



מדע וטכנולוגיה

היוזמה הממשלתית לפיתוח סקטור הביומד בסינגפור

מקרה בוחן

חוקרים:
ד"ר דפנה גץ
אבידע שהם
אליעזר שיין
ביבליומטריה: אלה ברזני



סביבה
ואנרגיה

תכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

השכלה
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה



היזמה הממשלתית לפיתוח סקטור הביומד בסינגפור

מקרה בוחן

חוקרים:
ד"ר דפנה גץ
אבידע שהם
אליעזר שיין
ביבליומטריה: אלה ברזני

פברואר, 2021

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

תוכן העניינים

5	רקע.....	◀
9	הקמת ועדה מייעצת המורכבת ממומחים בעלי שם עולמי	◀
10	פיתוח ההון האנושי	◀
15	קידום הכשרתם ופעילותם של רופאים-חוקרים	◀
18	הקמת מכוני מחקר מתקדמים במימון ממשלתי	◀
19	הבאת חברות ביומד רב-לאומיות לסינגפור	◀
21	הקמת קרן ממשלתית להשקעה בחברות ביומד ולחיזוק האקו-סיסטם המקומי	◀
22	סיכום ותובנות עיקריות	◀

רשימת איורים

7	איור 1: פעולות עיקריות שבוצעו במסגרת היוזמות הממשלתיות לקידום ופיתוח תעשיית הביומד בסינגפור.....
8	איור 2: יצוא מוצרים פרמצבטיים מסינגפור 2004-2018 (מיליוני דולר סינגפורי).....
12	איור 3: הגדרת מטרות ואסטרטגיה לפיתוח הון אנושי מתאים לתעשיית ייצור התרופות בסינגפור.....
13	איור 4: מספר המועסקים בייצור מוצרים פרמצבטיים וביולוגיים בסינגפור (2004-2018).....
13	איור 5: מספר מפעלי הייצור של מוצרים פרמצבטיים וביולוגיים בסינגפור.....
14	איור 6: מספר החוקרים (Researchers) בתחום הביומד בסינגפור (2002-2016).....
2002	איור 7: מספר החוקרים בתחום הביומד במגזר ההשכלה הגבוהה בסינגפור בחלוקה לתארים האקדמיים (2002 לעומת 2018)
15	איור 8: דוגמאות להקמתם ושדרוגם של מכוני מחקר מתקדמים לביצוע מחקר מדעי בתחום הביומד כחלק משלביה הראשונים של התוכנית הממשלתית בסינגפור (A*Star)
18	איור 9: מספר הפרסומים המדעיים בתחומי הביוכימיה, הגנטיקה והביולוגיה המולקולרית בסינגפור (1990-2020)
19	איור 10: דוגמאות להשקעותיהן של חברות רב לאומיות במפעלי ייצור למוצרים ביולוגיים בסינגפור בין השנים 2009-2019
21	

רשימת טבלאות

טבלה 1: תקציבים ממשלתיים שהוקצו לטובת פיתוח המחקר והעסקים בסקטור הביומד במסגרת תוכניות החומש במדע וטכנולוגיה.....	10
טבלה 2: דוגמאות לתכניות מימון לעידוד הכשרתם ופעילותם של רופאים-חוקרים בסינגפור.....	17
טבלה 3: דוגמאות לפעילותן של חברות רב-לאומיות בסינגפור.....	24
טבלה 4: דוגמאות להקמת תשתיות בתמיכת A*Star במסגרת שלביה הראשונים של היוזמה לפיתוח מגזר הביומד בסינגפור – (שלב א הקמת המסד למחקר מדעי בסיסי).....	25
טבלה 5: דוגמאות להקמה ושדרוג תשתיות בתמיכת A*Star במסגרת שלביה הראשונים של היוזמה לפיתוח מגזר הביומד בסינגפור - (שלב ב התמקדות במחקר תרגומי).....	26
טבלה 6: דוגמאות להקמה ושדרוג תשתיות בתמיכת ה-National Medical Research Council הסינגפורי במסגרת היוזמה לפיתוח סקטור הביומד במדינה.....	27

היזמה הממשלתית לפיתוח סקטור הביומד בסינגפור – מקרה בוחן

רקע ◀

בתחילת המאה ה-21 החליטה ממשלת סינגפור שאין די בהסתמכות על ענפי הכלכלה הקיימים ויש להשקיע בתחום הביומד כמנוע צמיחה כלכלי נוסף עבור המדינה. הזרז להחלטה זאת היה משבר כלכלי באסיה שנים מספר לפני כן, שהוביל את מקבלי ההחלטות להבנה כי ענפי הכלכלה הקיימים אינם מספיקים ואינם יציבים דיים לצרכי המשק הקיימים והעתידיים.

על בסיס תובנה זאת, יצאה הממשלה בסינגפור בתוכנית אסטרטגית לבניית כל שרשרת הערך בתחום הביומד החל ממדע בסיסי באוניברסיטאות, דרך מדע יישומי ותרגומי¹ וכלה בהקמת תעשייה ומפעלי ייצור.

השלב הראשון בתוכנית היה ליצור את אבני הבנין לפיתוח יכולות מחקר מדעי תוך התמקדות ביצירת ההון האנושי הדרוש בתחומי המדע והתעשייה המתקדמת. בשלב הבא, הושקע המאמץ בחיזוק יכולות המחקר התרגומי במדינה תוך רצון לחזק את היכולת הנדרשת להבאת התגליות המדעיות מהמעבדה אל מיטת החולה.

לטובת התוכנית הושקעו תקציבים ממשלתיים משמעותיים של כ-4B \$ SGP בכל חמש שנים, במסגרת תוכניות חומש שיצאו לפועל בין השנים 2000-2020. במשך תקופה זאת, סינגפור הצליחה להקים תעשיית ביומד מקומית המייצאת במיליארדי דולרים ומספקת אלפי מקומות עבודה. במקביל, מספר הפרסומים המדעיים מסינגפור בתחומי הביולוגיה המולקולרית והגנטיקה גדל במאות אחוזים². העלייה ביצוא של תעשיית התרופות המקומית מסייעת כיום למדינה להתמודד עם ההשלכות הכלכליות של משבר הקורונה, וזאת בזמן שענפים אחרים מצויים במשבר³.

נתונים המדגימים את התפתחותה של תעשיית הביומד בסינגפור בעשרים השנים האחרונות, בעקבות ההחלטה הממשלתית להשקיע משאבים ניכרים בתחום, מופיעים להלן:

- ל-8 מתוך עשר חברות הפארמה הגדולות בעולם מפעלים בסינגפור. חברות פארמה רב-לאומיות מעורבות בתהליכי ייצור, מחקר קליני, ניסויים קליניים ותפעול מרכזי מו"פ (מחקר ופיתוח) חדשניים במדינה. במדינה גם מייצרות 4 מתוך 10 תרופות המרשם רבות המכר בעולם⁴.
- יצוא המוצרים הפרמצבטיים⁵ עמד בשנת 2018 על למעלה מ-13B \$ SGP⁶ עליה של למעלה מפי 6 משנת 2001 בה עמד היצוא על כ-2B \$ SGP^{7,8}.

¹ Translational Science - an effort to build on basic scientific research to create new therapies, medical procedures, or diagnostics.

² לנתוני מאגר המידע סקופוס על פי ניתוח שנעשה במוסד נאמן

³ (Aravindan, 2020)

⁴ ("Pharmaceuticals & Biotechnology | EDB," 2019 ; Overview of the Singapore PharmBio Sector, 2019)

⁵ Medicinal & Pharmaceutical Products כהגדרתם ב Standard International Trade Classification בקטגוריה Chemicals and Chemical Products

יצוא זה כולל הן יצוא של תוצרת מקומי (domestic export) והן יצוא של מוצרים מיובאים, ללא עיבוד מקומי (re-export). בשנת 2018 היוו ה-domestic exports קרוב ל-80% מכלל יצוא ה-Medicinal & Pharmaceutical Products.

