כך שיוחל גם על פסולת גבס מתעשיית הבנייה). כמו כן, הממשלה בוחנת את הצורך בקידום מס על פסולת שעברה שריפה, ומכינה הסכם וולונטרי להפחתת פליטות משאריות פסולת ולהגברת אחוזי המחזור במדינה.

שילוב פתרונות מעגליים בפרויקטי תשתית, אנרגיה ובנייה

הממשלה תגדיל את השימוש בפתרונות מעגליים בפרויקטים ציבוריים של בנייה, אנרגיה ותשתיות, ובכלל מכרזי הרכש של הענף הציבורי

הממשלה תגדיל את השימוש בפתרונות מעגליים בפרויקטים ציבוריים של בנייה, אנרגיה ותשתיות, ובכלל מכרזי הרכש של הענף הציבורי. לשם כך מפעילה הממשלה מרכזים לקידום חדשנות ברכש בענף הציבורי, שמכשירים סוכני שינוי ברמות ממשל שונות, תומכת בפרויקט להפחתת הסיכונים ואי-הוודאות בשימוש בפתרונות מעגליים חדשנים, והביעה את כוונתה לייצר פלטפורמה דיגיטלית לתמיכה ברכש בר-קיימא (הפיילוט התקיים במהלך 2023). דוח של הממשלה, שפורסם ב-2022, הציע קריטריונים אפשריים לרכש מעגלי בתעשיית התשתיות והבנייה.

מימון למחקר, פיתוח וחדשנות בכלכלה מעגלית

הממשלה התחייבה להגדיל את המימון לפעולות מחקר ופיתוח בתחום הכלכלה המעגלית, וספציפית להשקעה במתקנים ובפעולות הדגמה. בתוך כך הקצתה התוכנית של פינלנד לצמיחה מקיימת 110 מיליון אירו לסוכנות הממשלתית Business Finland למימון פתרונות מעגליים ומתקני הדגמה לתעשייה, ומשרד הסביבה חילק מענקים לרשויות מקומיות לקידום שימוש בר-קיימא בחומרי גלם.

קידום שווקים לחומרים ממוחזרים

משרד הסביבה של פינלנד הקים קבוצת עבודה לפיתוח מוצרים חדשים מחומרי גלם ממוחזרים, שתפקידיה הם לנטר, לסייע ולפתח פרקטיקות וחקיקה כדי לקבוע אילו חומרים צריכים לעבור בהגדרתם המשפטית מקטגוריה של פסולת בסוף חייהם לקטגוריה של חומרי גלם שימושיים. בנוסף, המשרד מחפש הזדמנויות לקבוע תקנות מחייבות או וולונטריות להגברת הביקוש לחומרי גלם מושבים, במיוחד ביחס לפלסטיק, נוטריינטים, בטון וטקסטיל, כמו לדוגמה באמצעות רכש ממשלתי. המשרד גם מקדם פיתוח מוצרים חדשים משאריות חומרי גלם בתעשיית הכרייה, בשיתוף עם משרד הכלכלה והתעסוקה ומרכזים אזוריים לפיתוח כלכלי.

מכון הסביבה של פינלנד, שהוא מכון מחקר ממשלתי, מוביל פרויקט של ניתוח תזרים החומרים של המדינה, בשיתוף מרכזי מחקר נוספים ולשכת הסטטיסטיקה הלאומית. הניתוח נועד לתמוך בתוכנית הכלכלה המעגלית של הממשלה, לחזק את יכולתה לנטר את ההתקדמות וההשפעה של התוכנית, ולבנות בסיס ידע לחתימה על הסכמים חדשים עם התעשייה (לדוגמה, באמצעות זיהוי צעדים קונקרטיים לקידום הכלכלה המעגלית באותו ענף). המודל יאפשר ניתוח של השינויים בזרימת החומרים בין 2000-2019, יבנה תרחישים לשנים 2035 ו-2050 לטביעת הרגל החומרית של פינלנד והשפעתה על הסביבה והכלכלה, ויספק מידע על הצעדים המבטיחים ביותר לקידום כלכלה מעגלית והשפעתם על שימוש בחומרי גלם.

