

# שבעים השנים הראשונות של התעשייה הכימית הישראלית

**ד"ר גלעד פורטונה**, ראש המרכז למצוינות תעשייתית, מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, הטכניון, חיפה<sup>1</sup>

לתעשייה הכימית בישראל תרומה ייחודית לכלכלת המדינה. למרות שזו תעשייה ש"מטילה ביצי זהב", אין היא מוערכת מספיק והיא אינה מקבלת את העידוד הציבורי הראוי.

ננסה לסקור את המאפיינים העיקריים של תעשייה זו, ללמוד על התפתחותה בשבעים שנות המדינה, לזהות את המגמות המתהוות בתעשייה זו בישראל ובעולם ולהראות את חשיבותה לקידומה הכלכלי של מדינת ישראל בשבעים שנות המדינה. ננסה להציג את הדרכים והמדיניות הנדרשים כדי לחזק את התעשייה הפורחת היום וכדי לכוונה להתמודד עם האתגרים וההזדמנויות של השנים הבאות.

התעשייה הכימית בעולם נמצאת בגידול מתמיד מול צרכים גלובליים גדלים. ב-15 השנים האחרונות גדל ייצורה העולמי פי 8 והגיע לייצור גלובלי של 5,120 מיליארדי דולרים. הייצור בתעשייה הכימית הישראלית מהווה היום כ-0.8% מערך גלובלי זה.

התעשייה הכימית מהווה כשליש מכלל התעשייה היצרנית הישראלית ובה מאות חברות בוגרות וחברות חדשות רבות. ביניהן כ-170 חברות מובילות אשר מייצרות חומרים, דלקים לצורכי המשק, כימיקלים מגוונים, מגוון דשנים לחקלאות, תרופות, חומרי ניקוי וקוסמטיקה, ציוד רפואי ועוד.

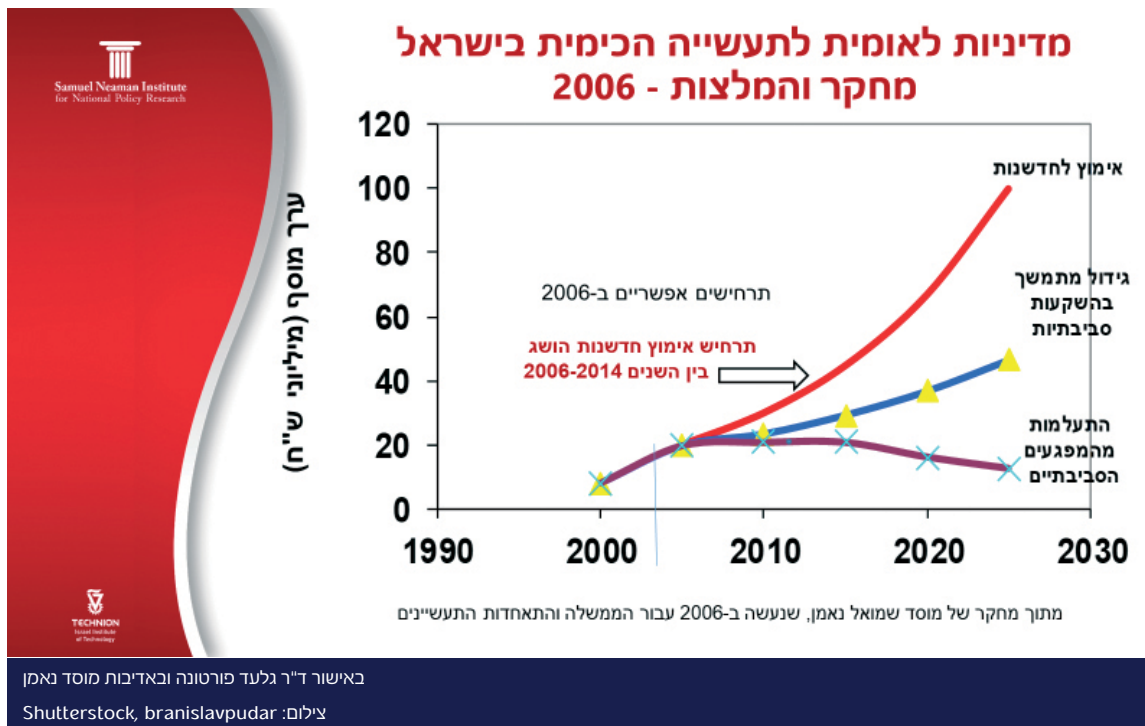
## עיקר המאפיינים הייחודיים של מירב התעשייה הכימית בהשוואה לתעשיות אחרות:

