

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה



**השקעות במו"פ אזרחי, הון אנושי
ותפוקה מדעית-טכנולוגית של מו"פ בישראל:
נתונים כבסיס לדיון לגיבוש מדיניות לאומית**

פרופ' ארנון בנטור • ד"ר דפנה גץ • מריאן שומאף-תחאוכו

אוגוסט 2005



1. מבוא

ישראל מבססת את קידומה ושגשוגה על הון אנושי (כוח אדם איכותי) וידע ייחודי. הדבר מוצא את ביטויי הבולט בפיתוח תעשייה המתבססת על ידע מתקדם אשר הובילה את ישראל בשנות התשעים לצמיחה כלכלית מרשימה בשיעור שנתי ממוצע של כ-5%, כאשר כ-30% מגידול זה מקורו בתעשייה עתירת ידע [1]. למרות הנסיגות בשנים האחרונות, התחזיות הן להמשך תהליך זה בטווח הבינוני והארוך והדבר מוצא את ביטוי בהתאוששות של השנה האחרונה.

התפתחות מסוג זה היא פועל יוצא של מגוון של תהליכים שהתרחשו בתקופה זו ולפניה, אשר חלקם מכוונים. מרכיב מרכזי מבין תהליכים אלה הוא קידום המו"פ, שיצר תשתית מרשימה של ידע. ידע זה תורגם למגוון של טכנולוגיות בעלות פוטנציאל כלכלי, שפותחו והובאו לידי יישום באמצעות כוח אדם מיומן.

בעולם הדינמי והתחרותי בו אנו נמצאים, נדרשת השקעה ניכרת ומתמשכת בתשתיות מו"פ אם ברצוננו לשמר את מעמדה של ישראל, שלא לדבר על קידומו מעבר למצב הנוכחי. בהקשר זה זוכה ההשקעה של ישראל במו"פ בשנים האחרונות לתהודה ניכרת וזאת משום שהגיעה לשיא של מעל 4% מהתמ"ג. השקעה זו היא מהגבוהות בעולם, אם לא הגבוהה ביותר בין המדינות המפותחות. יש נטייה, שעל פניה נראית מוצדקת והגיונית לכאורה, לראות בשיעור השקעה גבוה זה עדות למדיניות נכונה בתחום המו"פ.

אבל, כדי לבחון לעומק את המדיניות הלאומית להשקעה במו"פ, יש צורך להביא בחשבון שורה רבה יותר של התייחסויות ונתונים - לא רק את ההשקעה הכוללת, אלא גם את חלוקתה בין המגזרים ותחומי הפעילות השונים, וכן גם יצירת הון אנושי והיקף וטיב התפוקה המדעית-טכנולוגית של המו"פ.

בנייר עמדה זה יוצגו נתונים בתחומים אלה, תוך ניתוח המשמעויות, בהתבסס על שינוי המגמות בשנים האחרונות והשוואה עם מדינות אחרות. ניתוח הנתונים כפי שמופיעים בהמשך משווה את המתרחש במדינת ישראל עם פינלנד, אירלנד וגושי מדינות, כגון OECD, האיחוד האירופי וארה"ב.

מטרת ניתוח זה היא להעלות על הפרק סוגיות בנושא של מדיניות מו"פ לאומית אשר בהתייחסות אליהן נדרשת גם נקודת מבט כמותית של ההשקעות במו"פ, הון אנושי ותפוקה, תוך השוואה בינלאומית שיכולה לשמש כאמת מידה להערכת המדיניות של ישראל.

מן הראוי להדגיש שהניתוח כאן מתייחס רק להשקעות ותפוקות במו"פ האזרחי, שנתונים זמינים לציבור הרחב. ריכוז וניתוח של נתונים אלה, אשר שימש כבסיס לנייר עמדה זה נמצא בדו"ח עדכני של מוסד שמואל נאמן בטכניון [2]. למו"פ הביטחוני יש ללא ספק השפעה גם על הסקטור האזרחי, וזאת הודות לגלישה (spillover) של ידע ושל כוח אדם שרכש את מיומנותו במסגרת המו"פ הביטחוני. טיפול מעמיק בהיבט זה הוא בלתי אפשרי במסגרת של נייר העמדה הנוכחי וההתייחסות אליו תהיה בעקיפין.

2. יעדים ותחומים של ההשקעה הלאומית במו"פ אזרחי

כדי לנתח את ההשקעות במו"פ אזרחי ואת המשמעויות הנגזרות מהן מבחינה לאומית, במיוחד בהקשר של השקעות הממשלה, מן הראוי להציג תחילה את יעדי המו"פ ואת תחומיו. לצורך כך ניתן להתייחס לארבע הקטגוריות העיקריות המוצגות להלן, לאו דווקא על פי סדר חשיבותן:

א. קידום התעשייה

ההשקעה העיקרית במו"פ בתחום זה היא של הסקטור העסקי כמנוף להשגת יעדים כלכליים בטווחי זמן קצרים שאינם עולים על מספר שנים ספורות ולעיתים אף פחות מכך. ישנה הצדקה לתמיכה של הממשלה במו"פ בתחומים אלה על מנת להתגבר על מכשולים המוגדרים כ"כשל שוק". פירוש הדבר שהתמיכה הממשלתית נועדה לשמש קטליזטור אשר יניע השקעה נוספת של הסקטור העסקי.

ב. קידום החקלאות

אמות המידה להתייחסות לתמיכה במו"פ ע"י הממשלה בתחום החקלאות מעורבות: יש בהן את ההיבטים העסקיים-כלכליים, אך בו בזמן המדיניות בתחום זה מושפעת משיקולים לאומיים של התיישבות (שהם דומיננטיים במדינת ישראל) ושל שימורם של שטחים פתוחים; שימור שהוא בעל היבטים סביבתיים שחשיבותם הולכת וגדלה. במסגרת מדיניות לאומית בתחום זה יש להביא בחשבון גם את נושא המים, מכיוון שעתיד החקלאות ועתיד מאגרי המים שלובים זה בזה. על רקע זה, ניתן לומר, שלצורך קידום החקלאות ופיתוח מדיניות לאומית בתחום החקלאות והמים, השקעה מכוונת של הממשלה במו"פ היא הכרחית ומוצדקת.

ג. רווחת הציבור

במסגרת הניתוח הנוכחי יוגדר תחום של "רווחת הציבור" שהוא רחב יחסית, וניתן לכלול בתוכו יעדים שעליהם מופקדים משרדי ממשלה שבאחריותם נושאי סביבה, חינוך, חברה, בריאות ובטיחות הציבור ותשתית (משרדי החינוך, העבודה והרווחה, בריאות, סביבה, תשתיות, בינוי ושיכון, תחבורה, ביטחון פנים, קליטת עלייה וכו'). בתחומים אלה אין תשואה ישירה לסקטור העסקי ולכן הטיפול בהם נמצא באופן בלעדי באחריות הממשלה, כאשר המו"פ שנתמך ע"י הממשלה הוא ביסודו של דבר בעל אופי מכוון.

ד. פיתוח תשתית הידע והמחקר

יעד זה נמצא בתחום טיפולם של המועצה להשכלה גבוהה באמצעות הוועדה לתכנון ותקצוב (ות"ת) ומשרד המדע. ההשקעות בתחום זה נועדו לקדם מחקר בסיסי שאיננו מכוון, ומחקר אסטרטגי-מכוון, שניהם לצורך פיתוח ידע והון אנושי בטווחי זמן ארוכים יחסית של מספר שנים ויותר. אלה הן השקעות בעלות אופי תשתיתי, שהתשואה המתקבלת בהן היא בטווחי זמן ארוכים. לכן, מטבע הדברים, הסקטור העסקי, המונע ע"י שיקולי רווח/הפסד לטווח של מספר שנים קטן, לא ישקיע באופן משמעותי בתחום זה. מסיבה זו, המטלה היא על הממשלה במסגרת אחריותה לפעול ליצירת תשתית לקידום המדינה לטווח הבינוני והארוך.

3. עקרונות הניתוח

המו"פ האזרחי בתחומיו השונים מבוצע בתעשייה, במוסדות להשכלה גבוהה ובמכוני הממשלתיים והציבוריים. בישראל, בדומה למרבית המדינות המפותחות, עיקר המו"פ העסקי מבוצע בתעשייה ועיקר המו"פ הבסיסי והתשתיתי במוסדות להשכלה גבוהה. בנוסף, פועלים מכוני מחקר ממשלתיים וציבוריים אשר לחלקם תפקיד ייעודי ומכון וולקני לחקלאות הוא דוגמא לכך.