גרמניה: אסטרטגיית חומרי הגלם של הממשלה הפדרלית⁴⁹



ב-2019 פרסמה ממשלת גרמניה אסטרטגיה לאומית לחומרי גלם, שמטרתה להבטיח את אספקת חומרי הגלם לתעשייה הגרמנית לטווח הארוך ולהגביר את השוויון בשרשרות האספקה של חומרי הגלם מבחינת הערך שמקבלים שחקנים שונים וההשלכות החברתיות והסביבתיות שלהן

ב-2019 פרסמה ממשלת גרמניה אסטרטגיה לאומית לחומרי גלם, שמעדכנת את האסטרטגיה שנקבעה ב-2010. מטרת האסטרטגיה היא להבטיח את אספקת חומרי הגלם לתעשייה הגרמנית לטווח הארוך, ולהגביר את השוויון בשרשרות האספקה של חומרי הגלם מבחינת הערך שמקבלים שחקנים שונים וההשלכות החברתיות והסביבתיות שלהן. בעוד שהאסטרטגיה המקורית מ-2010 הניחה שזו היא אחריותן הבלעדית או העיקרית של החברות להבטיח את אספקת חומרי הגלם שלהם הן זקוקות ושאחריותה של הממשלה היא לספק תמיכה מוסדית לאסטרטגיות שלהן, האסטרטגיה העדכנית מחפשת דרכים להתמודד עם השינויים בביקוש, מלחמות סחר, ריכוז כוח שוק,

החמרה בדרישות ובתקנות סביבתיות-חברתיות לאורך שרשרות האספקה, והצורך להבטיח שזכויות האדם לאורך שרשרות האספקה מוגנות ומכובדות.

האסטרטגיה קבעה 17 צעדים מרכזיים שסייעו לחברות במדינה להבטיח אספקה יציבה ואחראית של חומרי גלם בני-קיימא, ישמרו על התחרותיות של התעשייה הגרמנית ויפחיתו למינימום את צריכת חומרי הגלם במדינה. הצעדים מחולקים לארבע קבוצות: מקורות חומרי הגלם, יעילות משאבים וחומרים, קיימות ושקיפות ושיתוף פעולה בינלאומי. מתוכם,

⁴⁸ Finnish material flow analysis and scenario work on the use of natural resources in support of circular economy agreement

⁴⁹ Raw materials strategy of the Federal Government: Securing a sustainable supply of non-energy mineral raw materials for Germany

כמה צעדים רלוונטיים במיוחד להתמודדות עם סיכוני אספקה של חומרי הגלם:

האסטרטגיה קבעה 17 צעדים מרכזיים שיסייעו לחברות במדינה להבטיח אספקה יציבה ואחראית של חומרי גלם בני-קיימא, ישמרו על התחרותיות של התעשייה הגרמנית ויפחיתו למינימום את צריכת חומרי הגלם במדינה. הצעדים מחולקים לארבע קבוצות: מקורות חומרי הגלם, יעילות משאבים וחומרים, קיימות ושקיפות ושיתוף פעולה בינלאומי

צעד 3: ממשלת גרמניה תתמוך ביוזמות של הנציבות האירופית להגברת הכרייה המקומית של מתכות חיוניות הנדרשות למעבר לכלכלה נטולת פחמן, ותספק תמיכה לחברות שיבחנו צעדים לאימוץ פרקטיקות מיטיבות מבחינה סביבתית ואקלימית בתחום אספקת חומרי הגלם.

צעד 9: בניית מנגנון פיננסי שיגן על מלווים שמספקים מימון לפרויקטים של אספקת חומרי גלם וניצבים בפני סיכונים כלכליים ופוליטיים לחדלות פירעון. על מנת לספק את הערובות, על הפרויקטים לעבור בחינה שתבטיח שהם ארוכי טווח ועומדים בסטנדרטים הסביבתיים והחברתיים הגבוהים ביותר.

צעד 10: הרחבת מערכת הניטור של הסוכנות הממשלתית למשאבי מינרלים, כך שתכלול לא רק את חומרי הגלם שנדרשים לתעשיות נבחרות וחדשות, אלא גם את החומרים השניוניים ומוצרים בעלי ערך גבוה.

צעד 11: פיתוח דרישות וצעדים נוספים להגברת הקיימות של שרשרות האספקה של חומרי גלם ותרומתן ליעדי אקלים, במיוחד בהקשר של המעבר לכלכלה נטולת פחמן. בתוך כך תתמוך ממשלת גרמניה בפיתוח יוזמת הכרייה החכמה של הבנק העולמי⁵⁰, שמטרתה להפחית את טביעת הרגל הפחמנית והסביבתית של תעשיית הכרייה.