⁶ כ-B 9.6 \$ USD עפ"י שער של \$1.35 SGP = \$1 USD

⁷ Yearbook of Statistics Singapore 2012 (כולל נתונים לגבי שנת 2001); Yearbook of Statistics Singapore 2019

⁸ כ-B 1.1 \$ USD עפ"י שער של \$1.79 SGP = \$1 USD

- בשנת 2004 היו כ- 3800 עובדים בייצור מוצרים פרמצבטיים וביולוגיים בסינגפור. בשנת 2018 מספרם גדל למעלה מפי 2 לכ-8000.⁹
- מספר העובדים המועסקים כחוקרים בתעשיית הביומד גדל פי 2.8 לערך משנת 2002 ועד שנת 2016.¹⁰
- מספר מפעלי היצור למוצרים פרמצבטיים וביולוגיים גדל למעלה מפי 2 (מ-25 ועד 54) בין השנים 2000-2017.¹¹
- ההוצאה על מו"פ בתחום הביומד במגזר הפרטי גדלה פי 4 לערך משנת 2002 (כ- \$ 140M SGP) ועד שנת 2016 (כ- \$ 560M SGP).¹²
- בשנת 2020 הועסקו בתעשיית הביומד בסינגפור כ-25,000 עובדים.¹³

מטרת מקרה בוחן זה הינה לתאר חלק מהתוכניות האסטרטגיות שננקטו בידי הממשלה בסינגפור לטובת פיתוח סקטור הביומד המקומי. המחקר בחן היבטים שונים של התוכנית ובהם פיתוח ההון האנושי בתחום, יצירת התנאים להבאת חברות רב-לאומיות למדינה, הקמת קרנות מחקר לפיתוח אוכלוסייה מקומית של רופאים-חוקרים, והבאת מדענים מובילים למדינה בכדי לקדם את המחקר וההוראה בתחום.

היוזמה הממשלתית בסינגפור מתאפיינת ומסתמכת על תיאום בין הגופים האחראים על התכנון והביצוע של התוכניות הממשלתיות עם הגורמים האחרים באקו-סיסטם. ניתן לראות זאת, לדוגמא, בעובדה שחלק מתוכניות הלימוד באקדמיה נבנות בשיתוף פעולה עם התעשייה, וזאת על מנת ליצור את המיומנויות הנדרשות לחברות בתחום. מכוני מחקר ממשלתיים מסייעים למו"פ של חברות רב-לאומיות ומרכז מחקר תרגומי (Translational Research Center) נבנה כחלק מבית ספר ציבורי לרפואה. פארק גדול של מדעי החיים (Biopolis) מאגד בקרבה גאוגרפית גורמי אקדמיה, בית ספר לרפואה, בתי חולים, מכוני מחקר ממשלתיים וחברות מסחריות.

נדבר מרכזי בתוכנית היה למקם את סינגפור כשער לאסיה ומוקד ידע (Hub) אזורי בתחום הביומד. בהתאם לחזון זה, מתקני יצור פרמצבטיים נבנו על מנת לנצל את מיקומה של סינגפור ואת הסביבה הרגולטורית והעסקית התומכת על מנת למקסם את היתרון המקומי. כמו כן, הממשלה בחרה לעודד מחקר הנוגע לבעיות רפואיות ספציפיות הרלוונטיות לאוכלוסייה המקומית והאזורית. גם במקרה זה פיתוח ההון האנושי הוכוון בהתאם.

ממשלת סינגפור הבינה שבניית בסיס איתן של תשתית המאפשרת מחקר פורץ דרך בתחום הביומד היא תנאי מקדים לפיתוח הסביבה האקדמית והתעשייה. לפיכך, בשנים הראשונות של היוזמה הממשלה השקיעה משאבים רבים בבניית תשתית התומכת במאמצי המחקר והפיתוח (מו"פ). מכוני מחקר קיימים בתחום הגנומיקה והביו-אינפורמטיקה שודרגו ומכונים חדשים בתחום הביו-הנדסה והמחקר הקליני הוקמו וצוותו אליהם מומחים מהעולם. כן ניתן דגש לתשתיות שיכולות לתמוך במחקר תרגומי. איור 1 מתאר את הפעולות העיקריות שבוצעו במסגרת היוזמות הממשלתיות לקידום ופיתוח תעשיית הביומד בסינגפור כמנוע צמיחה התורם לכלכלת סינגפור.

הפרקים הבאים מתארים בתמצית, על בסיס סקר ספרות, את היוזמה הסינגפורית. הפרק האחרון עוסק בקצרה בתובנות ומסקנות שנלמדו במסגרת מקרה בוחן זה. עבודה זאת הינה תיאור של מקרה בוחן במסגרת עבודת מחקר שנערכה בשנים האחרונות במוסד שמואל נאמן.¹⁴

⁹ Yearbook of Statistics Singapore 2019; Yearbook of Statistics Singapore 2010 (2004 שנת לגבי שנת 2004)

¹⁰ Singapore National Survey of R&D 2016; Singapore National Survey of R&D 2002 (Post-Graduate Students כולל)

¹¹ Yearbook of Statistics Singapore 2019; Yearbook of Statistics Singapore 2012 (2000 שנת לגבי שנת 2000)

¹² Singapore National Survey of R&D 2002; Singapore National Survey of R&D 2016

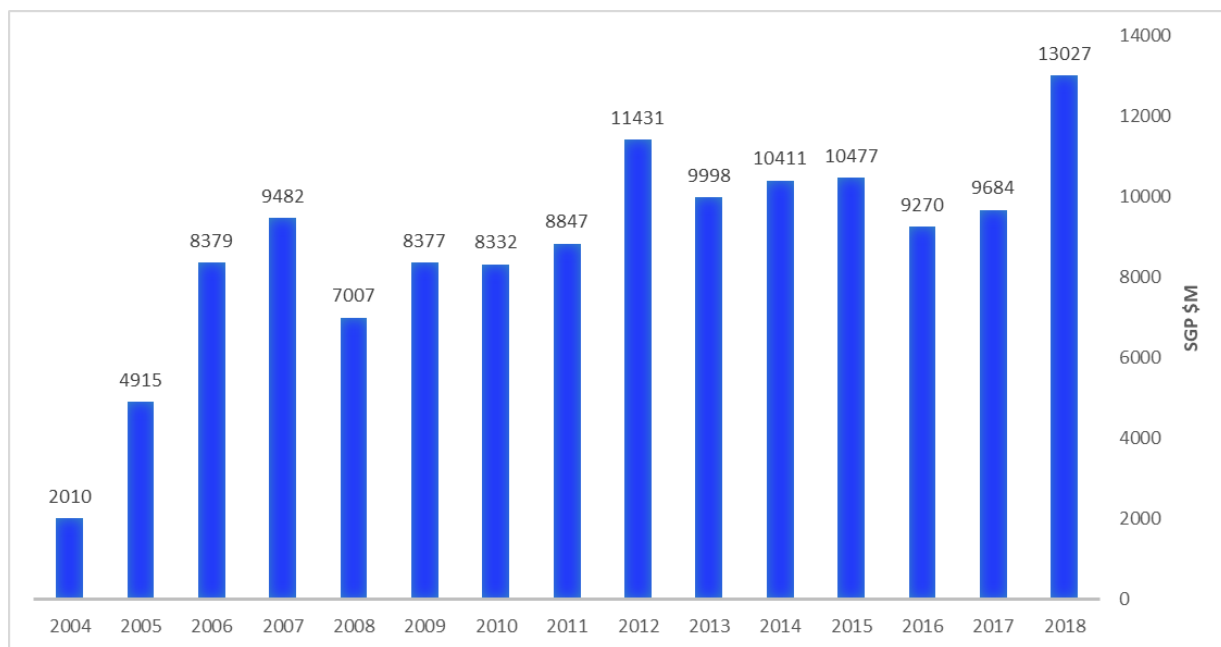
¹³ (Singapore Ministry of Manpower, 2020)

¹⁴ ראו עוד באתר מוסד נאמן: [מודלים לקידום מחקר אקדמי אל עבר פיתוח וייצור תרופות חדשניות בישראל](#)

איור 1: פעולות עיקריות שבוצעו במסגרת היוזמות הממשלתיות לקידום ופיתוח תעשיית הביומד בסינגפור



איור 2: יצוא מוצרים פרמצבטיים¹⁵ מסינגפור 2004-2018 (מיליוני דולר סינגפורי)



מקור: עיבוד מוסד שמואל נאמן לנתוני¹⁶ Yearbooks of Statistics Singapore

¹⁵ Medicinal & Pharmaceutical Products כהגדרתם ב Standard International Trade Classification בקטגוריה Chemicals and Chemical Products

יצוא זה כולל הן יצוא של תוצרת מקומי (domestic export) והן יצוא של מוצרים מיובאים, ללא עיבוד מקומי (re-export). בשנת 2018 היווה - domestic exports קרוב ל-80% מכלל יצוא ה - Medicinal & Pharmaceutical Products.