1. זו תעשייה עם השקעת הון גדולה. במרבית התעשייה הציוד הוא חלק יקר, ולכן החינוך, האיכות והניסיון של העובדים הם קריטיים, מכיוון שיש צורך בשימוש נכון ומדויק בציוד היקר.
2. התעשייה היא מחזורית. המחירים בעולם משתנים במחזוריות גבוהה. לדוגמה - מחיר דשן האשלג, שארבעה מיליוני טון ממנו מיוצרים בישראל בשנה, היה בשנות התשעים כ-100 דולר לטון. בתחילת שנות האלפיים המחיר קפץ ל-700-800 דולר לטון, ואחרי כשנתיים ירד לכ-500 דולר לטון. בשנים האחרונות המשיכה ירידה הדרגתית עד ל-300 דולר לטון. ישנן תקופות שהחברות היצרניות מרוויחות בצורה חדה, וישנן תקופות שהן אף מפסידות. ההבדלים נובעים משינויים גדולים בביקוש ובהיצע, ומצב זה מחייב סבלנות ויכולת גמישות בניהול המשאבים והכספים.
3. זו תעשייה שצורכת אנרגיה רבה. מרכיב האנרגיה בהוצאות הוא לעיתים קרובות גבוה מהמרכיב של שכר העבודה. לכן מציאת הגז בישראל בעשור האחרון וזמינותו במחירים נמוכים מהווים הזדמנות לחיזוק תעשייה זו.
4. יש תלות מורכבת בין השווקים השונים של מוצרי התהליך. בהרבה מקרים מתקבלים מספר מוצרים מאותו תהליך כאשר מחיריהם ושימושיהם שונים. לעיתים מפסידים על מוצר אחד ומרוויחים על אחר. מאפיין זה משליך גם על כיווני המחקר התהליכי ועלול לשנות מיקוד בהתאם לחוסר הגלובלי המשתנה במוצרים. לדוגמה, במפעלי ים המלח מייצרים מתכת מגנזיום ע"י אלקטרוליזה של מגנזיום כלוריד מים המלח, ומוצר הלוואי הוא כלור. כלור זה משמש לייצור הברום ממלחי הברום בים המלח ויכול לשמש גם לתוצרים רבים אחרים, אך השווקים של הברום ושל הכלור "מתנהגים" באופן שונה, והקישור ביניהם מהווה יתרון ולעיתים מגבלה בהתאמת המכירות לשווקים.
5. כיוון שהתעשייה הזו מייצרת כימיקלים רבים בכמויות מסחריות גדולות מאוד, מערכת זרימת החומרים משלב חומר הגלם למוצר המוגמר, ארוכה ומורכבת, והיצרנים תלויים בספקים רחוקים ובהובלה למרחקים ארוכים. זה מקטין את יכולת הגמישות להגיב במהירות לשינויים גלובליים ומקומיים. לאחרונה חוינו את ההתלבטות של תעשיית הדשנים הגדולה בישראל בשאלת התלות בחומר הגלם גז האמוניה, תלות שהפכה להיות דומיננטית ובעייתית. ייצורו של חומר זה בישראל בעזרת מצאי הגז החדש היה יכול לפתור את הבעיה, אך מאחר שהשקעה זו לא בוצעה בזמן, נוצר חסם לחלק לא קטן מהתעשייה הכימית המקומית. בחלק מהתעשייה בישראל, כמו בתעשייה הדשנים, יתרונו בכך שחלק גדול מחומרי הגלם נמצא במחצבים בישראל.
6. מאפיין נוסף של התעשייה הוא הסיכון התהליכי ופוטנציאל הפגיעה באיכות הסביבה. בתהליכי הייצור משולבים חומרים מסוכנים היכולים להידלק או אפילו להתפוצץ בטיפול שגוי, ובתהליכים אלה עלולים להיפלט חומרים המזהמים את הסביבה. לכן יש לטפל באספקט תהליכי זה בעדיפות ובמקצוענות, כדי שהתעשייה לא תהווה איום לציבור וכדי שנוכל ליהנות מתרומתה לאיכות החיים ולכלכלת המשק. בעשורים הראשונים למדינה לא יוחסה לנושא זה חשיבות מספקת. בשלושת העשורים האחרונים הושקעו על ידי התעשייה סכומים גבוהים מאוד לשיפור בטיחות התהליכים ולהקטנה מהותית מאוד של ההשפעה על איכות הסביבה. תהליך זה חייב להתבצע במקצוענות ובהתמדה וללא פשרות, כחלק חיוני מניהול תעשייה זו.
7. חסמי הכניסה לתעשייה זו גבוהים יחסית לתעשיות ייצור אחרות, כלומר, מתחרים חדשים חייבים להשקיע וללמוד הרבה עד שיוכלו להפוך למתחרים משמעותיים.