צעד 12: גרמניה תקדם מחקר ופיתוח בתחומי העיבוד והמטלורגיה (חקר תכונותיהן של מתכות), על מנת לייעל ככל האפשר תהליכי מחזור מורכבים, וכך לשפר את הכלכליות של פרויקטים בתחום. זאת במיוחד ביחס לחומרי גלם הנדרשים לטכנולוגיות חדשות כגון מינרלים נדירים.

צעד 13: חיזוק אספקת המינרלים והמתכות באמצעות חומרי גלם שניוניים. בתוך כך, הממשלה תקדם צעדים במטרה לשפר לוגיסטיקות הפוכות (כלומר, איסוף ועיבוד חומרי גלם משומשים), לתרום לכלכלה מעגלית ולהרחיב את שיעורי המחזור במדינה.

⁵⁰ The World Bank, *Climate-smart mining: minerals of climate action*

צעד 15: משרד הסביבה יזום תהליך בינלאומי לפיתוח הנחיות לבדיקת נאותות סביבתית בשרשרות אספקה של חומרי גלם. ההנחיות ישלימו את ההנחיות של ה-OECD, שמספקות המלצות לסייע לחברות לכבד זכויות אדם ולהימנע מהחרפת קונפליקטים מקומיים במקומות שבהם מתבצעת הכרייה⁵¹.

ארה"ב: האסטרטגיה הפדרלית להבטחת אספקה אמינה ובטוחה של



מינרלים קריטיים⁵²

- ב-2017 פרסם הבית לבן צו נשיאותי, שמורה לשר הסחר (Secretary of Commerce), בשיתוף הסוכנויות הרלוונטיות, לפתח אסטרטגיה שתפחית את התלות הלאומית של ארה"ב במינרלים חיוניים. על הדוח המסכם היה לכלול את הנושאים הבאים:
- הערכה של התקדמות המדינה בפיתוח טכנולוגיות למחזור ועיבוד מחדש של מינרלים חיוניים ושל חלופות טכנולוגיות אפשריות;
- הזדמנויות לפיתוח מינרלים באמצעות השקעה וסחר עם שותפים בינלאומיים;
- תוכנית לשיפור מיפוי המחצבים במדינה;
- המלצות על דרכים להגברת ההפקה המקומית של מינרלים חיוניים.

האסטרטגיה שפורסמה ב-2019 קראה לפעול בשש חזיתות עיקריות: חיזוק ועדכון מדיניות המו"פ של ארה"ב; חיזוק רשרות האספקה הקיימות; חיזוק הסחר ושיתוף הפעולה הבינלאומי במינרלים חיוניים; שיפור ההבנה של השימוש בחומרים אלה; שיפור הגישה למינרלים חיוניים בארה"ב; הגדלת כוח העבודה המקומי

האסטרטגיה שפורסמה ב-2019 בעקבות הצו, קראה לפעול בשש חזיתות עיקריות:

1. לחזק ולעדכן את מדיניות המחקר והפיתוח של ארה"ב, שלה שלוש מטרות עיקריות בהקשר למינרלים חיוניים: גיוון מקורות המינרלים החיוניים; עיבוד, ייצור ומחזור יעילים יותר של מינרלים חיוניים; ופיתוח תחליפים. בנוסף, האסטרטגיה מבקשת להגביר את יעילות השימוש במינרלים חיוניים באמצעות הפחתת השימוש בחומרי גלם במוצרים מוגמרים, מזעור כמות חומרי הגלם שבהם נעשה שימוש במהלך הייצור, שימוש מחדש בפסולת מתהליכי הייצור והגברת שיעורי המחזור בסוף חיי המוצר.

⁵¹ להעמקה נוספת מומלץ לבחון גם את תוכנית האב לחומרי הגלם ל-2030 של אוסטרליה, שנשענת על קטגוריות פעולה דומות: Masterplan Raw Materials 2030

⁵² A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals

2. לחזק את שרשרות האספקה הקיימות של מינרלים חיוניים ולספק תמיכה לתעשיות המקיימות אותן.
3. לחזק את הסחר ושיתוף הפעולה הבינלאומי במינרלים חיוניים.
4. לשפר את ההבנה של השימוש במינרלים חיוניים בארה"ב ולהכיר דרכים להפחית את הסיכון לאספקתם.
5. לשפר את הגישה למינרלים חיוניים על אדמת ארה"ב.
6. להגדיל את כוח העבודה המקומי בתעשיית חומרי הגלם.