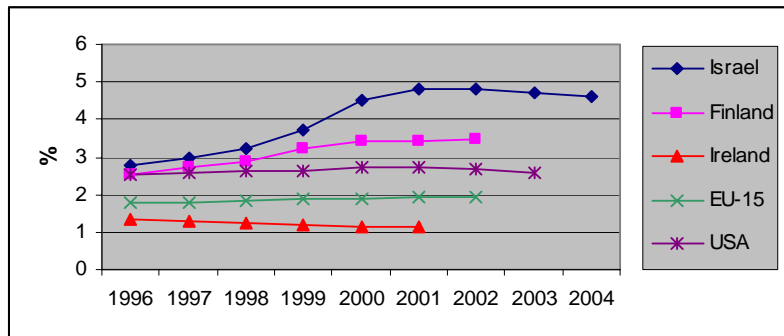
ניתוח ההשקעות במו"פ בישראל ובהשוואה עם חו"ל יתבססו על החלוקה על פי היעדים המפורטים לעיל, תוך התייחסות לסקטורים המממנים (בעיקר הסקטור העסקי והממשלתי) ולסקטורים המבצעים (בעיקר התעשייה והמוסדות להשכלה גבוהה). ההשוואה של הנתונים והמגמות בישראל תיעשה ביחס לממוצע של מדינות ה-OECD, שהוא גוש המדינות המפותחות באירופה, ארה"ב ואסיה. ביחד עם זאת, כדי שלניתוח הנתונים תהייה משמעות רלוונטית יותר לישראל, מצאנו לנכון לערוך השוואה גם עם מספר מדינות ה-OECD אשר נמצאות בקטגוריה אשר אליה מדינת ישראל רוצה להשתייך, דהיינו מדינות בעלת אוכלוסיה לא גדולה שמבססות את עתידן ושגשוגן על הון אנושי וידע. לצורך כך בחרנו בפינלנד ואירלנד. השוואה זו נערכת גם ביחס לממוצע ארה"ב ומדינות האיחוד האירופי.

הנתונים מתבססים על שני מקורות מקובלים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ו-OECD, והם נלקחו ממאגר נתונים מרוכז, שנאסף ע"י צוות של מוסד נאמן ומופיע בדו"ח שהתפרסם לאחרונה [2].

4. השקעות לאומיות במו"פ אזרחי

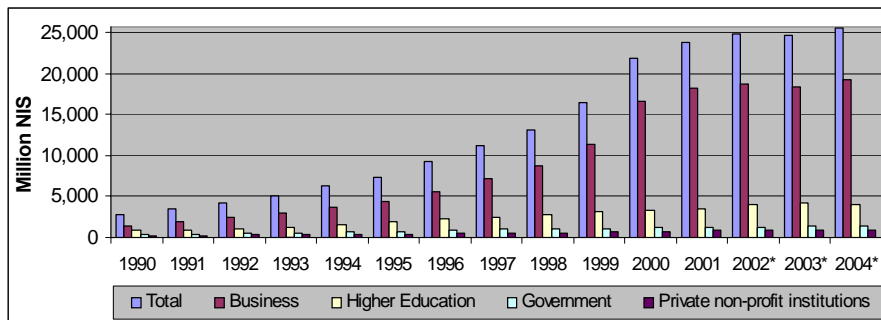
4.1 השקעה כוללת

המדד המקובל להצגת ההשקעות הלאומיות במו"פ הוא ההשקעה היחסית לתוצר המקומי הגולמי (תמ"ג). באיור 1 מוצגים הנתונים עבור ישראל בהשוואה עם הממוצע של מדינות האיחוד האירופי, ארה"ב, פינלנד ואירלנד. ההשקעה בארץ הנה הגבוהה ביותר, וגם קצב הגידול בה עולה על כל המדינות האחרות. נתון מעניין נוסף הוא ההשקעה הגבוהה בארה"ב יחסית לאיחוד האירופי, וכן גם ההשקעה הנמוכה במו"פ אירלנד, הנחשבת למדינה המקדמת תעשיית טכנולוגיה עילית. ערך נמוך זה משקף את אופי הפעילות התעשייתית שהייתה מקובלת עד לאחרונה באירלנד, המבוסס יותר על קידום של ייצור ולא דווקא ידע [3]. מדיניות זו השתנתה בשנים האחרונות.

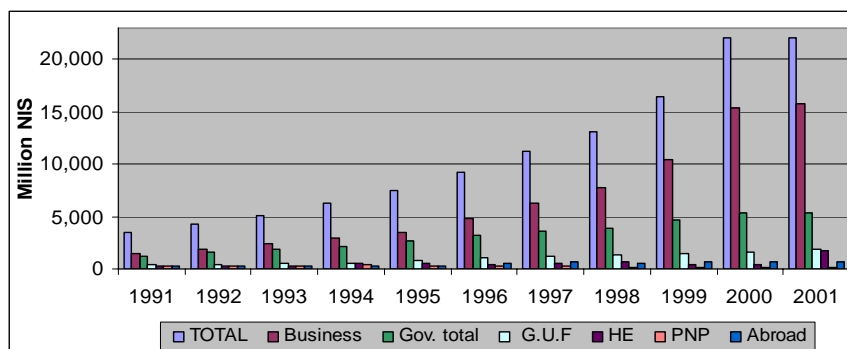


איור 1- סך ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי יחסית לתמ"ג (%), 2004-1996

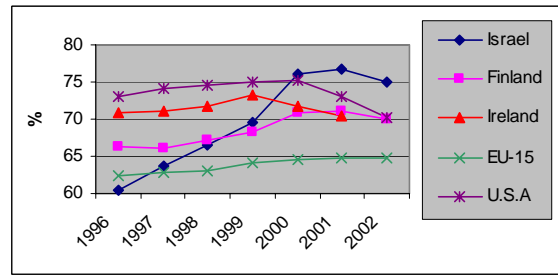
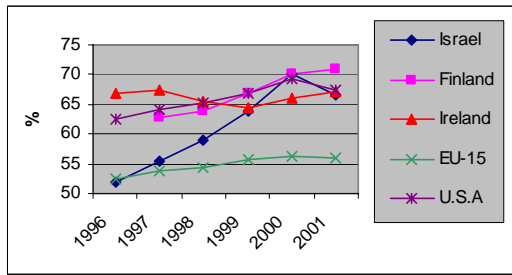
ניתוח של הגידול המרשים בהשקעות במו"פ בארץ, מראה שמקורו בעיקר במו"פ המתבצע בסקטור העסקי והממומן ע"י סקטור זה (איורים 2 ו-3). מתוך ההשוואה הבינלאומית (איור 4) ניתן לראות שקצב הגידול בחלק של הסקטור העסקי במימון ובביצוע המו"פ האזרחי הלאומי היה גדול בישראל משאר מדינות העולם, ובתחילת שנות האלפיים הוא הגיע לשיעור של כ-70%-75%, בדומה לארה"ב ופינלנד, אשר גם שם תרומת התעשייה גבוהה במיוחד, הרבה יותר מאשר הממוצע של מדינות האיחוד האירופי.



איור 2- ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי בישראל, לפי סקטור מבצע, 2004-1990, מיליוני ₪, במחירים שוטפים

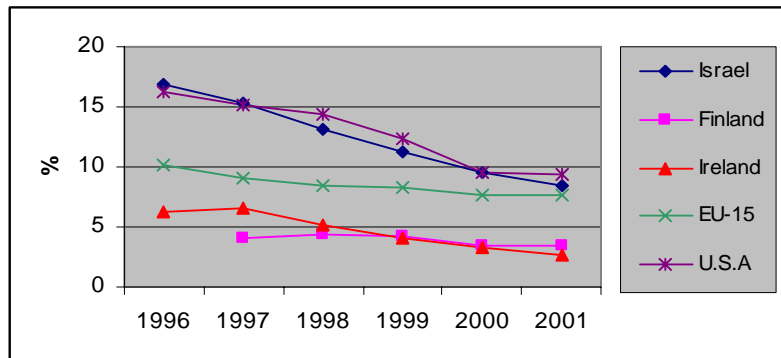


איור 3- ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי בישראל, לפי סקטור מממן, 2000-1991, מיליוני ₪, במחירים שוטפים



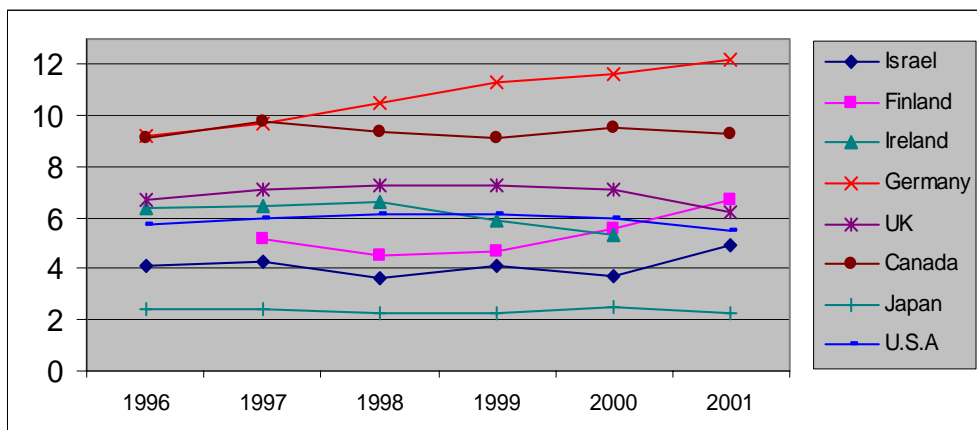
איור 4- שיעור (%) המו"פ, (א) המבוצע ו- (ב) הממומן, ע"י הסקטור העסקי מסך ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי, 1996-2002

ההשקעה במו"פ בסקטור העסקי היא בעיקר ממקורות עצמיים שלו, אך יש גם תרומה לא זניחה שמקורה בממשלה (איור 5). חלקה היחסי של תרומה זו במימון סה"כ המו"פ העסקי קטנה עם הזמן, והיא דומה לזו בארה"ב, אבל גבוהה מזו המקובלת במדינות אירופה, וגבוהה כמעט פי שניים מאשר בפינלנד ואירלנד. תרומת הממשלה למו"פ בסקטור העסקי מסבירה את הערכים הגבוהים יותר של המו"פ המבוצע בסקטור העסקי בהשוואה להשקעות שלו במו"פ (השוואה בין איור 4 ו-4 ב').