<sup>1</sup> בעבר מנכ"ל תמ"י ודשנים, סמנכ"ל טכני של כיל וסמנכ"ל טבע.

בשנת 2006 גובשה על ידי המוסד שמואל נאמן בשיתוף התעשייה, האקדמיה והממשלה מדיניות לאומית שכללה מחויבות של התעשייה לטפל בבעיות הסביבה, ולהגדיל את תרומתה לתוצר הלאומי הגולמי, על ידי שילוב חדשנות ויישום כיוונים חדשים של פיתוח וייצור. בתום התהליך הוצגו שלושה תרחישים: התרחיש הפסימי - אם לא תושקענה ההשקעות במניעת זיהום הסביבה; תרחיש רצף הגידול - אם תושקענה ההשקעות וימשך הפיתוח הנוכחי של 2006, והתרחיש האופטימי ביותר - שיושג אם תמומשנה הדרישות להגנת הסביבה והפיתוח, ובנוסף תהיינה השקעות בכיוונים חדשניים ופורצי דרך.

לשמחתנו, מירב ההמלצות אומצו ומאז 2006 ממומש התרחיש האופטימי ביותר משלושת התרחישים בגרף המצורף:



עד שנת 2014 ניכר גידול רציף ומתמיד בתרומת התעשייה הכימית בישראל למשק הלאומי, בדומה לתכנון התרחיש האופטימי שהוצג ב-2006. בשנתיים האחרונות ישנה ירידה במכירות בדולרים הנובעת בעיקר מירידה במחירי החומרים העולמיים, בעיקר בזכות הירידה במחירי האנרגיה העולמיים.

בשש השנים האחרונות 2011-2016 עמד ממוצע הייצור והמכירות השנתי על כ-32.7 מיליארד דולר, מהם 17.4 מיליארד ליצוא, שהם כ-53% מסך המכירות ושליש מסך היצוא של כלל התעשייה בישראל בשנים אלה!

הערך המוסף למשק, שהוא הערך שנוסף למדינה ולאזרחיה מתהליכי הייצור, בכל התקופה היה כ-30% מסך המכירות, או 9.8 מיליארדי דולרים בשנה, ערך הנחשב גבוה מאוד!

בשנת 2017 העסיקה התעשייה הכימית כ-40,400 עובדים ישירים במפעליה ועשרות אלפים רבים בשירותים הניתנים לה, במכפיל תעסוקה משוער של מעל 2.5<sup>2</sup>.

בשנים האחרונות היו מרכיבי היצוא העיקריים כ-40% בתחום התרופות וכ-30% בתחום הדשנים וחומרי העזר לחקלאות.

אלה עיקר **מנועי הצמיחה** של התעשייה הכימית בישראל:

- 1. אוצרות טבע** - מאגרי ים המלח, שדות הפוספטים ולאחרונה הגז טבעי. תעשיית הכימיה שפותחה ונבנתה סביב משאבים אלה השכילה לנצל ולמנף את אוצרות הטבע בעילות מצוינת ולפתח תעשיית מוצרי המשך בתחרותיות גלובלית.
- 2. הון אנושי** באקדמיה - טכניון, אוניברסיטאות, מכוני מחקר ומכללות בנושאי כימיה, חומרים והנדסה. רוח החדשנות של המחקר והרצון לנהל את הדברים בצורה אגרסיבית מאוד היא חלק נכבד מההצלחה של התעשייה הזו.
- 3. מדיניות הממשלה** - בעשורים הראשונים לאחר הקמת המדינה נתנה הממשלה דחיפה גדולה לניצול תעשייתי של חומרי הגלם בישראל בהשקעות בהרחבת המפעלים, התשתיות והמחקר באקדמיה. 70% מההשקעות הגיע מהממשלה, כפי שיפורט להלן.

<sup>2</sup> מכפיל תעסוקה הוא היחס בין מספר העובדים במפעל לבין מספר כל העובדים במשק המועסקים כתוצאה מהעסקת העובדים במפעל.