¹⁶ Yearbook of Statistics Singapore 2010, 2012, 2014, 2019

◀ הקמת ועדה מייעצת המורכבת ממומחים בעלי שם עולמי

בשלב הראשון הקימה הממשלה בסינגפור ועדה מייעצת שהורכבה ממומחים בעלי שם עולמי. תפקיד הועדה היה להנחות את הממשלה בבניית התוכניות האסטרטגיות והמדיניות הלאומית. הועדה גם ייעצה לממשלה בנוגע למגמות המתפתחות בעולם ולנושאים הקשורים באתיקה ומשפט. כחלק מעבודת הועדה, הומלץ בשלב הראשון לקדם את הנושאים הבאים¹⁷:

- בניית מכוני מחקר בתחומי הגנומיקה, ביו-אינפורמטיקה והביולוגיה המולקולרית.
 - בניית פארק מדעי החיים (Biopolis) בו ימוקמו מכוני מחקר ציבוריים, מרכזי מו"פ של חברות, חממות לחברות סטארטאפ וחברות למתן שירותים נדרשים, כולם בקרבה גאוגרפית.
 - עידוד הקשרים הרב-תחומיים (מולטידיסציפלינריים) בין קלינאים לחוקרים באקדמיה וכן למהנדסים, ובין האקדמיה לתעשייה.
 - הקמת איגוד מחקר בתחום הסרטן, על מנת למצב את המדינה כמובילה בחקר הסרטן בעולם.
- בשלב הבא הציעה ועדת המומחים להתמקד במחקר התרגומי (Translational Research) ובתוך כך ליצור:
- תוכניות של תרגום מחקר רפואי וקליני בתחומים רפואיים מוגדרים, ובמימון ממשלתי נרחב.
 - חיזוק היכולת לבצע מחקר קליני.
 - חיזוק המחקר התרגומי בתוך האקדמיה באמצעות הגדלה משמעותית של מספר החוקרים בתחום ובניית התשתית הנחוצה עבורם.
- טבלה 1 להלן מציגה את המשאבים הכספיים אותם ייעדה הממשלה הסינגפורית לפיתוח המחקר והעסקים בתחום הביומד במדינה, במסגרת תוכניות החומש הלאומיות במדע ובטכנולוגיה.

¹⁷ ("13th BMS IAC meeting announces key achievements in Translational Clinical Research efforts in Singapore," 2008; "Biomedical Sciences International Advisory Council Gives The Thumbs-Up To Singapore's Biomedical Science Efforts," 2003; "Health and Biomedical Sciences International Advisory Council," 2018; "International Advisory Panel Endorses The Formation Of The Cancer Syndicate Aimed At Co-Ordinating Cancer Research In Singapore," 2002; "World's Leading Biomedical Scientists To Speak In Singapore," 2001)

טבלה 1: תקציבים ממשלתיים שהוקצו לטובת פיתוח המחקר והעסקים בסקטור הביומד במסגרת תוכניות החומש במדע וטכנולוגיה¹⁸

תקציב (B\$SGP)	שלב	שם התוכנית
~ \$3.0	Biomedical Science Initiative Phase I	Science and Technology 2005 Plan (2001-2005)
\$3.3	Biomedical Science Initiative Phase II	Science and Technology 2010 Plan (2006-2010)
\$3.7	Biomedical Science Initiative Phase III	RIE 2015 Plan (2011-2015)
\$4.0	Biomedical Science Initiative Phase IV	RIE 2020 Plan (2016-2020)

RIE - Research, Innovation and Enterprise

פיתוח ההון האנושי

מבין הצעדים הראשונים שננקטו על ידי הממשל בסינגפור מיד לאחר קבלת ההחלטה על השקעה בתחום הביומד כמנוע צמיחה עתידי, היה טיפוח ההון האנושי המקומי ויצירת הכישורים הנדרשים להשגת יעדי התוכנית. הממשלה הקימה ועדה (Biomedical Science Manpower Advisory Committee) שתפקידה לזהות את צרכי התעשייה ולהציע תוכניות הכשרה מתאימות למענה עליהם. הועדה הורכבה ממומחים מהממשלה ומהתעשייה ועקבה באופן רציף אחר תוכניות הלימודים והלימתם לצרכים בפועל.

ממשלת סינגפור הגיעה לכדי הבנה שעל מנת ליצור את המיומנויות וההון האנושי הנדרש באופן מהיר ויעיל, יש צורך להביא מומחים בעלי שם מחו"ל שסייעו בכך וידריכו את הצעירים המעוניינים להשתלב בתחום. הבאת המומחים נעשתה על ידי שילוב של מתן חופש פעולה מחקרי, תמריצים כספיים וגישה לתשתית מחקר מתקדמת. המומחים קיבלו תפקידי מפתח במכוני המחקר החדשים אותם הקימה הממשלה ובאוניברסיטאות המחקר.

כמו כן, העניקה הממשלה מלגות לסטודנטים וחוקרים בכל הרמות, החל מסטודנטים ללימודי הסמכה וכלה ברופאים המעוניינים לרכוש לעצמם יכולות של מחקר קליני. מטרת תוכניות אלו, כאמור, היתה ליצור את ההון האנושי המקומי כך שיוכל לתפקד באופן עצמאי באקדמיה, במכוני המחקר הציבוריים ובתעשייה.

אסטרטגיה נוספת שננקטה היתה לעודד סטודנטים מצטיינים ללמוד באוניברסיטאות מובילות מחוץ למדינה, תוך הבטחתם לשוב לסינגפור בתום התקופה. לצורך כך, השקיעה הממשלה סכום של USD \$300 M על פני חמש שנים למימון התוכנית¹⁹.

¹⁸ The Duke NUS Story; DUKE-NUS Transforming Medicine Improving Lives, 2008; Research Innovation Enterprise 2020 Plan, 2016; "Singapore's Biomedical Sciences R&D effort gets boost of S\$3.7 billion," 2010)

¹⁹(Brantley, 2002)

בעת התנעת התוכנית, נוסד באוניברסיטה הלאומית של סינגפור ארגון גג שמטרתו לתאם את הלימודים בתחום הביוטק, לאחד את תוכניות הלימודים באוניברסיטה ולתמוך בהכשרת ההון האנושי הנדרש. כחלק מפעילות ארגון זה שולבו בתוכניות הלימודים במדעי החיים גם נושאים מדיסציפלינות נוספות כגון מחשוב והנדסה. במקביל, הוקמה גם מחלקה לביו-הנדסה (Bio-Engineering) שבהנהלתה שותפים חוקרים מתחומי הרפואה וההנדסה ומטרתה לבצע מחקר רב-תחומי (מולטי-דיסציפלינרי) בתחומים אלו, ולאפשר לחוקרי האוניברסיטה גישה לקליניקה הרפואית. כחלק מהכשרת הסטודנטים במחלקה, ניתן דגש על ידע מעשי בתחומי הרגולציה, תכן הנדסי, אבטחת איכות, בקרת איכות וקניין רוחני²⁰.

כשנתיים לאחר התנעת התוכנית הממשלתית, גדל ב-50% מספר הסטודנטים באוניברסיטאות שנרשמו ללמוד את תחום מדעי החיים²¹. בשנת 2018 מספר בעלי תואר דוקטור שעבדו כחוקרים בתחום הביומד הגיע לכ-3,000, עליה של כפי 4 מאז שנת 2002²².

בשנת 2014 איחדה הממשלה בסינגפור כוחות עם חברות הפארמה המובילות הפועלות במקום, על מנת לבחון ולתכנן את האסטרטגיה הנדרשת שתתן מענה לביקוש הגבוה לכוח אדם מיומן הנדרש לייצור תעשייתי של מוצרים תרופתיים. גורמים אלו יצרו יחד תוכנית משותפת (SMDP) Sectoral Manpower Development Plan שהתמקדה בשלושה היבטים: מענה על הביקוש הגבוה להון אנושי, שיפור הרלוונטיות של תוכניות ההכשרה וכן משיכה ושימור של הון אנושי (Talent) לתחום²³. תכנית זאת התייחסה להיבטים שונים של ההון האנושי בתעשייה המקומית כולל תוכניות גיוס הון אנושי, תנועת עובדים בין האקדמיה והתעשייה, הכשרות והסבות מקצועיות ועוד²⁴ (איור 3).

²⁰ ("History | NUS Engineering - National University of Singapore,"; Wong, 2007)

²¹ (Brantley, 2002)

²² (Singapore National Surveys of R&D, 2002, 2018)

²³ (Brennan, 2014)

²⁴ ("Programmes and initiatives which will be rolled out under Sectoral Manpower Development Plan (SMDP)")

איור 3: הגדרת מטרות ואסטרטגיה לפיתוח הון אנושי מתאים לתעשיית ייצור התרופות בסינגפור



מקור: עיבוד מוסד נאמן לנתוני ("Sectoral Manpower Development Plan (SMDP)," 2016)

כיום, קיימות בסינגפור מגוון תוכניות לימודים בהשכלה גבוהה בתחום הביומד ועקב היצע המשרות הגדול יחסית, פותחו גם תוכניות להסבה מקצועית בשיתוף התעשייה²⁵. סטודנטים לדוקטורט יכולים ללמוד לקראת דוקטורט תעשייתי (Industrial PhD) בו מחקר במסגרת התעשייה נחשב כחלק מעבודת הדוקטורט²⁶ דבר התורם לשיתוף הפעולה בין הסקטורים ומאפשר רכישת ידע יישומי. כמו כן נערכות הכשרות מקצועיות לבוגרי תיכון המעניקות דיפלומה מקצועית בתחום, למעוניינים בכך. במסגרת הלימודים ניתנים קורסי בחירה הנוגעים, בין היתר, לגילוי תרופות (drug discovery) ולניסויים קליניים. המכון הטכנולוגי של סינגפור (Singapore Institute of Technology) מפעיל תוכנית לימודים ייעודית בתחום ההנדסה הפרמצבטית, במסגרת תוכנית הלימודים שפותחה ביחד עם הסקטור המסחרי. התואר משלב, מלבד לימודי הרקע, גם התנסות מעשית בתעשייה ומכשיר את הסטודנטים לעבודתם העתידית בסקטור. בכך מתאפשר להם לצאת לעבוד בתעשייה מיד לאחר סיום לימודיהם²⁷. בשנת 2005 נחנך באוניברסיטה הלאומית של סינגפור בית ספר לרפואה בהשקעה של מאות מיליוני דולרים²⁸. בשנת 2012 נחנך בבית ספר זה גם מרכז למחקר תרגומי (Translational Research).