איור 5- שיעור (%) המו"פ בביצוע הסקטור העסקי במימון הממשלה, 1996-2001

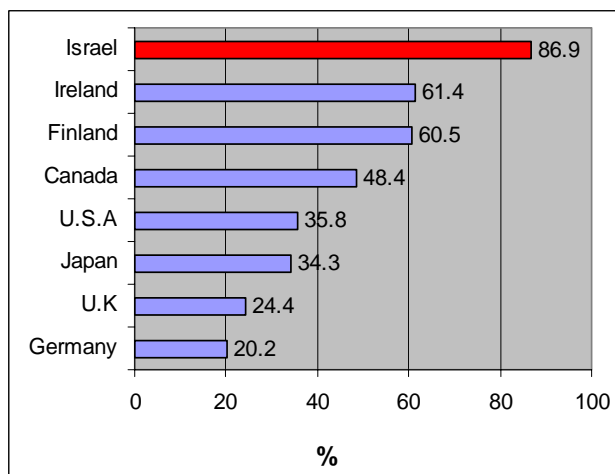
מדד נוסף בעל עניין, שנותן אינדיקציה לקשרי אקדמיה-תעשייה הנו ההשקעות של התעשייה במחקר במוסדות להשכלה גבוהה. מסתבר שהשקעות אלה הן נמוכות בכל העולם, פחות מ-10%, אך בארץ הן קטנות במיוחד בהשוואה למרבית מדינות העולם (איור 6).



איור 6- שיעור (%) המו"פ בביצוע השכלה הגבוהה במימון הסקטור העסקי, 2001-1996

4.2 התפלגות המו"פ העסקי

פילוג המו"פ בענפי התעשייה בארץ מוצג בטבלה 1 ובאיור 7. בולטת כאן המגמה לריכוזיות בענף אחד, ענף האלקטרוניקה והתקשורת, ריכוזיות שהולכת ומתעצמת על ציר הזמן ומגיעה לכדי 80% בשנות האלפיים. השוואה בינלאומית מראה שריכוזיות זו עולה לאין שיעור על כל מדינות העולם, כולל גם פינלנד הנחשבת כמובילה בריכוזיות תעשיות התקשורת והאלקטרוניקה (טבלה 2).



איור 7- החלק (%) של הוצאות מו"פ ב-ICT¹ מתוך הוצאות המו"פ בסקטור העסקי, 2001

¹ ענף ICT כולל בתוכו את הענפים 30 (מכונות למשרד, לחשבונאות ומחשבים), 32 (רכיבים אלקטרוניים), 33 (ציוד תקשורת אלקטרוני), 34 (ציוד תעשייתי לבקרה למעט ציוד רפואי) וכן גם את ענפי השירותים: תוכנה, מו"פ וחברות הזנק; ענף ציוד אלקטרוני כפי שמופיע בטבלאות 1 ו- 2 כולל רק הענפים 32, 33 ו- 34.

טבלה 1- הוצאות מו"פ בענפי תעשייה נבחרים בישראל (באחוזים), 1995-2001

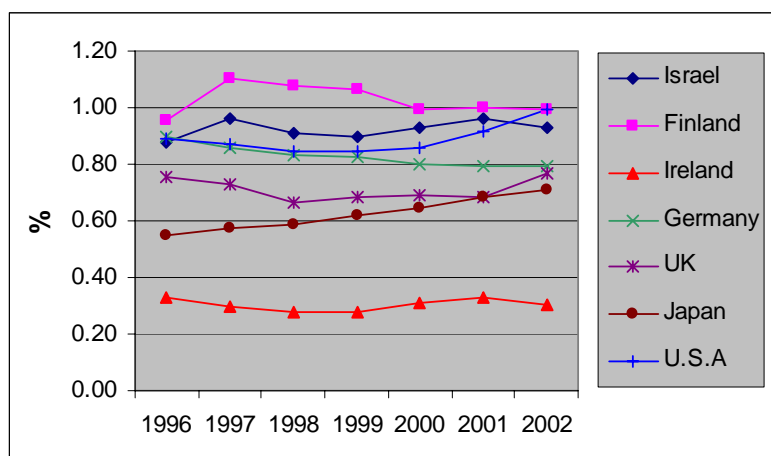
	Total industry	Electronic equipment	Chemical products	Metal products	Machinery and transport equipment	Electrical equipment	Other activities
1995	100	66	14	3	8	4	5
1996	100	75	11	3	5	3	3
1997	100	78	11	1	5	2	3
1998	100	78	9	1	6	2	3
1999	100	81	6	1	6	3	3
2000	100	79	7	1	8	3	2
2001	100	78	9	1	8	2	2

טבלה 2- השוואה בינלאומית- הוצאות לביצוע מו"פ בענפי תעשייה נבחרים (באחוזים), שנת 2000

	Total industry	Electronic equipment	Chemical products	Metal products	Machinery and transport equipment	Electrical equipment	Other activities
Israel	100	79	7	1	8	3	2
Finland	100	62	10	1	17	..	10
Ireland	100	41	20	0	19	6	14
Canada	100	43	12	2	33	2	8
Japan	100	28	20	3	29	11	9
S. Korea	100	44	11	2	36	2	5

4.3 מו"פ הממומן ע"י הממשלה

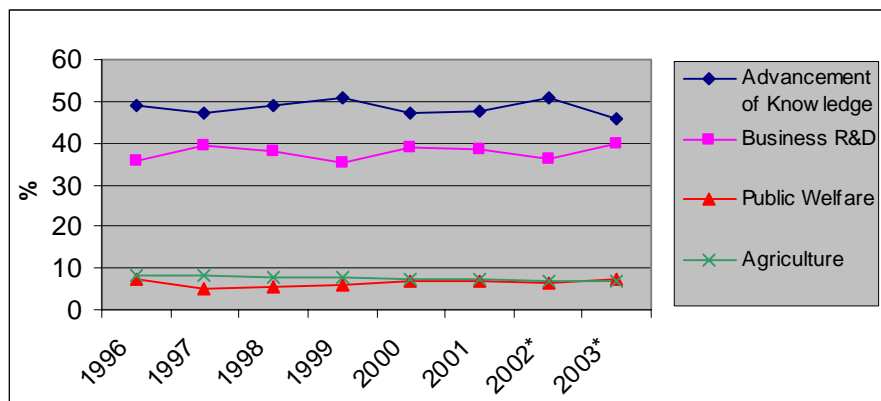
ממון מו"פ באמצעות תקציבי הממשלה נשאר יציב יחסית לאורך השנים, וישראל נמצאת בשורה של מדינות אשר בהן הקצאות אלה הן גבוהות, כמו ארה"ב ופינלנד (איור 8).



איור 8- השיעור (%) שמקצה הממשלה מתקציבה השנתי למו"פ יחסית לתמ"ג, 1996-2002

התפלגות ההוצאות הממשלתיות למו"פ אזרחי, על פי הקטגוריות שבסעיף 2, מוצגות באיור 9. ההתפלגות באיור זה מייצגת את הפעילות של משרדי הממשלה על פי הנתונים של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בחלוקה שלהלן:

- מו"פ עסקי/תעשייתי – השקעות במו"פ במסגרת המדען הראשי של משרד התעשייה והמסחר
- תשתית ידע ומחקר – התקציב למחקר במסגרת ות"ת² ומשרד המדע
- חקלאות – תקציב המחקר של משרד החקלאות
- רווחת הציבור – תקציב המחקר של שאר משרדי הממשלה אשר באחריותם התחומים הבאים: חינוך, חברה, בריאות ובטיחות הציבור ותשתיות פיזיות (מים, אנרגיה, כבישים וכד').