4. **גלובליזציה** - ישראלים יודעים לחיות בעולם גלובלי, מתוך הבנה שאין לישראל יכולות למכור בכמויות גדולות בשוק המקומי, אך למדינה קטנה עם יכולות ייצור מוגבלות כמונו, השוק העולמי בתחום הכימיקלים הוא ענק ובלתי מוגבל.
5. **מדיניות סביבתית** - מינוף להקמת תעשייה שעוזרת לתעשייה שלנו לפתור את בעיות הסביבה וגם הפכה בעצמה לתעשיית ייצוא. הצורך להשיג פתרונות המונעים זיהומי סביבה במפעלים אפשרו למכור פתרונות סביבה כתעשיית ייצוא נוספת.
- בשנים האחרונות הקטינו מפעלי הכימיה בצורה דרסטית את ההשפעה על הסביבה על ידי השקעות במחקר, במתקנים סביבתיים ובפיתוח תהליכי ייצור חדשים.

מפעלי התעשייה הכימית הוותיקים נמצאים צפונית לחיפה, דרומית לתל אביב ודרומית לבאר שבע.

עיקר הגידול בעשורים האחרונים הוא דרומית לבאר שבע בשלושה אזורי תעשייה שיועדו לתעשייה זו:

1. פארק תעשייתי ייעודי נאות חובב, שאליו הוזזו כל המפעלים מאר שבע. הפארק מתפקד כעירייה עצמאית, אגב שמירה קפדנית על איכות הסביבה והבטיחות באזורו. בפארק זה יש תעשיות רבות שעיקר עיסוקן בתרופות, תרכובות ברום וחומרי הדברה.
2. מישור רותם - שם מתקיימת תעשיית המשך למכרות הפוספטים, למלחי המגנזיום ולייצור דשנים מודרניים, ורוב התהליכים הם מקוריים ישראליים.
3. באזור ים המלח - מפעלי האשלג, הברום והמגנזיום, המפיקים את כל מוצריהם ממיצוי הכימיקלים בים המלח, רובם בתהליכים ישראליים מקוריים.

מרכזי המחקר העיקריים מרכזים יכולות מחקר בפיתוח חומרים ותהליכים חדשים, כמפורט כאן:

באזור חיפה - תמ"י - מכון למחקר ופיתוח, המשלב מחקר בכימיה אורגנית ואנאורגנית.

טבע - בחטיבת הכימיה של טבע במרכז הארץ, מאות חוקרים לתהליכים חדשניים לייצור תרופות גנריות ומרכז מו"פ לפיתוח תרופות מקור חדשות בשילוב מכוני המחקר האקדמיים.

מרכזי המחקר של תעשיות הברום והאגרוכימיה בחברות כ"ל ואדמה באזור העיר באר שבע.

מרכזי המחקר של תעשיית הדשנים הם במישור רותם, הנמצא מעל מפעלי ים המלח.

מרכזי מחקר ומעבדות פרטיים רבים המשרתים בנאמנה תעשייה זו במקצוענות רבה.

המחקר הבסיסי באקדמיה מתרכז בעיקר בטכניון, באוניברסיטה העברית, במכון ויצמן ובאוניברסיטת בן-גוריון כאשר גם כל יתר האוניברסיטאות והמכללות תורמות לפיתוחים החדשים.

שתי חברות גדולות בולטות כתורמות ראשיות לתעשייה זו.

**כימיקלים לישראל** - בעלת הזיכיון לניצול המחצבים המרכזיים של ישראל. ב-2016 מכרה 5.6 מיליארדי דולר. היא מהווה כ-20% מכלל התעשייה הכימית בישראל. החברה מחולקת לשלוש קבוצות המוכרות בהתאם דשנים, כימיקלים ופתרונות משולבים. מערך החברה רחב מאוד, פרוס בכל העולם. הצלחתה גדלה אחרי החיבור של החברות הממשלתיות בתחום הכימיה לחברה אחת העושה אופטימיזציה ושילוב של יכולות של מחקר, פיתוח וייצור וסינרגיה בין דיסציפלינות שונות.

**טבע** - חברה למחקר, פיתוח וייצור תרופות. ב-2016 מכרה 21 מיליארד דולר ברווח נטו של 20% מהמכירות. הייצור מורכב מתעשייה גנרית (55%), מוצר הדגל של תרופת מקור לטרשת נפוצה (19%), מוצרים שנמכרים להמון יישומים (20%) ואחרים (6%). החברה במשבר שעדיין לא משפיע על הייצור, אך צפוי להביא להקטנת תרומתה למשק הישראלי.

החברות הגדולות טבע וכימיקלים לישראל משלימות זו את זו במאפייניהן הייחודיים:

כימיקלים לישראל עתירת תשתיות הון, בעוד שטבע עתירת מו"פ וזכויות פטנטים - IP.

כימיקלים לישראל בנויה על אוצרות טבע בעוד שלטבע אין כלל נגישות לחומרי גלם ואוצרות טבע.