כתוצאה מהפעילות הממשלתית, גדל לאורך השנים בהתמדה מספר המועסקים בייצור מוצרים פרמצבטיים וביולוגיים בסינגפור והגיע בשנת 2018 עד לפי 2 לערך משנת 2004 (איור 4). במקביל חלה עליה במספר מפעלי הייצור הביולוגיים והפרמצבטיים ואלו, בין היתר, יוצרים אופק תעסוקתי לבוגרי האקדמיה.

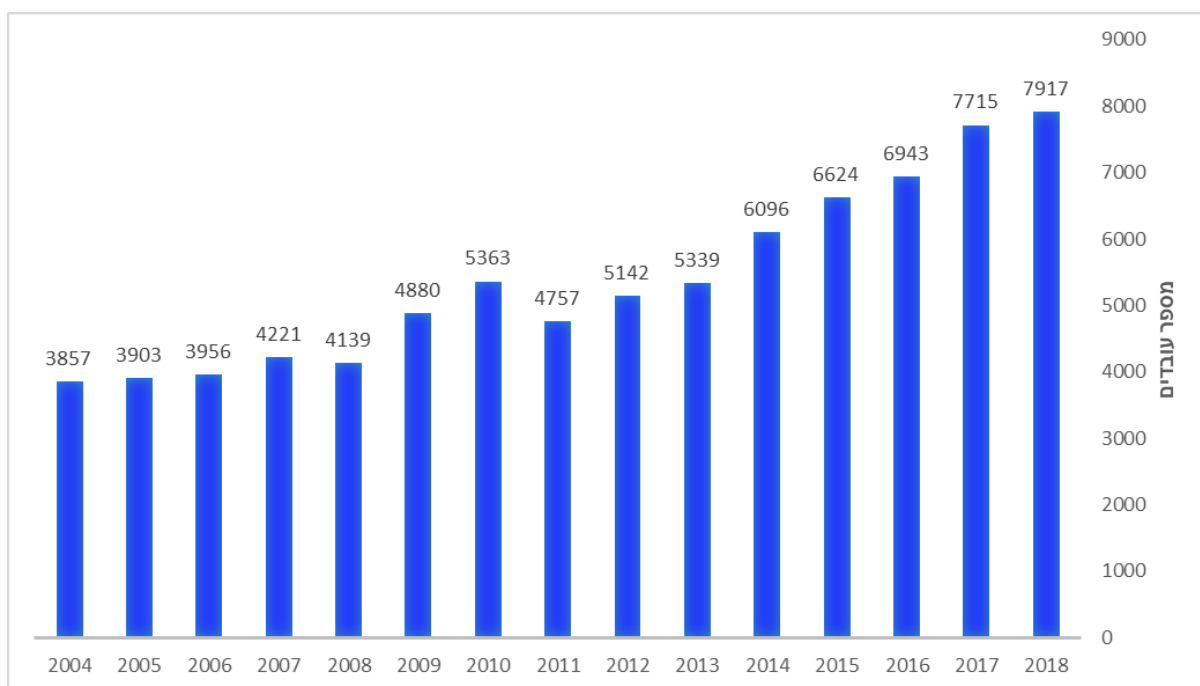
²⁵ (Singapore Ministry of Manpower, 2020)

²⁶ מודל זה קיים גם במדינות אחרות כגון דנמרק

²⁷ (Goh, 2013; "Overview of the Singapore PharmBio Sector," 2019; "Workforce Competency in the Biomedical Sciences Industry - medtech.sg,")

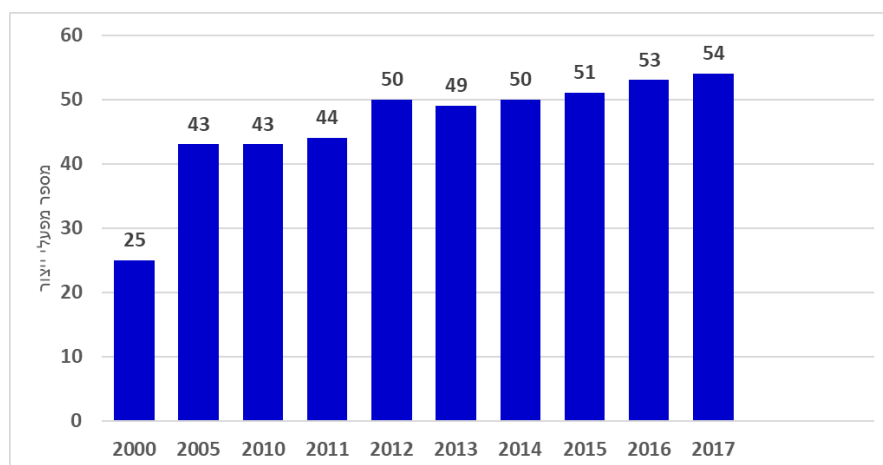
²⁸ (Sidhu, Ho, & Yeoh, 2014)

איור 4: מספר המועסקים בייצור מוצרים פרמצבטיים וביולוגיים בסינגפור (2004-2018)



מקור: עיבוד מוסד שמואל נאמן לנתוני ²⁹Yearbooks of Statistics Singapore

איור 5: מספר מפעלי הייצור של מוצרים פרמצבטיים וביולוגיים בסינגפור



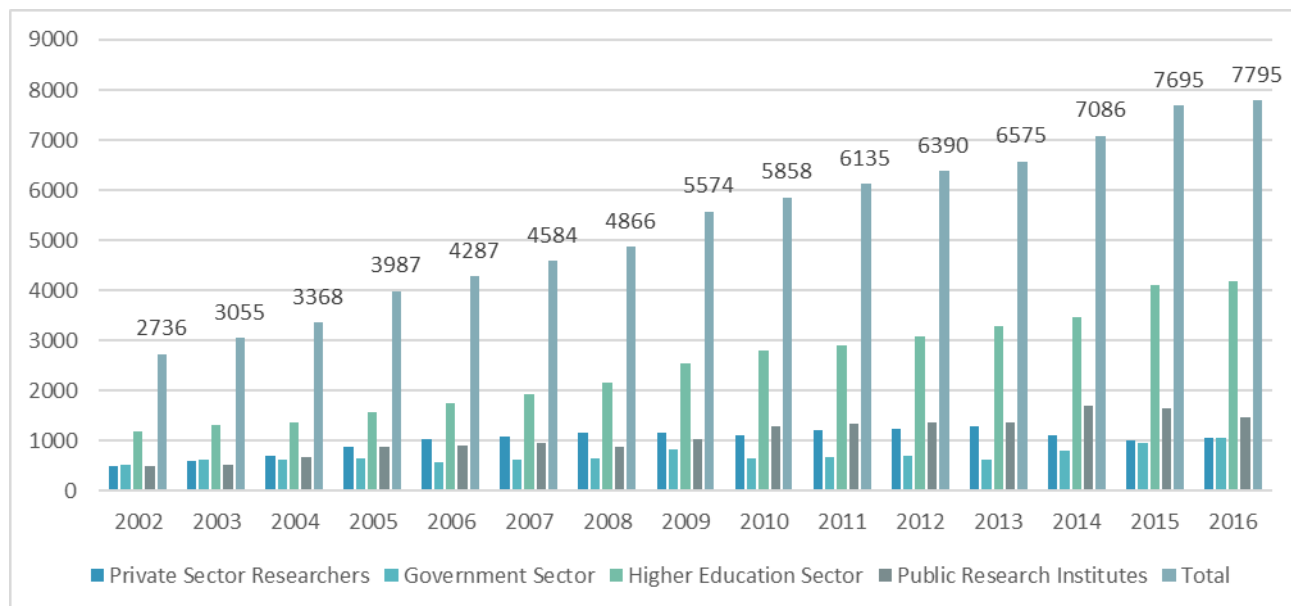
מקור: עיבוד מוסד שמואל נאמן לנתוני ³⁰Yearbooks of Statistics Singapore

כמו כן, חל גידול מתמיד במספר החוקרים בתחום הביימונד בסינגפור (איור 6).