איור 9- חלוקת הוצאות המו"פ הממשלתיות על פי היעדים השונים, כאחוז מסה"כ הוצאות הממשלה למו"פ אזרחי, 2003-1996

בתחומי התמיכה בסקטור התעשייתי/עסקי ובתשתית ידע ומחקר (שני התחומים המהווים את עיקר ההשקעות במו"פ ע"י הממשלה) נשמרת, באופן כללי, מגמה של יציבות, עם גידול יחסית קטן בתמיכה במו"פ העסקי. בהקשר לנתון של תשתיות הידע והמחקר, מן הראוי להתייחס להערת שוליים (2); יש הסוברים שההנחה המפורטת בה מביאה להערכת יתר, ושבפועל מוקדש למחקר השוטף תקציב קטן יותר.

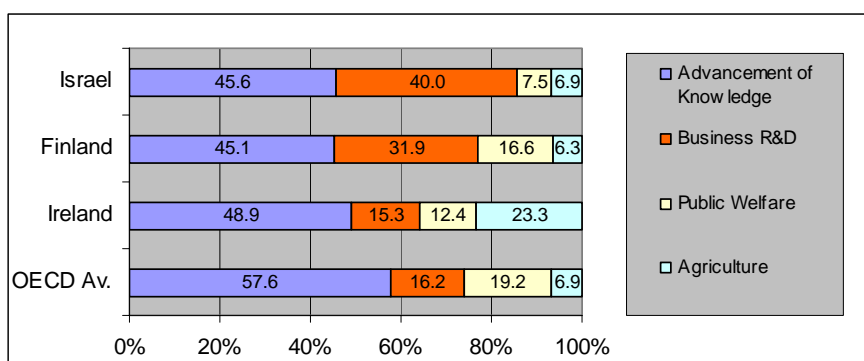
בתקציב הממשלתי יש הקטנה בהיקף התמיכה במו"פ בחקלאות וברוחת הציבור (איור 9). השוואות של תמיכת הממשלה בישראל במו"פ ביעדים ובסקטורים השונים בהשוואה למדינות ה-OECD לאירלנד ולפינלנד מוצגות באיור 10. המגמות המסתמנות בהשוואה זו הם כדלקמן:

- א. שיעור התמיכה הממשלתית בישראל במו"פ בסקטור העסקי גבוה מזו של מדינות ה-OECD, פינלנד ואירלנד.

² בחישוב תקציב המחקר של ות"ת מניחה הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה שכ-40% מהתקציב הכולל של ות"ת ניתן להגדרה כתמיכה במחקר. למרות שהוא מיועד לתמיכה שוטפת במערכת ההשכלה הגבוהה.

ב. שיעור התמיכה הממשלתית במו"פ בסקטור ההשכלה הגבוהה בישראל נמוך מממוצע מדינות ה-OECD ודומה לזו של פינלנד.

ג. הקצאות הממשלה למו"פ המוגדר כמיועד ל"רווחת הציבור" (על פי ההגדרה בסעיף 2) נמוכות מאוד יחסית למו"פ המושקע בבריאות ובסביבה³ במדינות ה-OECD, בפינלנד ובאירלנד.



איור 10 - חלוקת הוצאות הממשלתיות על פי היעדים השונים, השוואה בינלאומית, %, 2003

4.4 מימון מו"פ בסקטור ההשכלה הגבוהה

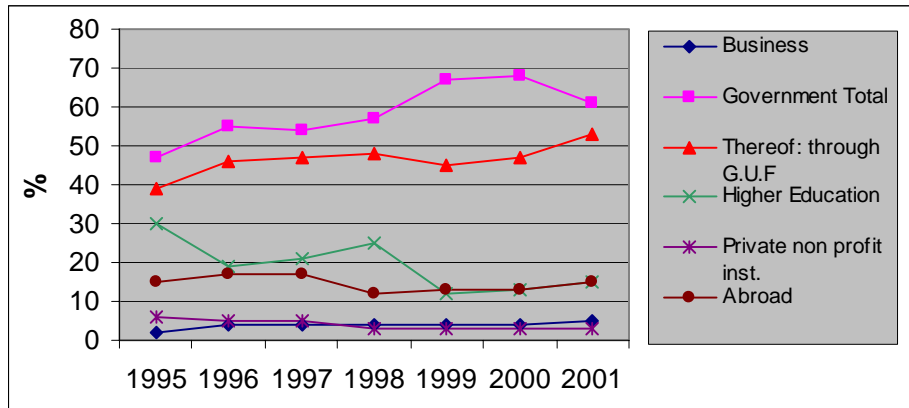
בטבלה מספר 3 ניתן לראות שההוצאה למו"פ בביצוע ההשכלה הגבוהה במימון הממשלה עלה במונחים נומינליים עד שנת 2001 שבה יש ירידה, גם במונחים נומינליים.

טבלה 3 - ההוצאה למו"פ בביצוע ההשכלה הגבוהה בישראל, לפי מקורות מימון, 2001-1995, מיליוני ₪ במחירים שוטפים

	Business		Government Total		Thereof: through G.U.F		Higher Education		Private non profit inst.		Abroad		Total	
	M. NIS	%	M. NIS	%	M. NIS	%	M. NIS	%	M. NIS	%	M. NIS	%	M. NIS	%
1995	43	2	899	47	747	39	565	30	111	6	282	15	1,900	100
1996	91	4	1,218	55	1,026	46	422	19	104	5	389	17	2,223	100
1997	110	4	1,358	54	1,187	47	537	21	114	5	420	17	2,539	100
1998	100	4	1,568	57	1,325	48	687	25	73	3	344	12	2,772	100
1999	132	4	2,166	67	1,437	45	391	12	93	3	427	13	3,209	100
2000	122	4	2,235	68	1,558	47	429	13	93	3	423	13	3,302	100
2001	170	5	2,137	61	1,850	53	541	15	116	3	533	15	3,497	100

³ במאגר הנתונים של OECD [3] ישנה התייחסות להוצאות מו"פ בתחום המוגדר "בריאות+סביבה". הקטגוריה שהוגדרה כאן כ"רווחת הציבור" מכילה בתוכה את ה"בריאות+סביבה". לכן, "בריאות+סביבה" ניתנת לייחוס כגבול תחתון של "רווחת הציבור".

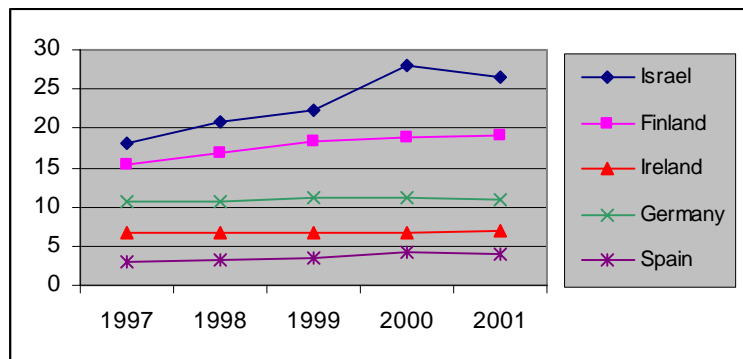
התפלגות מימון המו"פ בסקטור זה על פי המקורות מוצג גם באיור 12. המימון שמקורו בות"ת מהווה בממוצע כ- 47% מסך כל המקורות, בעוד שהאחוז הממומן ע"י הסקטור העסקי לפעילות המחקר באוניברסיטאות נשאר נמוך וללא שינוי משמעותי במשך תקופה ארוכה.



איור 12 - ההוצאה למו"פ בביצוע השכלה הגבוהה בישראל, לפי מקורות מימון (%), 1995-2001

5. הון אנושי

מספר המועסקים במו"פ בסקטור העסקי בישראל הנו גבוה בהשוואה בינלאומית, וגם קצב גידולו גבוה (איור 13).



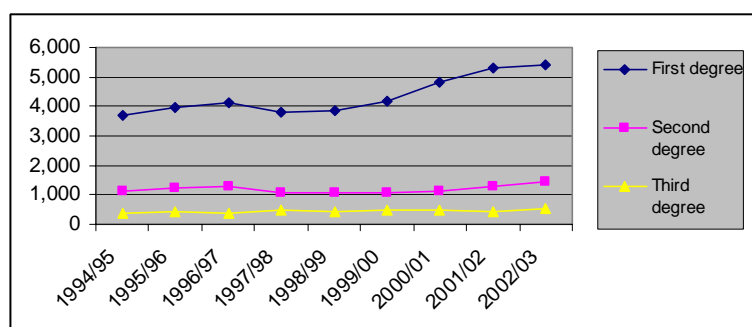
איור 13 - סך המועסקים במו"פ בסקטור העסקי לאלף אנשים המועסקים בסקטור העסקי, 1997-2001

מבין המועסקים במו"פ בסקטור העסקי בארץ כ-75% הם אנשי מקצוע בעלי תארים אקדמיים, והשאר הם בעיקר טכנאים (טבלה 4).