המחקר בכימיקלים לישראל שם דגש על פיתוח פנימי של מוצרי המשך, בעוד שבטבע המחקר לתרופות חדשות מבוסס על נגישות למידע אקדמי ומינופו לעסקים ועל פיתוח תהליכים כימיים לייצור במערכות החברה הפנימיות. המחקר לפיתוח תהליכים לייצור גנרי עדיין נעשה ברובו בתוך החברה.

המחקר באקדמיה מחייב פיתוח ואימות לפני יכולת לתיעוש. החברות הגדולות מסייעות בחציית "עמק המוות" של הרעיונות והמחקרים לתרופות חדשות או למוצרים חדשים במוסדות המחקר ומאפשרות מסחר עסקי של הידע האקדמי.

דוגמה מצוינת לפיתוח אקדמי שיושם בהצלחה עסקית גדולה בשוק התרופות בתעשייה הישראלית היא ה"קומפקסון", לטיפול בחולי טרשת נפוצה, שפיתוחו החל במכון ויצמן, וה"אזילאק", לטיפול במחלת הפרקינסון, שפיתוחו החל בטכניון. ההצלחה תרמה משמעותית לחברת טבע שזכתה להגדלת רווחים מאד מרשימה וגם תרמה למכון ויצמן ולטכניון שנהנו מהתמלוגים לאורך שנים רבות ואפשרו מחקרים רבים בזכות.

## התהליכים שהביאו לגידול התעשייה הכימית בשבעים שנות המדינה

המעשים שהביאו לגידול המרשים והחשוב של התעשייה הכימית בשבעים השנים הראשונות של המדינה משלבים מחד גיסא פיתוח אוצרות טבע במשאבים לאומיים, ומאידך גיסא יזמות של תעשיינים מובילים, שחיברו ידע ויזמות לתעשייה כימית רווחית, תחרותית התורמת משמעותית למדינה.

### 1. פיתוח אוצרות הטבע של המדינה במימון הממשלה

בשלושים השנה הראשונות להקמתה הקצתה המדינה משאבים גדולים מאוד למינוף אוצרות הטבע שלה ע"י בניית תשתית מחקר, פיתוח וייצור בקנה מידה עולמי.

בשנות השישים נבנו בטכנולוגיה חדשנית בריכות שיקוע וסכרים בדרום ים המלח, שהגדילו את מערך הייצור של האשלג. החימום בבריכות תוכנן ללא השקעת אנרגיה ואפשר את ריכוז הקרנליט ע"י ניצול חום השמש הקופחת באזור ים המלח. ההשקעה הגדולה בסכרים ובמפעלים עמדה על כ-600 מיליון דולר.

בשנות ה-70 הושקעו מעל מיליארד דולר בחברה בינלאומית מפורסמת להקמת מפעל הייצור של דשנים מהפוספטים. המפעל נכשל ולא עבד. התברר שהחברה הקימה בישראל תהליך חדשני שלא נוסה בקנה מידה כזה. אכזבה זו כמעט חיסלה את עתיד גידול התעשייה הכימית בישראל.

מי שהצילו את המצב היו מנהלי המו"פ והתעשיינים הישראליים באותה עת, שהצליחו לשכנע את קברניטי המדינה להאמין בפיתוח המדע הישראלי ולאמץ תהליכים שפותחו באקדמיה ובמכוני המחקר בישראל. התעשייה שנבנתה על בסיס פיתוחים מקומיים אלה הצליחה במקום שבו נכשלה החברה הבינלאומית, והיא הבסיס שעליו ניצבת התעשייה של היום. מאז אותה התנסות המדינה מאמינה במחקר הישראלי, והתעשייה הישראלית פורחת ומשגשגת על בסיס ידע מדעי ותהליכים יצירתיים ישראליים.

סלע הפוספט בישראל היה נחות באיכותו בהשוואה לסלע הפוספט הירדני והמרוקאי. הוחלט לפתח שיטות לשיפור אחוז הפוספט בסלע מ-מ-27%-28% ל-33%-34%. חלק משמעותי מהמחקר בתעשייה הכימית של שנות השבעים כוון להשגת יעד זה. היעד הושג בהצלחה ומיושם עד היום.

מכון המחקר תמ"י חבר לכימיקלים לישראל ב-1973, וזה הביא מהפך. עם האיחוד פותחו תהליכים חדשים עבור כל התעשייה הכימית הישראלית המבוססת על אוצרות הטבע. ובשנות ה-90 אף הורחב הפיתוח עבור חברת התרופות "טבע" וחברת ההדברה "מכתשים". תמ"י הפכה להיות ספק חיוני של פיתוח להרבה תעשיות כימה גדולות בישראל.