²⁹ Yearbook of Statistics Singapore 2010, 2012, 2014, 2019

³⁰ Yearbook of Statistics Singapore 2012, 2018, 2019

איור 6: מספר החוקרים (Researchers)³¹ בתחום הביימוד בסינגפור (2002-2016)



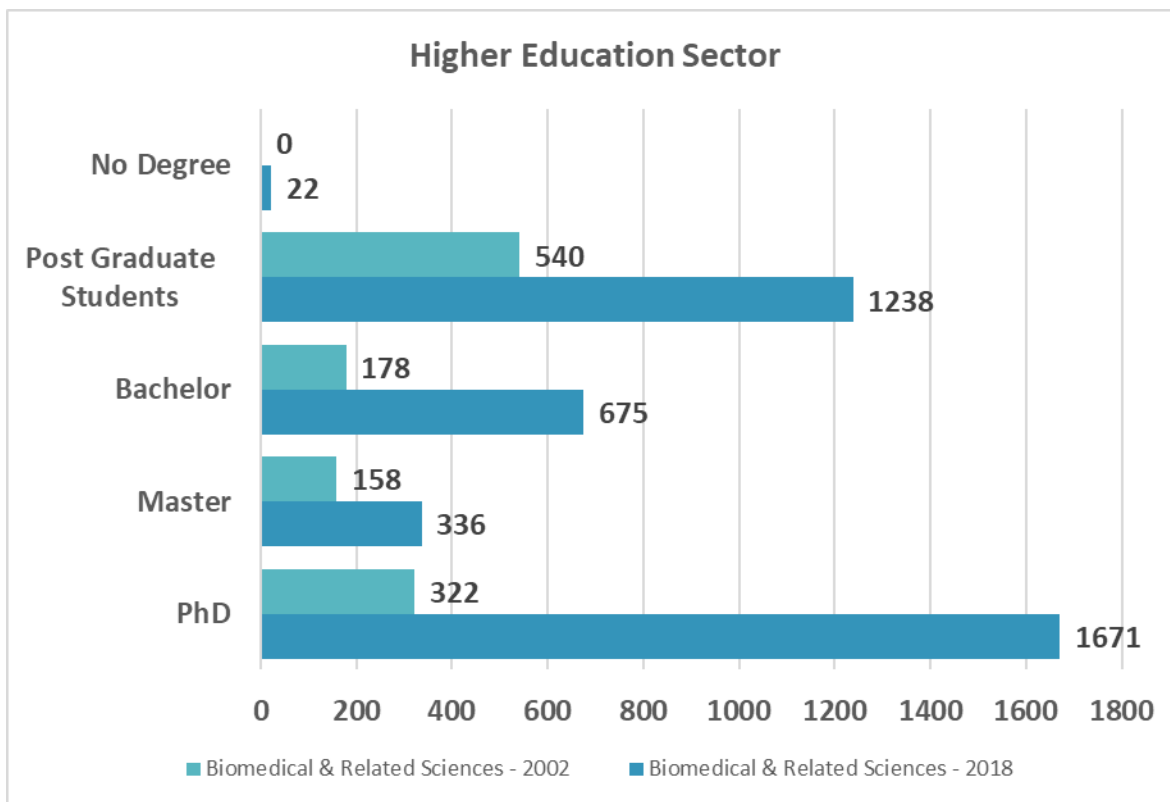
מקור: עיבוד מוסד שמואל נאמן לנתוני Singapore National Surveys of R&D³²

במגזר ההשכלה הגבוהה היה גידול משמעותי (של מעל פי 3) במספר החוקרים בתחום הביימוד בין השנים 2002-2018 כמתואר באיור 7.

³¹ "Researchers are professionals engaged in the conception or creation of new knowledge, products, processes, methods and systems, or in the management of the projects concerned. Managers and administrators engaged in the planning and management of the scientific and technical aspects of a researcher's work are categorized as researchers. Full-time postgraduate research students, at both the master degree and PhD level, are categorized as researchers" (National Survey of R&D in Singapore 2018).

³² Singapore National Surveys of R&D 2002-2016, Post Graduate Students כולל

איור 7: מספר החוקרים בתחום הביומד במגזר ההשכלה הגבוהה בסינגפור בחלוקה לתארים (2002) לעומת 2018)³³



מקור: עיבוד מוסד שמואל נאמן לנתוני Singapore National Survey of R&D (2018, 2002)

קידום הכשרתם ופעילותם של רופאים-חוקרים

פיתוח הון אנושי של רופאים – חוקרים (Clinician-Scientists) הוא נדבך חשוב ביצירת חדשנות כמו גם ביכולת לבצע מחקר תרגומי (Translational Research), ובכך לסייע בפיתוח סקטור הביומד. לפיכך, נושא זה זכה לתשומת לב מיוחדת של הממשלה בסינגפור. בכדי להכשיר ולפתח הון אנושי זה, הוצעו מספר תוכניות לימוד כמו גם מימון למחקר על ידי ה-NMRC (National Medical Research Council). מבין תוכניות אלו ניתן לציין את ה-Singapore Translational Research Investigator Award וה-Clinical Scientist Award.

חלק מהתוכניות, כגון Transition Award (פירוט בטבלה 2 להלן) שהחלה בשנת 2012, כוונו להגדלת מספר הרופאים-חוקרים הפעילים במדינה, לאחר שמספרם לא עלה באופן משמעותי על אף מאמצי הממשלה להשקיע בתחום³⁴. מטרת תוכנית זאת הינה לתמוך ברופאים-חוקרים בתחילת דרכם המקצועית. סקר שנערך בקרב מקבלי מענק זה ופורסם בשנת 2018, גילה שאוכלוסייה זאת מתמודדת עם קשיים המשותפים גם לרופאים-חוקרים

³³ Post Graduate Students הם סטודנטים לתואר שני ושלישי

³⁴ (Yoon, Koh, Ong, & Thumboo, 2018)

במקומות אחרים בעולם ובישראל³⁵ ובכלל זה חלוקת המטלות בין קליניקה למחקר, הצורך במסלול קריירה מובנה ובתמיכה במחקר (כולל הקצאת זמן מוגדר למחקר) בקרב המוסדות בהם הם עובדים³⁶. מספר דוגמאות לתוכניות השונות שמטרתן פיתוח והכשרת רופאים-חוקרים בסינגפור מופיע בטבלה 2 להלן.

³⁵ ראו לדוגמה פרסום מוסד נאמן בנושא בוגרי תארים במסלול המשולב רופא-חוקר באוניברסיטאות בישראל

³⁶ (Yoon et al.,2018)

טבלה 2: דוגמאות לתכניות מימון לעידוד הכשרתם ופעילותם של רופאים-חוקרים בסינגפור³⁷

שם התוכנית	Singapore Translational Research Investigator Award	Clinician Scientist Award	Healthcare Research Scholarship Master of Clinical Investigation	Transition Award	Clinician Innovator Award	Clinician Scientist Salary Support Program	Research Training Fellowship
מטרת התכנית	הבאת וטיפוח קלינאים – חוקרים מן השורה הראשונה בעולם לבצע מחקר תרגומי מתקדם בסינגפור. ניתן מימון משמעותי להתנעת תוכניות מחקר חדשות בתחום הביומד.	מימון מחקר ומשכורות לקלינאים-חוקרים להם רקורד של הצטיינות, בכדי לאפשר להם ביצוע מחקר תרגומי וקליני ברמה שיכולה להתחרות עם מוסדות מחקר מובילים בעולם.	מענה על דרישות הידע ומימון בסיסי של קלינאים במרכזים רפואיים המעוניינים לשלב מחקר מדעי מתקדם בעבודתם הקלינית.	מימון רופאים-חוקרים בתחילת דרכם שסיימו לא מכבר את הכשרתם הפורמלית. מטרת המענק היא להצמיח רופאים-חוקרים צעירים ולאפשר להם להגיע לעמדה בה יוכלו להשיג מימון יציב למחקר. מטרה ארוכת טווח נוספת היא להגדיל את מספר הרופאים-החוקרים בסינגפור. עדיפות ניתנת לתחומי מחקר כגון רפואה מותאמת אישית, בינה מלאכותית, אפידימיולוגיה ורפואת המשפחה.	תמיכה בקלינאים להם רעיונות על חדשניים על ידי מתן Seed Money ושכר כך שיוכלו להקדיש זמן לתכנון ולביצוע ניסוי פיילוט שיקדם את המצאתם.	תמיכה בקלינאים המעוניינים לבצע מחקר על ידי תשלום שכר עבור הזמן אותו הם מקדישים למחקר.	הכשרת קלינאים ללימוד מיומנויות נדרשות לקלינאים-חוקרים וטיפוח חוקרים מתחילים כך שיוכלו להפוך לחוקרים ראשיים.
מימון	סכום של SGP \$8 M לתקופה של 5 שנים	סכום של עד SGP \$675,000	מימון עלות תואר שני ומענק מחקר קטן בסך SGP \$5,000 מימון המשך של SGP \$ 20,000 לאחר אישור תכנית מתאימה לניסוי פיילוט	עד SGP \$ 375,000 ל-3 שנים	עד SGP \$100,000	SGP\$300,000- \$80,000	עד SGP \$500,000 לזוכה לשנתיים