האסטרטגיה של משרד האנרגיה למינרלים קריטיים ושרשרות אספקה חומריות

משרד האנרגיה של ארה"ב הכין אסטרטגיה שמתמקדת בשלושה עמודי תווך מרכזיים: גיוון האספקה, פיתוח תחליפים ושיפור המחזור והשימוש מחדש בחומרים. האסטרטגיה מתייחסת לכל אחת משש החזיתות שהוזכרו לעיל ומספקת כלים ליישומן, מהזדמנויות להשקעה משותפת במו"פ במשרדי ממשלה שונים ועד לבניית אקוסיסטם של חדשנות בתחום הביטחון החומרי

בספטמבר 2020 חתם נשיא ארה"ב דונלד טראמפ על צו נשיאותי 13953, שהתייחס לאיום על אספקת מינרלים קריטיים ממעצמות זרות, והנחה את הסוכנויות הפדרליות להכין תוכניות לשיפור האספקה של מינרלים חיוניים ושל חומרים נוספים לאורך כלל שלבי הפקת החומר (כרייה, עיבוד, ייצור). בהתאם לצו, משרד האנרגיה של ארה"ב הכין אסטרטגיה שמתמקדת בשלושה עמודי תווך מרכזיים: גיוון האספקה, פיתוח תחליפים ושיפור המחזור והשימוש מחדש בחומרים. האסטרטגיה פותחה בשיתוף פעולה עם משרד ההגנה, משרד הפנים, משרד הסחר ומשרד החוץ של ארה"ב, וכללה הרחבה של השותפויות הבינלאומיות על מינרלים חיוניים עם קנדה, אוסטרליה, האיחוד האירופי ויפן. האסטרטגיה מתייחסת לכל אחת משש החזיתות שהוזכרו לעיל ומספקת כלים ליישומן, מהזדמנויות להשקעה משותפת במחקר ופיתוח במשרדי ממשלה שונים ועד לבניית אקוסיסטם של חדשנות בתחום הביטחון החומרי⁵³.

⁵³ Critical minerals and materials. U.S. Department of Energy's strategy to support domestic critical mineral and material supply chains (FY 2021–FY 2031)

מה כדאי לעשות?

כפי שהצגנו בנייר זה, ארה"ב, האיחוד האירופי ומדינות שונות בעולם כבר בנו מנגנונים למיפוי תקופתי של הביטחון החומרי של ענפים וחומרים חיוניים ואסטרטגיות פעולה להבטחת יציבות האספקה של חומרים אלה. לאור הפער בין המדיניות המתקדמת בתחום הביטחון החומרי במדינות אלה ובין המדיניות הקיימת בישראל, ולאור ההתקדמות שהשיגו המדינות האחרות ביישום המיפוי והאסטרטגיות, נציג להלן המלצות לצעדים המרכזים הנדרשים לבניית מערך להבטחת הביטחון החומרי בישראל.

4.1 המלצות מדיניות לבניית מערך לניהול הביטחון החומרי בישראל

הגדרת אחריות וסמכויות לניהול הביטחון החומרי

על הממשלה להבטיח את האספקה השוטפת של חומרי גלם חיוניים למשק. לשם כך יש להגדיר מי אחראי לתכלול את האתגר ברמה הממשלתית ומהי אחריותם של משרדי הממשלה השונים שאמונים על יישום כל מדיניות ספציפית

לאור הרלוונטיות של הסיכונים לענפים שונים במשק, מומלץ שמשרד הכלכלה יהיה זה שירכז את מאמצי הניתוח וההתמודדות ברמה הלאומית, ויקבל תמיכה מגוף על-משרדי כגון המטה לביטחון לאומי

על הממשלה להבטיח את האספקה השוטפת של חומרי גלם חיוניים למשק. לשם כך יש להגדיר מי אחראי לתכלול את האתגר ברמה הממשלתית ומהי אחריותם של משרדי הממשלה השונים שאמונים על יישום כל מדיניות ספציפית. לאור הרלוונטיות של הסיכונים לענפים שונים במשק, מומלץ שמשרד הכלכלה יהיה זה שירכז את מאמצי הניתוח וההתמודדות ברמה הלאומית, ויקבל תמיכה מגוף על-משרדי כגון המטה לביטחון לאומי. כפי שנעשה בארה"ב, המשרד יתווה את המדיניות הכללית של הממשלה וירכז את עבודתם של משרדי הממשלה הרלוונטיים, כל משרד בתחומו. בנוסף, מומלץ כי המשרד יוביל חקיקה שתעגן את תהליכי העבודה לניהול הביטחון החומרי ברמה הלאומית (כפי שעשו בארה"ב ובאיחוד האירופי). חשוב לשלב בעבודת התכנון והיישום נציגים מהאקדמיה ומהתעשייה, בין אם בתהליכי העבודה של המשרד עצמו ובין אם באמצעות מועצה מייעצת, כפי שנעשה בתחומים אחרים (התמודדות עם משבר האקלים, לדוגמה).