תמ"י פיתחה מחומרי הגלם המקומיים תהליך חדשני לייצור דשן אשלגן חנקתי, שרבים הטילו ספק בכדאיותו המסחרית. תהליך זה הפך להיות הבסיס לחברת "חיפה כימיקלים" שהוקמה בשנת 1976, חברה שבזכות הידע ויישומו ההנדסי המצויין, הפכה למובילה עולמית בשוק דשן חיוני זה.

אחרי שחברת "רותם" פיתחה סלע פוספט מועשר, התברר שעדיף למכור מוצרי המשך עם ערך מוסף נוסף על פני מכירת סלע הפוספט, כמו דשנים מועשרים בפוספט וחומצה זרחתית באיכות מזון, כמו החומצה שנמצאת גם במשקאות קלים. תהליכים אלה פותחו על ידי החברות ומכון המחקר תמ"י יחדיו.

כימיקלים לישראל הופרטה בתחילת שנות התשעים לאחר ההשקעות המוצלחות של המדינה, ומינוף ההשקעות של המדינה אכן נותן פירותיו מאז.

### 2. יזמות פרטית וציבורית לפיתוח תעשייה כימית מבוססת-ידע

להלן דוגמאות של תעשיות כימיות בולטות שקמו בזכות פיתוח ידע ישראלי וללא הישענות על אוצרות הטבע:

א. טבע - תעשיית תרופות גנריות ותרופות מקור שהפכה לחברה גלובלית ענקית מבוססת ידע ויכולות ניהול. החברה התחילה כחברת סחר לפני יותר ממאה שנים וגדלה לאט. המשיכה לגדול באינטגרציה עם חברות ישראליות דומות ובהמשך עם חברות גלובליות.

ב. אדמה (לשעבר מכתשים אגן) - תעשיית חומרי הדברה גנרית בעיקרה, שהפכה להיות חברה גלובלית בין המובילות בעולם. לאחרונה נרכשה על ידי חברת כמצי"נה הסינית ומאז שילשה את מכירותיה ואת הערך המוסף שלה למשק, בזכות הרחבת המכירות בסין וביצוע השקעות נוספות, בעזרת המשאבים של הבעלים הסיניים.

ג. אגיס - תעשיית תרופות גנריות שלאחרונה נקנתה בחלקים, ועיקרה נמכר לחברת התרופות הגלובלית פריגו.

ד. דקסון - תעשייה גלובלית לתרופות גנריות שקמה וגדלה בהובלת יזם עסקי עם סבלנות ונחישות.

ה. אנזימוטק - חברה המבוססת על ידע חדשני לקיבוע אנזימים והכשרתם לעבודה בסביבה אורגנית. החברה פיתחה פלטפורמה חדשה לייצור ליפידים בסביבה אורגנית, שאפשרה לייצר את מרכיבי התחליפים לחלב אם ולמוספי מזון בריאות.

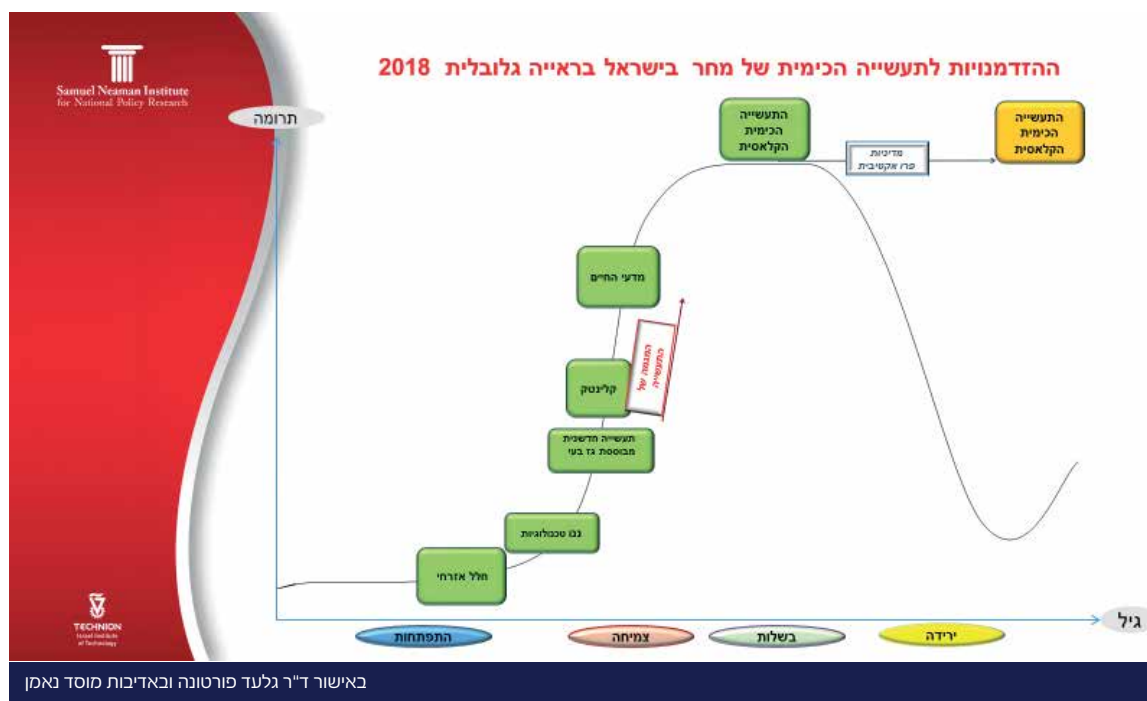
ו. נובוטייד - חברה לפיתוח וייצור פפטידים לשימושים רפואיים. הידע נוצר במכון המחקר תמ"י ויושם על ידי קבוצה שהוקמה על ידי יוצאי תמ"י בשיתוף עסקי בין תמ"י וחברת טבע.