³⁷ מקור: ("Talent Development - National Medical Research Council," 2015)

◀ הקמת מכוני מחקר מתקדמים במימון ממשלתי

בשלביה הראשונים של היוזמה בסינגפור, הממשלה החליטה להשקיע רבות בבניית התשתית שתאפשר מחקר מדעי ברמה בינלאומית, ותסייע בפיתוח התעשייה המקומית. כמו כן, מטרת יצירת מכוני המחקר הייתה להאיץ את יכולות המו"פ המקומיות ללא צורך בהמתנה ממושכת לבניית יכולות מסוג זה במגזר הפרטי וכן לעודד חברות רב לאומיות להקים מרכזים בסינגפור³⁸.

כחלק מהתוכנית, נוצרו תחת רשות המדע והטכנולוגיה A*Star³⁹ ועל ידי ה-National Medical Research Council (NMRC) הסינגפורי מכוני מחקר ציבוריים ומאגדים (Consortia) שמטרתם קידום המו"פ בתחומי הביימד. איור 8 מציג דוגמאות להקמתם של מכונים חדשים ושדרוגם של מכונים קיימים⁴⁰ (תיאור תחומי הפעילות של מכונים שונים מופיע בספח ב). כחלק מהשלב השני של התוכנית, הממשלתית, הוקצו משאבים רבים גם לתמיכה במחקר רפואי תרגומי באקדמיה ובמרכזים רפואיים. מימון זה כלל בין היתר, תקצוב פעילותם של רופאים-חוקרים, קידום המצוינות בתחום באוניברסיטאות, מימון פעילותן של יחידות מחקר קליני, בתי חיות ומעבדות מחקר⁴¹. ראוי לציין, כי בין השנים 2000-2013 גדל מספר הפרסומים המדעיים בתחומי הביוכימיה, גנטיקה וביולוגיה מולקולרית בסינגפור ב-622% (איור 9).

המדינה החלה להשקיע גם במאמצי מו"פ לפיתוח עצמאי של תרופות חדשניות, כחלק משאיפה ארוכת טווח של ממשלת סינגפור. בשנת 2019 הוקם מרכז לפיתוח תרופות ניסיוניות (EDDC)⁴². במרכז יש יותר ממאה חוקרים והוא הראשון מסוגו בסינגפור⁴³. המרכז יעבוד עם מכוני מחקר, גופים ממשלתיים (A*Star), בתי חולים, אוניברסיטאות וחברות כדי לממש את החזון של הפיכת תגליות מדעיות לתרופות חדשות.

איור 8: דוגמאות להקמתם ושדרוגם של מכוני מחקר מתקדמים לביצוע מחקר מדעי בתחום הביימד כחלק משלביה הראשונים של התוכנית הממשלתית בסינגפור (A*Star)

Genome Institute of Singapore	Bioinformatics Institute	Institute for Chemical Engineering Sciences	Institute for Bioengineering and Nanotechnology	Bioprocessing Technology Institute
2000	2001	2002	2003	2003
Singapore Bioimaging Consortium	Singapore Stem Cell Consortium	Singapore Immunology Network	Institute for Clinical Sciences	
2005	2005	2006	2007	

מקור: עיבוד של צוות מוסד נאמן ל-(Chiong, 2010)

³⁸ (Lim & Tai Wei, 2010)

³⁹ [Agency for Science Technology and Research \(A*Star\)](#)

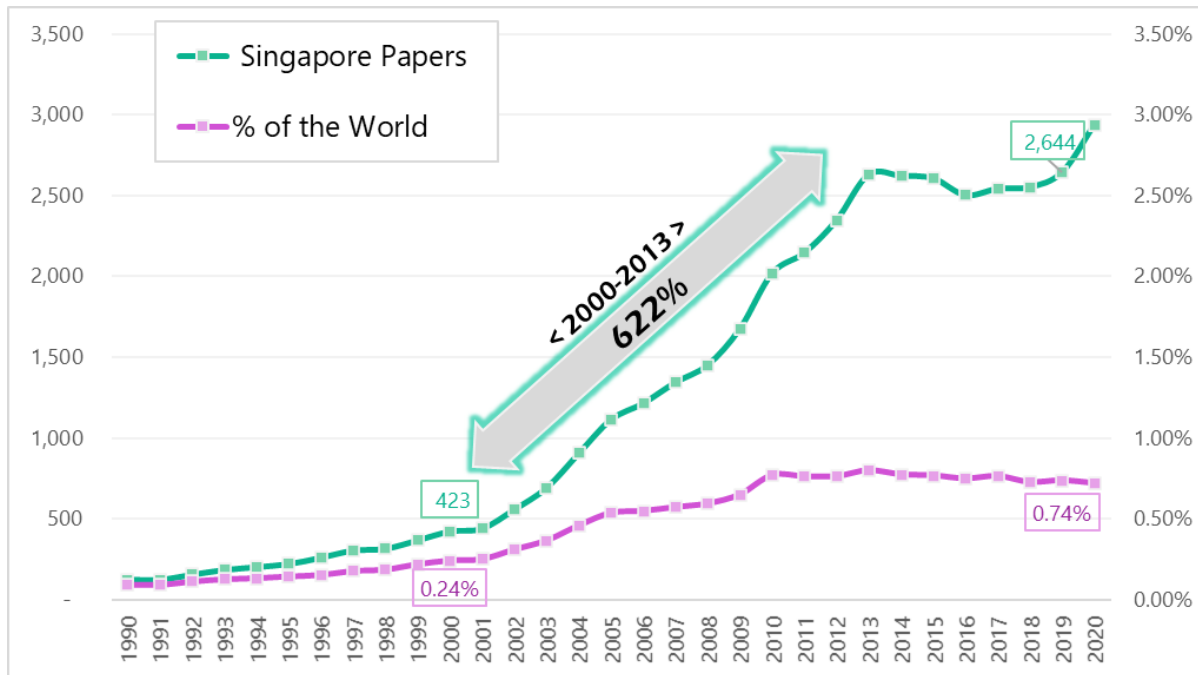
⁴⁰ (Chiong, 2010)

⁴¹ ככלל התמקד השלב השני של התוכנית (2005-2010) בעיקר בנושא המחקר התרגומי בעוד השלב הראשון (2000-2005) התרכז בבניית יכולות מחקר בסיסי

⁴² [Experimental Drug Development Centre - EDDC](#)

⁴³ (Ai-Lien, 2019)

איור 9: מספר הפרסומים המדעיים בתחומי הביוכימיה, הגנטיקה והבילוגיה המולקולרית בסינגפור (1990-2020)



מקור: עיבוד של צוות מוסד שמואל נאמן לנתוני מאגר המידע Scopus (נתוני 2020 אינם סופיים)

הבאת חברות ביומד רב-לאומיות לסינגפור

חלק אינטגרלי מתוך התוכנית הממשלתית עסק בהבאת חברות רב-לאומיות לסינגפור ושילובן באקו-סיסטם התעשייתי במדינה. הממשלה הכירה ביתרונות המשמעותיים שעשויים להיות למהלך מסוג זה, ובהם יצירת ידע מקצועי מקומי, השקעות כלכליות משמעותיות ותרומה ליצוא ועל כן עודדה חברות אלה למקם את מפעליהן בסינגפור.

מגוון דרכים שימשו להבאת חברות רב-לאומיות בשלביה השונים של היוזמה הסינגפורית. כמה מהן מפורטות להלן⁴⁴:

- אפשרות נוחה להשתמש במתקני מחקר ותשתיות מתקדמות העומדות בתקינה (Plug and Play Strategy).
- תיאום בין תכניות ההכשרה לנדרש בפועל -הכשרת הון אנושי דובר אנגלית ברמה גבוהה, מתאים ומיומן לתפקידים הנדרשים בתעשייה.
- אקו-סיסטם חדשני המאפשר קשרים הדוקים בין התעשייה, האקדמיה ומכוני מחקר ציבוריים.
- שער כניסה לשוק הגדול באסיה.
- מחויבות ממשלתית ארוכת טווח לתמיכה בתחום הביומד.
- מדיניות של מיסוי מופחת והענקת תמריצים.
- סביבה עסקית תומכת.