חומלץ להתאים את המתודולוגיה של האיחוד האירופי ושל ארה"ב לבחינת החיוניות לצרכים וליכולות של ממשלת ישראל. בתוך כך, יש להגדיר באילו ענפים כדאי להתמקד, מהם חומרי הגלם שבהם משתמשים ענפים אלה, אילו סיכונים מציבים אתגר לאספקתם, ולגבי אילו חומרים וסיכונים יש נתונים זמינים שמאפשרים לבצע את ההערכה

הצעד הראשון בניהול הביטחון החומרי צריך להיות יישום תהליך של הערכת החיוניות של חומרי גלם שונים למשק הישראלי. הערכה זו תהווה בסיס לבחינה תקופתית אחת לכמה שנים. מומלץ להתאים את המתודולוגיה של האיחוד האירופי ושל ארה"ב לבחינת החיוניות לצרכים וליכולות של ממשלת ישראל. בתוך כך, יש להגדיר באילו ענפים כדאי להתמקד, מהם חומרי הגלם שבהם משתמשים ענפים אלה, אילו סיכונים מציבים אתגר לאספקתם, ולגבי אילו חומרים וסיכונים יש נתונים זמינים שמאפשרים לבצע את ההערכה. לשם כך אפשר להיעזר במומחיותם של גופים באקדמיה שמתמחים באקולוגיה תעשייתית, הענף האקדמי שמתמקד בניהול חומרים ובהבנת האופן שבו הם משפיעים על הסביבה ומושפעים ממנה. כמו כן, את ההערכה מומלץ לבצע בשיתוף פעולה עם

התעשיות הרלוונטיות בענף הפרטי, במיוחד אם נמצאים בידן נתונים הכרחיים ליישומה. על מנת לבנות את מסד הנתונים מומלץ לשלב ידיים עם הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה: לבחון אילו נתונים זמינים לה, אילו נתונים היא יכולה לאסוף במסגרת סקרים קיימים או סקרים חדשים, וכיצד אפשר למסד את איסוף הנתונים ברמה הלאומית. חשוב לציין שנעשו בישראל כבר כמה מחקרי זרימת חומרים (Material Flow Analysis), ביניהם גם מחקרים של הלמ"ס, שיכולים להוות בסיס משמעותי לניתוח. לכן, חשוב להישען על המומחיות שנצברה בארץ ועל עבודות שנעשו ונעשות באקדמיה ובחברה האזרחית לצורך התמודדות עם סיכוני אספקה לישראל וקידום מודלים של כלכלה מעגלית מקומית.

בנוסף להערכת החיוניות של חומרי הגלם של המשק אפשר לבצע הערכות של קטגוריות נוספות, כמו לדוגמה חומרים אסטרטגיים, כפי שעושה האיחוד האירופי. זאת יש לעשות תוך התמקדות בסט מוגדר וצר של טכנולוגיות ספציפיות, או באמצעות חקר עתידיים שיבחן מגמות עולמיות ומקומיות שלהן צריכה לתת הממשלה מענה לטווחי זמן של 5-20 שנים (לדוגמה, הבטחת אספקת חומרים לייצור ותפעול של פאנלים סולריים וכלי רכב חשמליים או רכיבים הכרחיים לטכנולוגיות מתפתחות).