גידולן של תעשיות כאלה ורבות אחרות נעשה לאורך עשרות שנים בזכות שילוב של ידע חדשני בכימיה, הבנה עסקית ויזמות של אנשים עם חזון ומחויבות לתרומה לאומית ארוכת טווח.

- לסיכום, אלה הם כיווני ההתפתחות של תהליכי המו"פ והייצור המסורתיים בשבעים השנים הראשונות:
1. **פיתוח תהליכים** להכנת מוצרים חדשים, שיפור יעילות, הקטנת החתימה הסביבתית, הגנה פטנטית.
  2. **פיתוח איכות משופרת למוצרים קיימים.**
  3. **פיתוח מוצרים חדשים.**
  4. **יישום מוצרים קיימים ליישומים חדשים והוכחת היעילות.**
  5. **מחקר ופיתוח של חומרים חדשים להגדלת יעילותם של הפתרונות.**

## מהם אתגרי המחר של תעשייה הכימית?

בגרף המצורף יש ניסיון למקם סכמתית את ההתפתחויות הטכנולוגיות והצרכים הרלוונטיים לתעשייה גלובלית זו על פני מפת מחזור החיים של הטכנולוגיות המשלבות כימיה והנדסה ומדעים משלימים בשנים הקרובות.



התעשייה הכימית שעסקנו בה עד כה נמצאת היום בשיא התפתחותה אבל אם לא נדע לשמר אותה כהלכה, היקפי הייצור בישראל עלולים להיפגע. מחד, אין מודעת ציבורית לגודל תרומתה למשק הלאומי, ומאידך, יש נטייה להעדיף תעשיית תקשורת ומחשבים ומחקר ופיתוח ללא פוטנציאל זיהום או סיכון. בימים אלה אנו מקיימים דיאלוג המיועד לחזק את המחויבות של התעשייה הכימית לשמר את סביבתה באפקטיביות בעזרת הטכנולוגיות הקיימות ומקווים שהמודעות הציבורית לחיוניותה הכלכלית ולעניין המדעי הגלום בה תגדל ותאפשר מימוש היתרונות הרבים ארוכי הטווח.

מצאי הגז הטבעי בישראל אפשרו משאב טבע מקומי חדש, והוא כבר מנוצל לייצור חשמל בעלויות מופחתות ובהורדה דרסטית של זיהום הסביבה. בישראל יש לנו הזדמנות למנף את מצאי הגז הטבעי לפיתוח וייצור שרשרת של מוצרי המשך, שבעבר לא יכולנו לייצר בישראל. בפני המדינה עומד האתגר של ויתור על חלק מתמלוגי הגז לטווח הקצר, לטובת תעשיית מוצרי המשך שתאפשר מינוף כלכלי גדול נוסף למשק. הנושא שנוי במחלוקת וקשור גם בעקיפין לתדמית התעשייה הישראלית בציבור.

בימים אלה מנסה עולם הייצור והפיתוח הגלובלי לשלב את הייצור המתקדם במסגרת יישום המהפכה התעשייתית הרביעית, המכונה גם industry 4.0. התעשייה הכימית היא מהמתקדמות ביישום מערכות בקרה ושליטה ומערכות (IOT) (internet of things), המשלבות גלאים חכמים במפעלי הייצור המחוברים למערכות הבקרה. לכן לתעשייה ישראלית זו יש הזדמנות ליזום חדשנות ביישום האופציות לייצור כלכלי יותר, בשילוב תעשיית האינפורמציה והמחשוב הישראלית המתקדמת. הזדמנות זו תאפשר שימור חיוניותה של תעשייה זו למדינה.