⁴⁴ ("Asianovation: How Asia and Singapore have become global magnets for innovation centres," 2018; Koenig & Sangarneria, 2016; Selko, 2015)

הממשלה עודדה סטודנטים למצוא משרות בחברות מחוץ לסינגפור. תוכניות במימון ממשלתי כגון Biological Overseas Training Program (BOOST)⁴⁵ סייעו לבוגרים לרכוש הכשרה מעשית באמצעות עבודה בחברות מובילות בעולם ומטרתן ליצור הון אנושי בעל ידע רלוונטי לתעשייה.

מנגנון נוסף שנגקט על ידי הממשלה היה פיתוח קשר רציף בין הנהלת החברות הרב לאומיות לבין הגורמים האומנים על הנושא ב Economic Development Board בסינגפור. שיתוף פעולה ישיר זה השפיע על פיתוח קשר טוב עם החברות. זאת, בהמשך לעבודת מיפוי שנעשתה בממשלה בה זוהו החברות המתקדמות היכולות לקדם את התעשייה המקומית⁴⁶.

כיום ל-8 מתוך 10 חברות הפארמה הגדולות בעולם מתקנים בסינגפור. חברות אלו פעילות בתחומי הייצור, מחקר קליני, ומרכזי מו"פ חדשני, ומייצרות 4 מתוך 10 תרופות המרשם רבות המכר בעולם⁴⁷. דוגמאות לפעילויות מו"פ וייצור של חברות רב לאומיות בסינגפור מופיעות בנספח א.

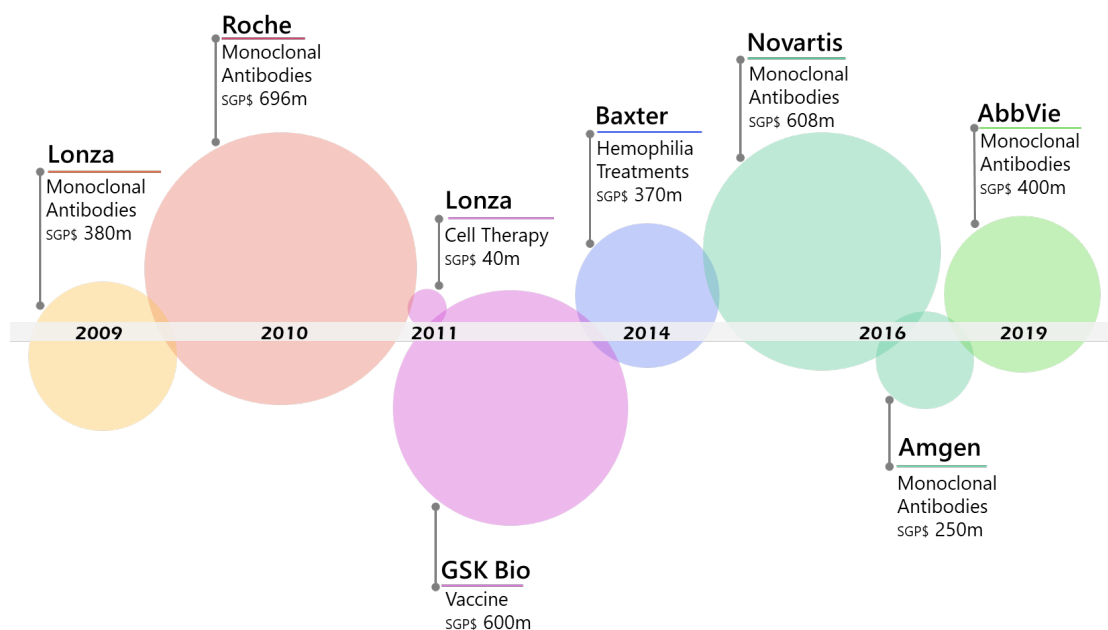
איור 10 מתאר דוגמאות להשקעותיהן של חברות רב לאומיות בהקמתם של מפעלי ייצור למוצרים ביולוגים בסינגפור לאורך השנים 2009-2019. הסכום הכולל של השקעות אלו עמד בפרק זמן זה על למעלה מ- SGP \$3 B.

⁴⁵ (Selko, 2015)

⁴⁶ (Brantley, 2002)

⁴⁷ ("Pharmaceuticals & Biotechnology | EDB," 2019)

איור 10: דוגמאות להשקעותיהן של חברות רב לאומיות במפעלי יצור למוצרים ביולוגיים בסינגפור בין השנים 2009-2019⁴⁸



מקור: עיבוד של צוות מוסד נאמן לנתוני ("Background on Singapore Biologics Manufacturing Industry")

הקמת קרן ממשלתית להשקעה בחברות ביומד ולחיזוק האקו-סיסטם המקומי

כחלק מהמאמצים לייסד ולהצמיח את תעשיית הביומד בסינגפור החלה ממשלת סינגפור להפעיל בראשית שנות ה-2000 קרן השקעות בשם Bio*One Capital. מטרת הקרן בעת הקמתה הייתה בין היתר לגשר על העדר קרנות השקעה מקומיות בתחום הביומד ולתמוך בהקמת תעשייה מקומית הפונה לשוק האסייתי דרך פעילותן בסינגפור של חברות מקומיות ובינלאומיות. בשנת 2007 ניהלה קרן זאת כספים בהיקפים של \$600M USD ובשנת 2012 כ- \$800M USD.⁴⁹

פעילותה ומדיניות השקעותיה של הקרן הייתה משולבת עם הגופים האחרים האמונים על הצמחת תחום הביומד בסינגפור. בתוך כך, יצרו החברות בהן השקיעו, גם שיתופי פעולה עם מכוני המחקר הממשלתיים.⁵⁰

בשל העובדה שבתחילת שנות ה-2000 היה מעט יחסית מו"פ מסחרי בתחום הביומד בסינגפור, אחת המטרות הראשונות של הקרן הייתה להשקיע גם בחברות קטנות הנמצאות בשלבים מוקדמים של מו"פ, וזאת על מנת להצמיח את התחום. בשלבים מאוחרים יותר, התמקדו ההשקעות גם בחברות בשלות יותר. השקעות אלו שהמריצו חברות להקים מרכזים בסינגפור, תרמו לפיתוחו של הידע המקומי וההון האנושי המתאים, דבר שהיווה זרז להגעת חברות נוספות. במשך השנים השקיעה הקרן משאבים גם בפיתוחן של תרופות חדשות, כדוגמת ההשקעה בחברת Merlion Pharma.⁵¹

⁴⁸ סכומי ההשקעות הם בעת ההכרזה על ההקמה

⁴⁹ (Lane, 2012; "Singapore biotech industry highlights," 2007; J. Wong, 2011)

⁵⁰ ("Interview with Swee-Yeok CHU, CEO & President, EDBI/Bio One Capital | PharmaBoardroom," 2012)

⁵¹ (Lane, 2012)

החזון שהנחה בעבר ומלווה גם כיום את היוזמה לפיתוח תחום הביומד בסינגפור הוא מיצובה של המדינה כמוקד ידע ושער מסחרי לאסיה, כמו גם יצירת נדבך כלכלי נוסף ומנוע צמיחה למשק המקומי. בכדי לממש חזון זה, נבנו בסינגפור יכולות טכנולוגיות בקנה מידה בינלאומי בכל שרשרת הערך - החל ממחקר מדעי וקליני ברמה גבוהה, דרך תהליכי גילוי ופיתוח של תרופות חדשניות וכלה בתעשייה יצרנית מתקדמת⁵². למאמצים אלו התלוותה תכנית סדורה להכשרת ההון האנושי המתאים למימוש החזון. בתחילת שנות האלפיים, טרם הוצאתם לפועל של תוכניות הממשלה, ערכה המדינה בחינה של מאמצים דומים בעולם, וזאת בכדי לאמץ מודלים מצליחים ושיטות שהוכיחו את יעילותן במדינות אחרות.

המעורבות הממשלתית בפיתוח תחום הביומד במדינה באה לידי ביטוי בהשקעות פיננסיות משמעותיות בהיבטים השונים של הפעילות. הממשלה אימצה גישה של Top-Down בה מאמצים מתואמים של הרשויות השונות מתועלים לממש את היבטיה השונים של התוכנית ובכלל זאת בניית יכולות מו"פ מתקדם בסקטורים הציבוריים והאקדמיים. בתחילת התוכנית התגבשה הבנה כי היכולות המקומיות אינן בשלות עדיין ועל כן נעשה מאמץ משמעותי לייבא ידע למדינה ובכלל זה למשך חברות רב-לאומיות ומדענים מצטיינים שסייעו בבניית בסיס הידע המקומי. על בסיס התובנה שיש ליצור אקו-סיסטם בו עובדים המגזרים השונים בצורה משולבת, נבנה פארק גדול למדעי החיים (Bio-Polis)⁵³ בו נמצאים בסמיכות גאוגרפית מכוני מחקר ממשלתיים, קמפוסים של אקדמיה, חברות תעשייה, בתי חולים ובתי ספר לרפואה. בעקבות היוזמה וההשקעות המשמעותיות, חל גידול בייצוא, במספר המועסקים בייצור ובמחקר, ובמפעלי הייצור המקומיים בתחום הביומד.