**לאחר ביצוע הערכת החינוכיות
אפשר יהיה להתחיל לבנות
אסטרטגיות שנותנות
מענה לסיכונים שזוהו.
מומלץ להיעזר בקטגוריות
ההתמודדות שזיהתה הסוכנות
הבינלאומית לאנרגיה,
ולבחון כיצד אפשר לאמץ
ולהתאים כלי מדיניות ממסמכי
האסטרטגיה שיושמו על ידי
מדינות אחרות**

לאחר ביצוע הערכת החינוכיות אפשר יהיה להתחיל לבנות אסטרטגיות שנותנות מענה לסיכונים שזוהו. בתהליך העבודה מומלץ להיעזר בקטגוריות ההתמודדות שזיהתה הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה (גיוון מקורות האספקה, בניית שותפויות לחיזוק שרשרות האספקה בשוק המקומי, האצת המעבר לכלכלה המעגלית והשקעה במחקר ופיתוח בתחום חומרי הגלם), ולבחון כיצד אפשר לאמץ ולהתאים כלי מדיניות ממסמכי האסטרטגיה שיושמו על ידי מדינות אחרות. בנוסף, יש לבנות כלים לזיהוי והתמודדות עם סיכונים נוספים לשרשרות אספקה קריטיות למשק המקומי, תוך רתימת ענף ההייטק שייספק טכנולוגיות מידע תומכות.

בתהליך בניית האסטרטגיה מומלץ לבחון את ההיבטים הבאים:

- ④ תמיכה ממשלתית בגיוון מקורות אספקת חומרי גלם בתוליים לישראל (גם בייצור מקומי וגם ביבוא);
 - ④ הפחתת ההשפעה הסביבתית-חברתית של אספקת חומרי הגלם הבתוליים;
 - ④ יצירת שותפויות בינלאומיות להבטחת האספקה לאורך זמן (תוך בחינת הסכמי סחר קיימים ונדרשים להבטחת הגישה לחומרי גלם חיוניים);
 - ④ יצירת שיתופי פעולה אזוריים בתשתיות רכש ומחזור;
 - ④ זיהוי ההתאמות הנדרשות במלאי החירום ובמלאי השגרה וביצוען;
 - ④ פיתוח ומחקר של חומרים חליפיים שבהם אפשר יהיה להשתמש בתעשייה כדי להפחית סיכונים;
 - ④ פיתוח ומחקר של טכנולוגיות מחזור בקנה מידה קטן, שמתאימות לכמויות חומרי הגלם שמועברים למחזור בישראל;
 - ④ זיהוי והכנה לסיכונים מתפתחים ומתגברים (כגון השפעת משבר האקלים על הפקת חומרי גלם ושינועם בין מדינות) ולהזדמנויות חדשות (לדוגמה, הסכמים של מכירת חומרי גלם תמורת מוצרים מוגמרים, למשל יצוא ליתיום מתמלחות התפלה תמורת סוללות ליתיום מוכנות לשימוש);
 - ④ האצת המעבר לכלכלה מעגלית מקומית, כך שימוצה פוטנציאל השבת חומרי גלם ממוצרים קיימים ויופחת הביקוש לחומרים במשק.
- איור 7 מציג לוח זמנים של ביצוע השלבים המרכזיים בהפנמת אתגר הביטחון החומרי ביחידות הממשלה השונות.

| רבעון 10 | רבעון 9 | רבעון 8 | רבעון 7 | רבעון 6 | רבעון 5 | רבעון 4 | רבעון 3 | רבעון 2 | רבעון 1 | שותפים לביצוע | אחריות לביצוע המשימה | המשימה |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---|--|
| | | | | | | | | | ✓ | משרד ראש הממשלה, משרדים מקצועיים רלוונטיים (אנרגיה, חקלאות, אוצר, הגנ"ס) | משרד הכלכלה והתעשייה, בתמיכת המטה לביטחון לאומי | הגדרת היחידה האחראית לביטחון חומרי בישראל |
| | | | | | | | | | ✓ | משרד ראש הממשלה, משרדים מקצועיים רלוונטיים (כלכלה, אנרגיה, חקלאות, אוצר, הגנ"ס) | משרד הכלכלה והתעשייה, בתמיכת המטה לביטחון לאומי | הגדרת האחריות של משרדי ממשלה שונים בתהליך המיפוי והתכנון |
| | | | | | | | ✓ | ✓ | | נציגי אקדמיה, תעשייה וארגוני סביבה | משרד הכלכלה והתעשייה | התאמת המתודולוגיה למיפוי חומרים וסיכונים לישראל |
| | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | נציגי המשרדים המקצועיים | משרד הכלכלה, משרד המשפטים | עיון תהליכי העבודה בהחלטת ממשלה ובחינת הצורך בחקיקה ראשית |
| | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | נציגי אקדמיה, תעשייה וחקלאות וארגוני סביבה | כל משרד מקצועי בגזרתו | ביצוע הערכת חיוניות חומרית בענפים נבחרים |
| | | | | | ✓ | ✓ | | | | נציגי אקדמיה, תעשייה וחקלאות וארגוני סביבה | המטה לביטחון לאומי | בחינת הצורך בתהליכי מיפוי משלימים של חומרים אסטרטגיים וחקר עתידים |
| ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | נציגי אקדמיה, תעשייה וחקלאות וארגוני סביבה | המטה לביטחון לאומי ידריך כל משרד מקצועי בגזרתו | בניית אסטרטגיות פעולה במענה לסיכונים שנמצאו ולחומרים שהוגדרו חיוניים |
| ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | נציגי אקדמיה, תעשייה וחקלאות וארגוני סביבה | המטה לביטחון לאומי ידריך כל משרד מקצועי בגזרתו | התאמה של כלי מדיניות מהעולם להקשר הישראלי, ובניית כלים חדשים במידת הצורך |