טבלה 4- מספר המועסקים במו"פ בישראל בסקטור העסקי לפי קטגוריות, באלפים, 2001-1997

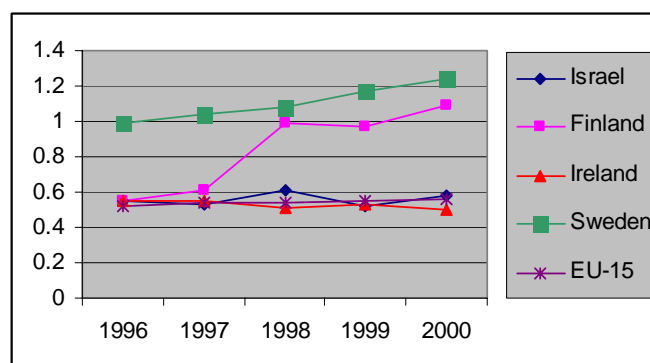
	Employed persons engaged in R&D		Professionals		Technicians		Others	
	Thousands	%	Thousands	%	Thousands	%	Thousands	%
1997	28.4	100	20.6	73	5.8	20	2	7
1998	30.8	100	22.6	73	5.7	19	2.6	8
1999	36.3	100	27.4	75	6.4	18	2.5	7
2000	47	100	36	77	7.4	16	3.6	8
2001	44.7	100	34.4	77	7.5	17	2.8	6

מספר בוגרי האוניברסיטאות בתארים בתחומי המדע וההנדסה מראה גידול קטן על פני השנים (איור 14).



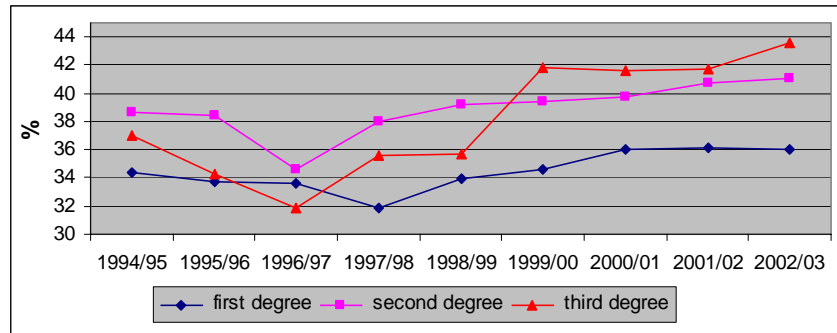
איור 14- מקבלי תואר ראשון, שני ושלישי מאוניברסיטאות בישראל, בתחומי המדע וההנדסה, 2002/2003-1994/1995

בהשוואה בינלאומית של בוגרי תואר שלישי בתחומי המדע וההנדסה, שהם הכוח המניע לתעשייה בכלל ותעשייה מתקדמת בפרט, נמצאת ישראל במקום נמוך בהשוואה למדינות כמו פינלנד ושוודיה (כ-50% ממספר הבוגרים היחסי) והיא דומה לאירלנד ולמוצע מדינות האיחוד האירופי (איור 15).



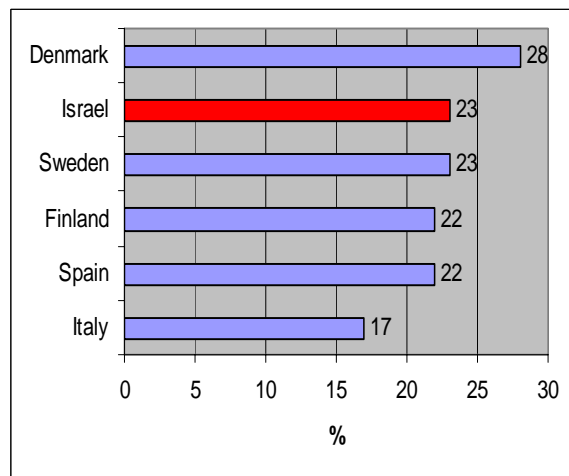
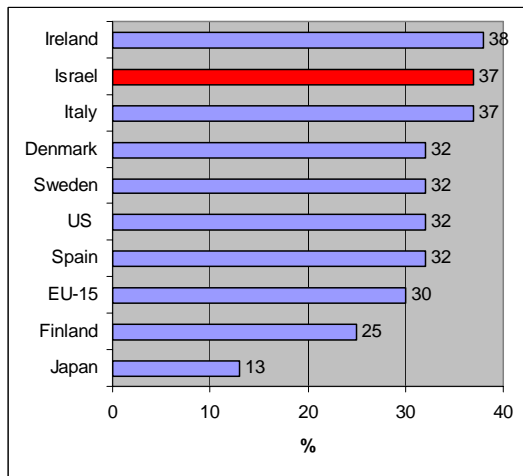
איור 15- מקבלי תואר שלישי במדע והנדסה לאלף אנשים בקבוצת הגיל 25-34*, 2000-1996 (בישראל קבוצת גיל היא 30 – 39)

שיתוף כל מגזרי הציבור לקידום הון אנושי הינו אלמנט חשוב בקידום תשתית לתעשייה. בתחומי המדע וההנדסה ישנו גידול מתמיד בנשים המקבלות תארים ראשון, שני ושלישי, כאשר הגידול הבולט הוא בתארים הגבוהים יותר (איור 16).



איור 16- אחוז הנשים ממקבלי תואר ראשון, שני ושלישי באוניברסיטאות בתחומי המדע וההנדסה, 2003-1994

בהשוואה בינלאומית נמצאת ישראל במקום גבוה בכל הקשור לנשים המקבלות תארים בתחומי המדע וההנדסה (איור 17 א') והמועסקות במו"פ (איור 17 ב'). יחד עם זאת, בכל הקריטריונים הללו האחוז נמוך בהרבה מ-50%.



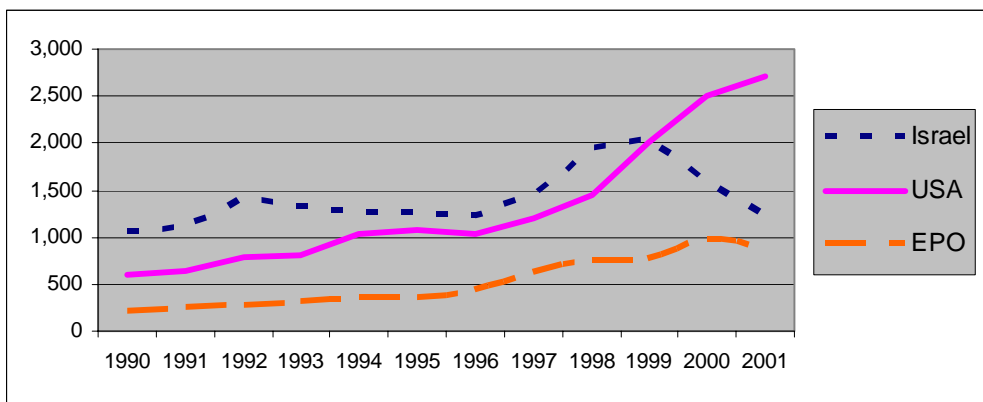
איור 17- (א) אחוז הנשים מסה"כ מקבלי התארים בתחומי המדע וההנדסה בשנת 2000, (ב) ואחוז הנשים המועסקות במו"פ מסה"כ המועסקים במו"פ בסקטור העסקי, 1999

6. תפוקות במדע וטכנולוגיה

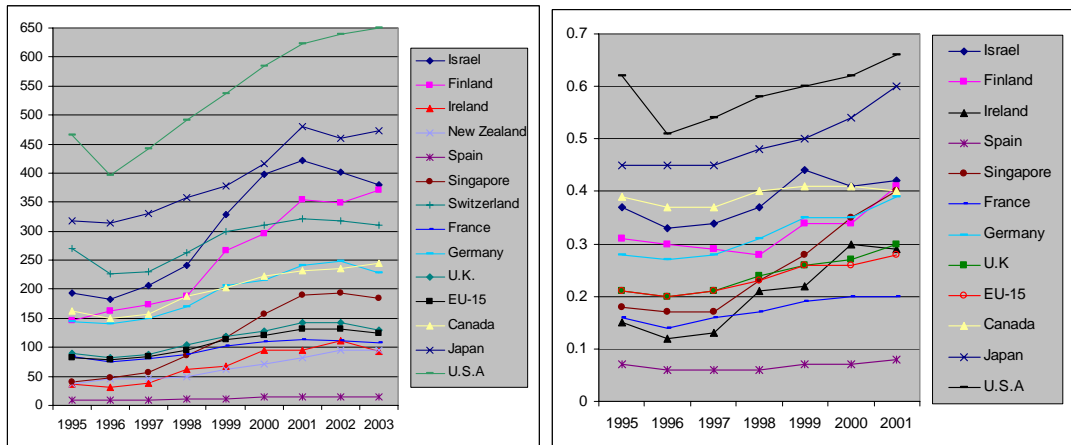
הדרכים המקובלות לבחון תפוקות במדע וטכנולוגיה מבוססות על סקרי פטנטים ופרסומים. יחד עם זאת יש להביא בחשבון שלמדדים אלה לא מעט מגבלות ולכן יש להיזהר בדיון להסקת מסקנות על בסיסם.