מירב אתגרי המאה ה-21 שלפנינו מחייבים העמקה של היכולות הכימיות והיכולות הרב-תחומיות המשלבות כימיה עם המדעים האחרים כמו ביולוגיה, פיזיקה, חומרים, בשילוב הטכנולוגיות החדשות המתעוררות כפי שניתן לראות בגרף מחזור החיים. ביניהן מדעי החיים שלאחר גילוי ומיפוי

הגנום, והיכולות לרדת לרמת המבנה הכימי של הנווטכנולוגיה. לצדם עומד הקלינטק המשלב אנרגיה נקייה עם טיפול חדשני במים, בסביבה ובשמירת היקום, וגם ממנף את טכנולוגיות שימור הסביבה בתעשייה לטכנולוגיות ירוקות ביישומים אחרים.

נמנה כאן מספר אתגרים שהכימיה חיונית בהתמודדות איתם:

1. **שימור הסביבה** - פיתוח פתרונות ומניעת יצירת מפגעים סביבתיים הנובעים מאורח החיים המודרני.
2. **חוסר שטחי חקלאות** לייצור מזון - התייעלות ופיתוח אלטרנטיבות להתמודדות עם גידול האוכלוסייה.
3. **מחסור במשאבים** וחומרים מהטבע - מקזור ואלטרנטיבות לדלק הפוסילי, למגבלות המים והמחצבים.
4. **אריכות ימים** - הגדלת הדרישות לבריאות ואיכות חיים - שילוב הטכנולוגיות והידע החדש שנוצרו.
5. **שילוב החלל** לפריצות דרך בתהליכים ובמוצרים.
6. **רגולציה** ותקינה בינלאומית המיועדות להגן עלינו ובה בעת יוצרת חסמים.
7. התאמת המוצרים **לשינויים דמוגרפיים**, אפיוני הצריכה הגלובליים וזיהוי אלטרנטיבות חדשניות.
8. פיתוח תעשייה חדשנית המאפשרת **דו קיום עם אורבניזציה**.

דרושה גישה רב תחומית המשלבת את הכימיה עם יתר המדעים באפקטיביות לפתרון הבעיות והאתגרים שהוצגו ולניצול ההזדמנויות שהן גם לטובת הכלכלה הלאומית. הגרף מספק מיפוי סכמטי של האתגרים והאפשרויות.



באישור ד"ר גלעד פורטונה ובאדיבות מוסד נאמן. צילום: Shutterstock, branislavpudar

בפני לומדי הכימיה היום ניצבים אתגרים חדשים שמתווספים לאתגרים הקיימים. כשמתמודדים עם אתגרים אלה יש להבחין בין אתגרים שטרם נמצא להם פתרון בר קיימא, שדורשים העמקה של המחקר הבסיסי בכימיה ולשילוב הכימיה עם תחומי המדע האחרים, לבין אתגרים שלגביהם יש הוכחת היתכנות, ושבהתמודדות עמם יש לשאוף לפתרונות הנדסיים, הממנפים את הידע תוך כדי שמירה על התחרותיות הבינלאומית.

## לסיכום

- יש לנו תעשייה כימית מפוארת שתורמת למשק ומתמודדת בהצלחה עם אתגרים כולל אתגרים סביבתיים.
- בתעשייה ובאקדמיה יש לנו סגל מעולה של מדענים ומנהלים, והממשלה תמכה בהם לאורך השנים.
- העולם המדעי והטכנולוגי משתנה. מדעני העתיד מתמודדים עם עולם מורכב יותר, ויש לנו כלים, ידע ונגישות גלובלית מצוינת להתמודדות עמו.
- החדשנות מחייבת שינויים, והיזמות מחויבת לתרגם את החדשנות לתעשייה מפוארת.
- חשוב לשכנע את הציבור הרחב ששימור התעשייה המפוארת חיוני ואפשרי.
- מו"פ וחדשנות חייבים להיות חלק מאקו סיסטם. צריכים לעבוד בתוך מערך שמקיים חברות ויוצר תזרים מזומנים יציב למדינה. לאורך זמן לא יציב להחזיק רק תשתיות מו"פ.

שבעים השנים הראשונות היו טובות, ונקווה שנשכיל להמשיך בבנייה ומינוף של המדע והטכנולוגיה לחיזוק תעשייה זו.