העובדה שהייצור של מוצרים מתקדמים מצריך שימוש במגוון הולך וגדל של מתכות וחומרים, שהופכים נדירים יותר, יקרים יותר וחשופים יותר לסיכונים בכל שלבי שרשרת האספקה, דורשת חשיבה מחדש על אחריותה של הממשלה ליציבות זרימת החומרים למדינה. במילים אחרות, יש לתת את הדעת על השאלה: כיצד אפשר להבטיח את הביטחון החומרי של ישראל?

התעשייה הישראלית והכלכלה הישראלית נשענות במידה רבה על היכולת לייבא חומרי גלם לייצור מקומי. עד כה ניהלה התעשייה את שרשרות האספקה של חומרי הגלם שבהם היא משתמשת ללא צורך בהתערבות או בתמיכה ממשלתית. אך העובדה שהייצור של מוצרים מתקדמים מצריך שימוש במגוון הולך וגדל של מתכות וחומרים, שהופכים נדירים יותר, יקרים יותר וחשופים יותר לסיכונים בכל שלבי שרשרת האספקה, דורשת חשיבה מחדש על אחריותה של הממשלה ליציבות זרימת החומרים למדינה. במילים אחרות, יש לתת את הדעת על השאלה: כיצד אפשר להבטיח את הביטחון החומרי של ישראל?

במדינת ישראל, תחום זה נמצא עדיין בחיתוליו, אך מדינות אחרות בעולם כבר שילבו בחקיקה ובתהליכי עבודה ממשלתיים אין ספור כלי ניתוח, כלי מדיניות

ואסטרטגיות פעולה לזיהוי החומרים שבהם על הממשלה להתמקד במטרה לחזק את יציבות אספקתם לאורך זמן.

בסקירה הנוכחית הצגנו את הסיכונים השונים שעשויים להקשות כבר עתה, ויקשו עוד יותר בעתיד, על רציפות האספקה של חומרי גלם לתעשייה, בעיקר מתכות. כמו כן, הצגנו את האופן שבו האיחוד האירופי וממשלת ארה"ב מבצעות הערכות חיוניות, שבאמצעותן הן קובעות מהם חומרי הגלם החיוניים לכלכלה הלאומית וכך קובעות סדרי עדיפויות לפעולה. לאחר מכן סקרנו אסטרטגיות התמודדות להפחתת הסיכון, כולל שיטות שונות לגיוון מקורות האספקה מתוך המדינה ומחוצה לה, פיתוח חומרים חליפיים בתהליכי הייצור השונים, חיזוק הכלכלה המעגלית במדינה וחיזוק האחריות הסביבתית-חברתית של מקורות אספקת חומרי הגלם. בחנו כיצד האסטרטגיות הללו היתרגמו לחבילות מדיניות כוללות באיחוד האירופי, ארה"ב, פינלנד, גרמניה והולנד, מדינות שהן מובילות בתחום הביטחון החומרי.

כל הידע הנדרש לבניית התהליכים האסטרטגיים בישראל כבר קיים בעולם, ובמידה מסוימת גם בישראל. החקיקה בארה"ב ובאיחוד האירופי יכולות להוות מודל שעליו יכולה ישראל להישען. אין חסם מקצועי בפני חיזוק החוסן של שרשרות האספקה של ענפים וטכנולוגיות אסטרטגיים לישראל, נדרשת לכך אך ורק החלטה של הדרגים הבכירים בממשלה

לבסוף, הצגנו המלצות לפעולה בישראל, עם לוח זמנים ברור ומיפוי ראשוני של השותפים הנדרשים ליוזמה. כל הידע הנדרש לבניית התהליכים האסטרטגיים בישראל כבר קיים בעולם, ובמידה מסוימת גם בישראל. החקיקה בארה"ב ובאיחוד האירופי יכולות להוות מודל שעליו יכולה ישראל להישען. אין חסם מקצועי בפני חיזוק החוסן של שרשרות האספקה של ענפים וטכנולוגיות אסטרטגיים לישראל, נדרשת לכך אך ורק החלטה של הדרגים הבכירים בממשלה.