מספר בקשות הפטנטים מישראל לרישום בעולם נמצא בקו עלייה מתמיד (איור 18), ובאופן יחסי אנחנו במקום גבוה בהשוואה בינלאומית בהגשה למשרד הפטנטים האמריקאי (איור 19) ובמקום טוב באמצע בהגשה ל-EPO (איור 20), הן בהשוואה יחסית לגודל האוכלוסייה והן יחסית להשקעה הלאומית במו"פ.

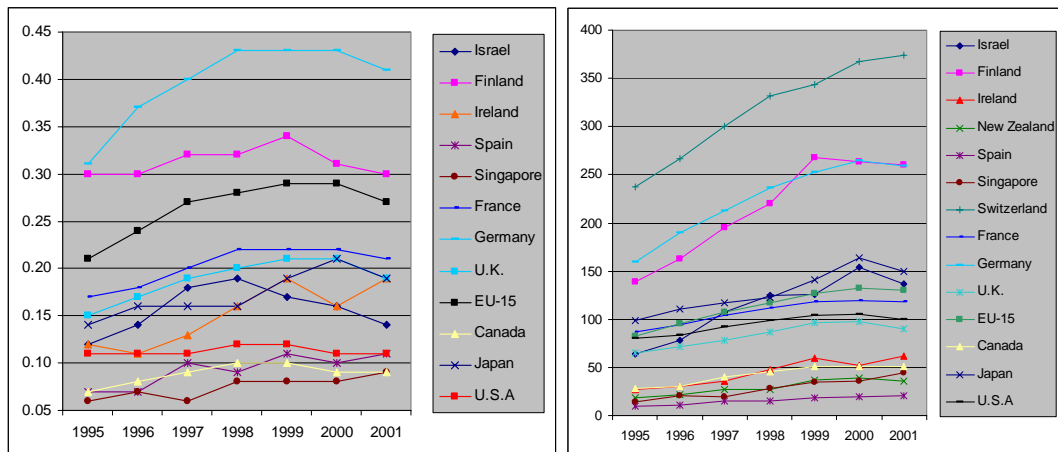
מאיורים 19 ו-20 ניתן לראות מגמת ירידה במספר הבקשות למיליון נפש וביחס להוצאה למו"פ.



איור 18- בקשות לרישום פטנט של ממצאים ישראליים בארץ, באירופה ובאר"ב, 1990-2001

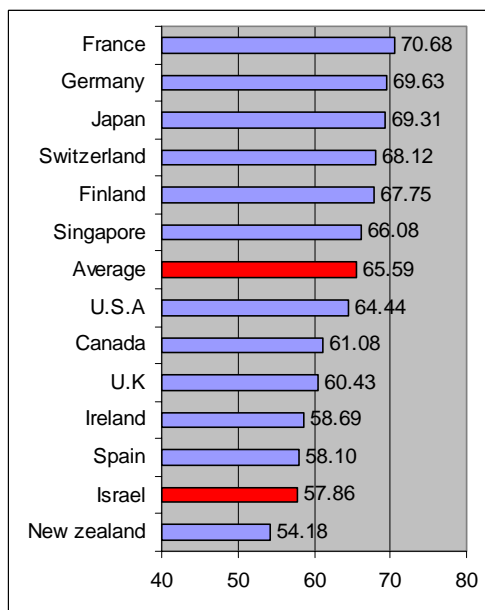


איור 19- מספר בקשות לפטנטים ב-USPTO (א) ביחס למיליון נפש, 1995-2003, (ב) ביחס לסך ההוצאות הלאומיות על מו"פ (מיליוני דולרים של 2000 במונחי שווי כוח קניה), 1995-2001



איור 20- מספר בקשות לפטנטים ב-EPO (א) ביחס למיליון נפש, 1995-2001, (ב) ביחס לסך ההוצאות הלאומיות על מו"פ (מיליוני דולרים של 2000 במונחי שווי כוח קניה), 1995-2001

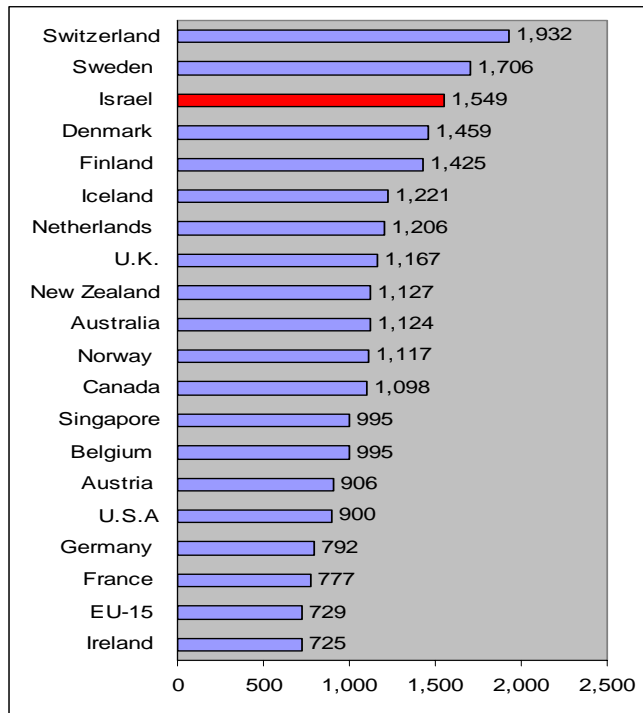
למרות המספר הרב של הפטנטים, יש להביא בחשבון שבשיעור ההצלחה ברישום ישראל איננה נמצאת במקום טוב בהשוואה בינלאומית (איור 21).



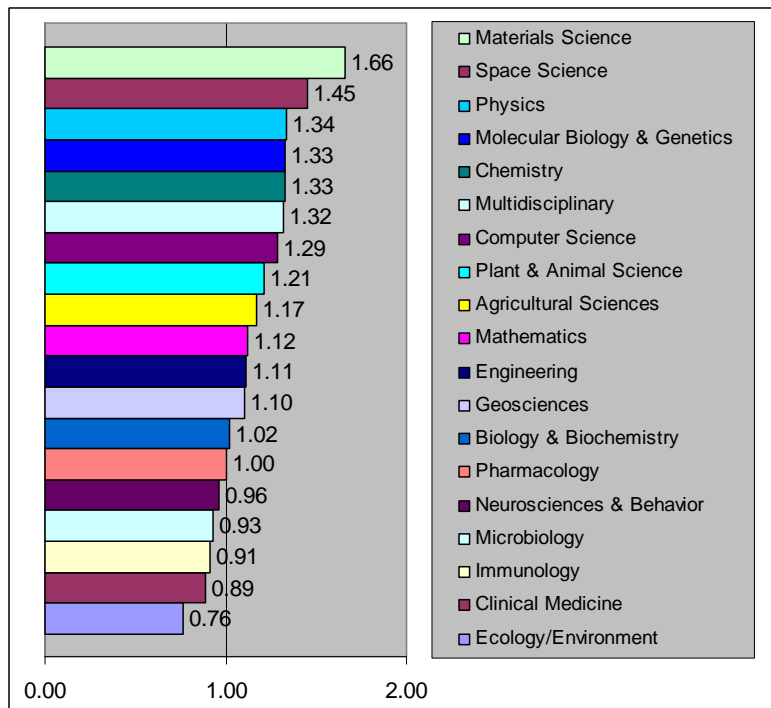
איור 21- שיעור ההצלחה הממוצע של פטנטים שהוגשו בארה"ב בין השנים 1990-1999

בתחום מדדי הפרייון המדעי⁴ ידוע שישראל הנה במקום מוביל במספר הפרסומים היחסי (איור 22). גם באיכות המחקר ישראל נמצאת במקום מוביל כפי שבא לידי ביטוי במדד הציטוטים. השוואה של מדד זה לתחומי הפעילות השונים בארץ יחסית למדד העולמי הממוצע מוצגת באיור 23. לצורך השוואה עם מספר מדינות מובילות מוצגים נתוני הציטוטים בטבלה 5.

⁴ הנתונים על פרסומים מדעיים שמופיעים בפרק זה מבוססים על נתונים המצויים בידי פרופ' גדעון שפסקי [4], אשר נלקחו ממאגרי הנתונים של ה-ISI (Institute of Science Information), הנמצא בפילדלפיה בארה"ב.



איור 22 - עשרים המדינות המובילות בעולם במספר הפרסומים למיליון נפש (ממוצע שנתי) בין השנים 1999-2003



איור 23 - היחס בין מספר הציטוטים הממוצע בשטחי המדע והטכנולוגיה בישראל לעומת ממוצע הציטוטים לתחום בעולם, בין השנים 1999-2003

טבלה 5- השוואה בינלאומית של מספר הציטוטים הממוצע של הפרסומים בשטחי המדע והטכנולוגיה, בין השנים 1999-2003

	Israel	World	Finland	Ireland	EU-15	U.S.A
Molecular Biology & Genetics	16.80	12.66	12.47	23.16	12.40	16.82
Space Science	10.21	7.02	4.75	6.44	7.50	9.62
Immunology	9.22	10.17	8.70	11.74	9.59	12.82
Biology & Biochemistry	7.41	7.26	7.85	6.11	7.24	9.92
Neurosciences & Behavior	7.36	7.70	7.07	7.19	7.43	9.90
Microbiology	6.11	6.55	6.66	6.48	6.74	9.20
Chemistry	5.11	3.85	3.74	4.33	4.34	5.83
Multidisciplinary	5.02	3.81	3.81	..	4.25	6.02
Physics	4.79	3.57	4.93	3.79	4.22	5.62
Pharmacology	4.57	4.59	4.77	4.88	5.01	6.27
Clinical Medicine	4.42	4.96	7.06	5.45	4.98	6.71
Geosciences	3.74	3.41	4.17	3.45	3.83	4.81
Materials Science	3.59	2.16	2.09	2.33	2.38	3.03
Plant & Animal Science	3.38	2.80	2.80	2.51	3.31	3.56
Agricultural Sciences	2.63	2.25	3.59	3.05	2.65	2.87
Ecology/Environment	2.46	3.23	4.11	3.65	3.57	4.01
Engineering	1.71	1.54	1.85	1.54	1.71	2.03
Computer Science	1.62	1.26	1.20	1.30	1.21	1.76
Mathematics	1.45	1.29	1.41	1.27	1.42	1.69

7. סוגיות לדיון

הנתונים המוצגים כאן מראים שלצורך קביעת מדיניות מו"פ וניתוחה, מן הראוי להתייחס לא רק לערכים ולמגמות של ההשקעה הכוללת במו"פ האזרחי, אלא גם להתפלגות שלו ע"פ היעדים הלאומיים להם הוא מיועד, ולסקטורים האמורים להוציאו אל הפועל. בהסתמך על הנתונים והמגמות הכמותיות, מוצגות להלן מספר סוגיות, שמן הראוי שיידונו במסגרת מהלך לעיצוב מדיניות לאומית, וזאת כחלק מתהליך קבלת החלטות בדבר היקף המו"פ בתמיכת הממשלה ובדבר חלוקתו בין התחומים השונים.

א. היחס הגבוה שבין ההשקעה במו"פ והתמ"ג הנו מרשים, אך יחד עם זאת יש להביא בחשבון שהתמ"ג בישראל הנו נמוך במידה ניכרת יחסית למדינות אירופה. לפיכך, כאשר מביאים בחשבון את ההשקעות המוחלטות במו"פ, יחסית למדינות אליהן אנו רוצים להשתוות, הרי המצב נראה פחות טוב. יש לכן לבחון את ההשקעות במו"פ גם לאור הקריטריון של ההשקעות המוחלטות, במיוחד כאשר אנו משווים את עצמנו למדינות בעלות תעשייה מתקדמת אשר בהן התמ"ג הנו גבוה.

ב. ריכוז ההשקעות במו"פ העסקי בסקטור האלקטרוניקה והתקשורת והתמיכה הממשלתית בו, שהיא גבוהה מהמקובל בחו"ל, הניבו פירות חיוביים. הדבר בא לידי ביטוי בצמיחה הכלכלית של ישראל בעשור האחרון. יחד עם זאת, לאור ההבדלים במדיניות ההשקעות בישראל ובמדינות חו"ל (איורים 8, 9 ו-10) יש מקום לבחון, האם להמשיך במגמות הנוכחיות או מן הראוי לשנותן לאור השיקולים המפורטים להלן.

ג. מנייתו של פרופ' טרכטנברג [5] עולה שהצמיחה (המבורכת כשלעצמה) בסקטור התקשורת והאלקטרוניקה הביאה למצב שהוא מהווה כ-33% מהיצוא. להערכתו, גידול מעבר להיקף זה ייתכן ואיננו אפשרי ואולי אף אינו רצוי וזאת עקב סיכונים הכרוכים בביסוס התעשייה והצמיחה על ענף אחד. כדי להבטיח צמיחה ברת קיימא יש לשאוף לצמיחה של כל המשק. לדבר יש לא רק משמעויות כלכליות אלא גם משמעויות חברתיות, לאפשר תעסוקה לכלל האוכלוסייה ולא רק לחלק קטן ממנה שיכול להשתלב בתעשיות מתקדמות. בהקשר זה מן הראוי לתת את הדעת למשמעויות של פערים חברתיים שהתרחבו. לאור זאת מן הראוי לשקול את כיווני התמיכה של המדינה במגזר העסקי ובמגזר ההשכלה הגבוהה ועל כך בסוגיות ד'-ו'.

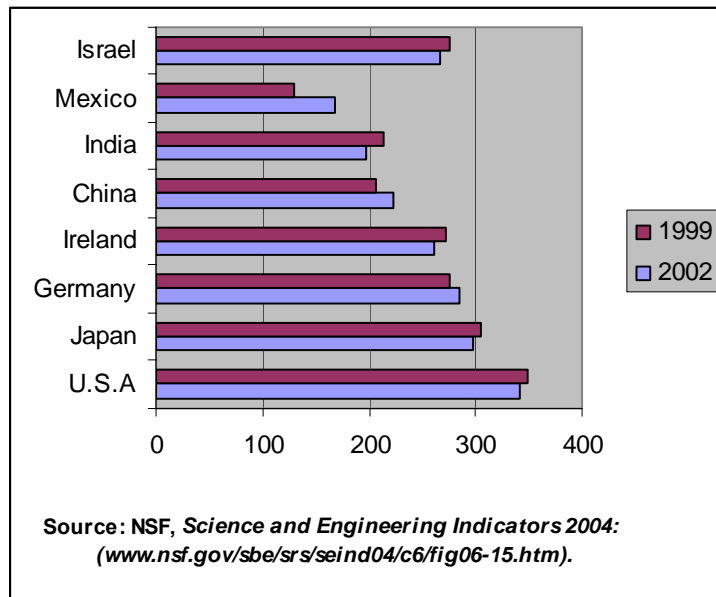
ד. לצמיחה שמקורה בתחום האלקטרוניקה והתקשורת, תורמת ללא ספק תשתית הידע וההון האנושי שנוצרה במסגרת ההשקעות במחקר הביטחוני. מדובר בפירות שאנו קוצרים כתוצאה מהחלטות אסטרטגיות שהתקבלו לפני עשרות שנים ע"י מנהיגות מרחיקת ראות, אשר בעקבותיהן באו השקעות מסיביות שהביאו להצלחה של העשור האחרון. יש לכן היום צורך בראייה אסטרטגית לטווח ארוך, להכין את ההצלחות הבאות מתוך הבנה שהגאות של העשור האחרון היא אמנם פרי של מדיניות נבונה של השקעה בתעשייה, אך היא לא הייתה יכולה להתממש לולא אותה תשתית שהוקמה במשך עשרות שנים. לאור הקטנת ההשקעות במגזר הביטחוני והצורך בקידום תחומים אחרים (ראה סוגיה ב' לעיל), שאינם בתחום ההתעניינות של המחקר הביטחוני (תחומים הנדרשים לפיתוח תעשיות מתקדמות בשטחים כגון: תעשיות ביוטכנולוגיה, תעשייה כימית, תעשיות בריאות, תעשיות המבוססות על טכנולוגיות סביבתיות), יש מקום לבחון את הצורך בהשקעות מוגברות

בפיתוח תשתית ידע ומחקר ישירות בסקטור האזרחי, וזאת בתחומים נרחבים מעבר לתקשורת ואלקטרוניקה. מאחר ותשתיות מסוג זה מקודמות בדרך כלל במחקר במוסדות ההשכלה הגבוהה, צריך לבדוק את המשמעות של התמיכה הנמוכה יותר בישראל במו"פ בסקטור ההשכלה הגבוהה לעומת מדינות אחרות (ראה איור 10).