אין אנו יכולים עוד להזניח את הנושא, במיוחד לאור הטלטלות שאיימו על הכלכלה הישראלית בשנים האחרונות, ממשבר הקורונה ועד המלחמה שפרצה ב-7 באוקטובר 2023. שיתוף פעולה של משרדי הממשלה, התעשייה ומומחים בתחום בישראל

יכולים לייצר פתרונות ממשיים בתוך פרק זמן קצר במיוחד. מכון יסודות ופריקט "תגובת שרשרת"⁵⁴ יעמידו לרשות מקבלי ההחלטות את המומחיות והידע שצברו, כמו גם כלי עבודה מותאמים לישראל, על מנת להאיץ ולהקל על בניית המנגנונים הנדרשים להתמודדות עם אתגר משמעותי זה.

⁵⁴ פרויקט "תגובת שרשרת" מתמקד בשיבושים בשרשראות אספקה בישראל כתוצאה משינוי האקלים, סיכונים גיאופוליטיים ואתגרים אחרים, והשפעתם על הביטחון הלאומי והיציבות האזורית. בפרויקט שותפים מכון יסודות, המכון למרכזי ביטחון לאומי, מרכז ארכימדס באוניברסיטת תל-אביב, מכון גזית והמכון הישראלי לדמוקרטיה.

- Achzet, B. and Helbig, C. (2013). How to evaluate raw material supply risks—an overview. *Resources Policy*, 38(4), 435-447.
- European Commission (2020). *Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study*. European Union.
- IEA (2022). *Introducing the Critical Minerals Policy Tracker*.
- International Resource Panel (2019). *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*. Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme.
- Kowalski, P. and Legendre, C. (2023). *Raw materials critical for the Green Transition: Production, international trade and export restrictions*. OECD trade policy paper. OECD Publishing.
- Nassar, N.T., Brainard, J., Gulley, A., Manley, R., Matos, G., Lederer, G., Bird, L.R., Pineault, D., Alonso, E., Gambogi, J., and Fortier, S.M., (2020), *Evaluating the mineral commodity supply risk of the U.S. manufacturing sector*. *Science Advances*, 6(8), article eaay8647.
- Schrijvers, D., Hool, A., Blengini, G., Chen, W., Dewulf, J., Eggert, R., Van Ellen, L., Gauss, R., Goddin, J., Habib, K., Hagelüken, C., Hirohata, A., Hofmann-Antenbrink, M., Kosmol, J., Le Gleuher, M., Grohol, M., Ku, A., Lee, M., Liu, G., Nansai, K., Nuss, P., Peck, D., Reller, A., Sonnemann, G., Tercero Espinoza, L., Thorenz, A. and Wäger, P. (2020). *A review of methods and data to determine raw material criticality*. *Resources, conservation and recycling*, 155, 104617.
- Shih, W. C. (2022). *Are the risks of global supply chains starting to outweigh the rewards?* Harvard Business Review.
- Sun, X. (2022). *Supply chain risks of critical metals: Sources, propagation, and responses*. *Frontiers in Energy Research*, 10.3389.

יסודות - למדיניות ציבורית ולציונות מעשית (ע"ר) הוא מכון לעיצוב מדיניות, העוסק באתגריה של מדינת ישראל בתחומי הכלכלה והחברה. המכון נוסד בשנת 2019 על ידי התנועה הקיבוצית, תנועת המושבים, התאחדות הארגונים הכלכליים הקיבוציים וקרן ברל כצנלסון. פעילות יסודות נטועה בציונות המעשית – ההתיישבות החקלאית – ובערכים שהיא משרתת, והיא מבוססת על עקרונות היסוד של הציונות החברתית: סולידריות, מעורבות המדינה במשק מתוך אחריותה לרווחת כלל אזרחיה, חיזוק הפעילות הקואופרטיבית ושאיפה מתמדת להגברת השוויון החברתי והכלכלי.

עוד על מכון יסודות: www.yfpp.org.il

 /yesodotorg

 /yesodot.org

 /company/yesodotorg