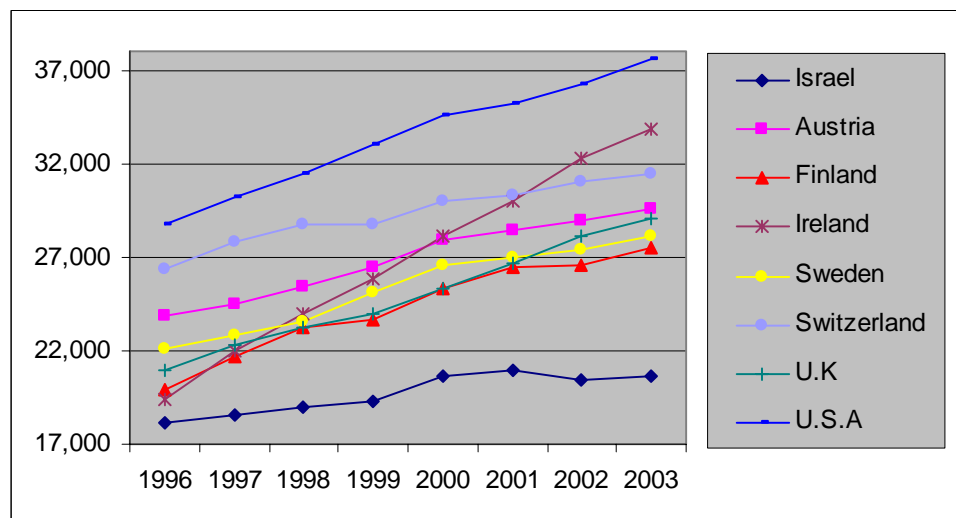
ה. כאמור, ההצלחה בתחום האלקטרוניקה והתקשורת היא מנוע הדוחף את כל המשק. אבל, כדי להביא לאותה פריצת דרך אשר תאפשר לסגור את הפער בתמ"ג לנפש עם אירופה, ולהביא את השגשוג לכל שכבות העם, יש לבחון את המקום של התעשיות המסורתיות [6]. ניתוחים היסטוריים מראים ששגשוג כלכלי נרחב וקפיצת מדרגה משמעותית מושגת כאשר טכנולוגיות רב-תכליתיות (GPT- General Purpose Technologies) חדשות (וטכנולוגיות מחשוב ותקשורת נכללות בקטגוריה זו) מוחדרות אל כל ענפי הייצור והתעשייה, ובהן גם התעשיות המסורתיות (ובשמן הפחות מרשים-low tech industries). יש צורך בחשיבה לאומית בכיוון זה.

ו. השיקולים לעיל מעלים את הצורך בבחינה של האיזון בתמיכה במו"פ בין ענפי התעשייה השונים. בגישה המבוססת על הנחה של שמירת היקף תמיכה קבוע במו"פ, תהיה משמעות הדבר קיצוץ בתמיכה בסקטור אשר בו פירות ההשקעה בטווח הקרוב ברורים, ובכך יש סיכון. מנגד, קיים הסיכון של "שמירת כל הביצים בסל אחד". על רקע זה יש לבחון את התועלת בהגדלת היקף המו"פ כך שיהנו ממנו סקטורים נוספים, מבלי לפגוע בקיים. בהקשר זה יש לתת את הדעת על ניתוח היקף ההשקעות במו"פ לאו דווקא מנקודת מבט יחסית (ז.א. יחסית לתמ"ג), אלא מבחינת הערכים המוחלטים, שהם נמוכים יחסית (ראה סוגיה א').

ז. במסמך מקיף שהוציאה עמותת "בשער" [7], אשר מסכם עבודה של ועדת "בשער" למדיניות מערכת ההשכלה הגבוהה ואוניברסיטאות המחקר בישראל, שבראשה עומד פרופ' יהושע יורטנר, מוזכרת עבודת מחקר של ה- NSF שמטרתה להעריך את הפוטנציאל של ארצות שהפגינו פעילות טכנולוגית מוגברת להיות יצואניות של מוצרי טכנולוגיה עילית ב-15 השנים הבאות [8]. על פי מדדים שהוצעו ע"י הקרן הלאומית למדעים בארה"ב, מובילות אירלנד וישראל כיצואניות של מוצרי טכנולוגיה עילית בשוק הגלובלי, כאשר לזכות ישראל עומד המספר הגדול של מדענים ומהנדסים, וההערכה הרבה יותר ליזמות המחקר התעשייתי ולתרומת המחקר המדעי. אולם בהקשר של השוואת ההישגים המרשימים מסתמנת מגמה מדאיגה: בעוד ארצות אחרות נמצאות בעלייה מתמדת ישראל נמצאת בנסיגה. ראה איור 24, שמציג מדד משולב לשנים 1999 ו-2002. מגמה זו באה לידי ביטוי גם באיור 25 שמשווה את התמ"ג לנפש בשנים 1996-2003 בישראל ובמדינות נבחרות בעולם.



איור 24 - ציון משולב על סמך 4 המדדים העיקריים לשנים 1999 ו-2002 עבור מדינות נבחרות



איור 25 - תפוקה מקומית גולמית (תמ"ג) למיליון נפש, בין השנים 1996-2003, במיליוני דולרים שוטפים, במונחי שווי כוח-קניה

ח. ההשקעה הנמוכה של התעשייה במו"פ במוסדות להשכלה גבוהה מעלה את השאלה באיזה מידה אנחנו ממצים את הפוטנציאל בהשכלה הגבוהה לקידום התעשייה. האם תוכניות המדע"ר לקידום קשרי אקדמיה – תעשייה דוחקים השקעות ישירות של התעשייה במו"פ בהשכלה הגבוהה? האם יש כאן בעיה מוסדית? תרבותית?

ט. בהקשר של סוגיה ד' יש לבחון את המשמעויות של המספר הקטן של דוקטורנטים יחסית למדינות אירופה. האם אנחנו מפגרים/מזניחים בייצור של "הון אנושי" שהוא בסיס לכל תעשייה מתקדמת בעתיד? האם אין כאן צורך בחשיבה מחודשת גם לגבי היקף המשתלמים וגם תחומי ההשתלמות? האם מצב זה שבו לכאורה אנו בפיגור ילך ויחמיר עקב הקיצוצים בתמיכת הממשלה בהשכלה גבוהה מחד, וההזרמה המסיבית של אמצעים בתחומים אלה במדינות אירופה אשר אליה יזלוג ההון האנושי שלנו?

י. התמיכה הנמוכה בישראל במו"פ לרווחת הציבור והמגמה להקטנתו (איור 9) מחייבת דיון מעמיק לגבי ההשלכות לטווח ארוך. לפיגור המצטבר בתחום זה יכולות להיות משמעויות מרחיקות לכת. מן הראוי להביא בחשבון שמשירת משקיעים והון לקידום תעשייתי וכלכלי תלויים גם במצב הכולל של התשתיות הלאומיות ובשביעות הרצון של ה"הון האנושי", המותנה באיכות החיים הכוללת, שנמצאת בקטגוריה שהוגדרה כ"רווחת הציבור".

יא. האם יש מקום לשקול מדיניות מו"פ בתחומי תשתית אלה אשר תניב פירות בשני מישורים בו זמנית – תקדם את נושאי התשתית בארץ ותאפשר פיתוח טכנולוגיות ותעשייה מתקדמת בתחומים אלה? דוגמאות לכך יכולות לשמש טכנולוגיות סביבתיות [9], טכנולוגיות לשימור מים וטיפול בשפכים, טכנולוגיות בתחום האנרגיה [10].

מקורות

1. טרכטנברג מ. (יוני 2001). סקטור ה"היי-טק" וצמיחת המשק, נייר עמדה שהוצג בכנס קיסריה.
2. גץ ד., מנסור ה., פלד ד. ושומאף-תחאוכו מ. (2005). מדדים למדע וטכנולוגיה בישראל: תשתית נתונים השוואתית. טכניון, חיפה: מוסד שמואל נאמן.
3. Frenkel A., Shefer D., & Roper S. (2003). *Public Policy, Location choice and the Innovation capability of high-tech firms: A comparison between Israel and Ireland*, Papers in Regional Science 82, 203-221.
4. שפסקי ג. ואילן י. (2005), מעמד ישראל בהשוואה למדינות העולם על פי מדדים סינטומטריים (CIENTOMETRICS). טכניון, חיפה: מוסד שמואל נאמן.
5. טרכטנברג מ. (דצמבר 2002). מחקר ופיתוח, היי-טק וצמיחה כלכלית. רבעון לכלכלה 49, 637-628.
6. Helpman E. and Trajtenberg M. (1998). *Diffusion of General Purpose Technologies* in Helpman, E. (ed.), General Purpose Technologies and Economic Growth. Cambridge: MIT Press.
7. מעמד ההשכלה הגבוהה ואוניברסיטאות המחקר בישראל: תמרוני אזהרה וקווי מדיניות. דו"ח של ועדת בשער למדיניות ההשכלה הגבוהה ואוניברסיטאות המחקר בישראל, יו"ר פרופ' יהושע יורטנר.
8. NSF, *Science and Engineering Indicators 2004*, <http://www.nsf.gov/sbe/srs/seind04>.
9. גורן י., אילון א., לביא ד. ושבשביץ, מ. (2004). הזדמנויות עסקיות בתחום איכות הסביבה, מודל ראשוני להערכת עלויות ותועלות למשק מהשקעות בתחום הטכנולוגיות הסביבתיות. טכניון, חיפה: מוסד שמואל נאמן.
10. Kohn D., Rosen A., Seter I., Drimer N., & Ben-Dov E. (2002). *Evaluation of a Plan to Establish a Wind Farm in the Mediterranean Sea, Final Research Report*. Technion, Haifa: Samuel Neaman Institute.