על אף הבדלים רבים בין סינגפור לישראל, קיימות מספר תובנות חשובות שניתן ללמוד מהיוזמה בסינגפור. אלו מובאות בקצרה להלן:

- ביסוס היוזמה על חזון ומחויבות ממשלתית ארוכי טווח המגובים בתקציבים ניכרים, וזאת בהתאם לאופי תעשייה זאת, הדורשת זמן רב יחסית להבשלה ולהגעה לייצור מוצרים המשווקים באופן מסחרי (בייחוד בתחום התרופות).
 - ביצוע התוכנית בשלבים, כאשר בשלב הראשון התוכנית התמקדה בבניית התשתית ומיומנויות ההון האנושי ואחר כך במחקר תרגומי ובמסחר.
 - בניית יכולות מו"פ מובילות באמצעות השקעה בתשתיות, במדענים ובטכנולוגיות מהמובילות בעולם, כולל גיוס מוקדי ידע מן החוץ.
 - יצירת אפשרות נוחה לשיתוף פעולה והחלפת ידע בין הסקטורים השונים באמצעות קיבוצם (clustering) הגאוגרפי של גופים מסקטורים שונים.
 - הקצאת תקציבים למחקר ממוקד הנוגע למחלות אופייניות לאוכלוסייה באזור הגיאוגרפי.
 - מינוף יכולותיהן של חברות רב-לאומיות לפיתוח התעשייה היצרנית, ובכלל זאת הקמת מפעלי תעשייה לייצור תרופות רבות מכר.
 - הקניית מיומנויות רלוונטיות להון האנושי המקומי, בתיאום בין חברות רב-לאומיות ומערכת ההשכלה הגבוהה.
 - תיאום בין הרשויות השונות האמונות על יישומה בפועל של תוכנית האב הממשלתית.
 - מתן דגש לתעשייה יצרנית במקביל להשקעה במו"פ חדשני במרכזי המחקר ובאקדמיה.
- במיוחד רלוונטיים לישראל הם מאמצים שמטרתם לאפשר את שגשוגה של היזמות המקומית ואת תרומתן של חברות בינלאומיות עתירות ידע לקידום האקו-סיסטם המקומי. מינוף היזמות הישראלית

⁵² (Rai, 2006)

⁵³ מידע נוסף אודות Bio-Polis ושלבי הקמתו ניתן למצוא ב- ("Biopolis - Wikipedia," 2020)

לבניית תעשייה יצרנית ברת-קיימא בתחום הביומד, הינה אתגר העומד כיום בפני כלכלת ישראל. מספר גישות להתמודדות עם אתגר זה ניתן ללמוד מניסיונה של סינגפור בעשרים השנים האחרונות. לדברי הרשות לחדשנות, תחום הביומד יכול להוות מנוע צמיחה עתידי למשק הישראלי⁵⁴. צוות מדע, טכנולוגיה וחדשנות במוסד נאמן עוסק למעלה משנתיים בנושא זה.

⁵⁴ הרשות לחדשנות על Bio-Convergence כמנוע הצמיחה החדש של ההיי-טק הישראלי
("Bio-Convergence | Israel Innovation Authority")

טבלה 3: דוגמאות לפעילותן של חברות רב-לאומיות בסינגפור

Year	MNC	Facility	Investment (SGP \$)	Description	Source
Manufacturing Facilities					
2004	Pfizer	Manufacturing Plant	\$600M	Proposed in 2000 as part of Singapore's phase I of biomedical science initiative. Manufactures drug substances for the worldwide market.	("Pfizer's Bulk Pharmaceuticals Facility, Tuas, Singapore - Pharmaceutical Technology," 2018)
2003	MSD	Formulation Manufacturing Facility	\$100M	More than 15,000 sq. m. for manufacturing cholesterol related medication	("Merck Sharpe & Dohme Formulation Plant - Pharmaceutical Technology,")
2000-2007	Schering-Plough	Manufacturing Plants	\$450M	Production facilities for medications	("Schering-Plough Production and R&D Facilities - Pharmaceutical Technology,")
2009	GSK	Manufacturing Plant	\$600M	Vaccine manufacturing facility	("GlaxoSmithKline Opens \$600 million Vaccine Plant in Singapore," 2009)
2016	AbbVie	Small molecule active pharmaceutical ingredient (API) Biologics manufacturing Facility	\$400M	More than 120,000 sq. m. site expected to employ about 250 skilled localemployees from various disciplines	("AbbVie Opens First Phase of its Global Manufacturing Facility in Singapore to Support the Growth of its Pipeline AbbVie News Center," 2016)
R&D Facilities					
2002	Pharmaceuticals Research	R&D Center	\$142M	Research on drugs related to cancer and other diseases related to Asians	(P.-K. Wong, 2007)
2007	Bayer	Innovation Center Singapore	Over \$27M in partnership until 2018	Collaborative research with academia and biotech companies. Partnership in translational research with Asian centers of excellence to tackle major diseases prevalent in Asia.	("Asianovation: How Asia and Singapore have become global magnets for innovation centres," 2018; "Innovation Center Singapore Bayer Open Innovation,")
2008	GSK	R&D facility	~ \$170M	Manufacturing new drugs through innovative process developmentand optimisation for large-scale production.	(Mansell, 2008)
2016	Ferring	R&D Partnerships with hospitals, research institutions and universities	\$10M	Focus on prioritised therapeutic areas including infertility, obstetrics, gastroenterology and urology. Get closer to markets to meet the needs of patients in the geographical areas.	("Ferring Pharmaceuticals opens Asia Pacific headquarters in Singapore - Ferring Corporate," 2016)
2017-2021	Chugai Pharma	R&D Center for Biopharmaceuticals	\$296M	Development of therapeutic antibodies for commercial use	(Lee, PC (2017). "Japan's Chugai Pharma to inject nearly \$300 mil into Singapore bio drug lab by 2021 The Edge Singapore,")

טבלה 4: דוגמאות להקמת תשתיות בתמיכת A*Star במסגרת שלביה הראשונים של היוזמה לפיתוח מגזר הביומד בסינגפור – (שלב א הקמת המסד למחקר מדעי בסיסי)

Year Established	2000	2001	2002	2003	2003
Initiative	Genome Institute of Singapore	Bioinformatics Institute	Institute for Chemical Engineering Sciences	Institute of Bioengineering and Nanotechnology	Bioprocessing Technology Institute
Aims	Use genomic sciences to achieve improvements in human health and public well-being.	Research of biomolecular mechanisms that underlie for biological processes. Training of students and instructors in bioinformatics.	Train R&D manpower, create a firm science base and technology infrastructure to support growth.	Cross-disciplinary research converging biology and chemistry with engineering. Fostering innovative research for the benefit of society.	Become a strategic collaborator in bioprocess engineering, placing Singapore as a leading hub.
Institute's Website	https://www.a-star.edu.sg/gis/	http://www.bii.a-star.edu.sg/	https://www.a-star.edu.sg/ices	https://www.a-star.edu.sg/ibn	https://www.a-star.edu.sg/bti/About-Us/Vision-and-Mission

טבלה 5: דוגמאות להקמה ושדרוג תשתיות בתמיכת A*Star במסגרת שלביה הראשונים של היוזמה לפיתוח מגזר הביומד בסינגפור - (שלב ב התמקדות במחקר תרגומי)

Year	2005	2005	2006	2006	2007	2007 ⁵⁵
Initiative	Singapore Bioimaging Consortium	Singapore Stem Cell Consortium (within Inst. of Medical Biology)	Singapore Immunology Network	Experimental Therapeutics Center (currently part of the Experimental Drug Discovery Center)	Singapore Institute for Clinical Sciences	Institute of Medical Biology (former Center of Molecular Medicine)
Aims	Develop bioimaging applications, as well as promote the collaboration of national bioimaging efforts together with partners from different sectors	Create translational research capabilities in stem cells and integrate basic science with clinical experience	Conduct advanced translational immunological research for promoting societal well-being Talent development	Conducting proof-of-concept studies Translation of early-stage discoveries into drug candidates with partners from different sectors using various methods such as high throughput screening and medicinal chemistry	Implement translational research programs, for 'bench to bedside' research. Train clinician-scientists and develop collaborative programs with various sectors (such as academia and medical centers) ⁵⁶	Understand human disease mechanisms, and discover innovative solutions for promoting well-being. Focus on link of basic science and clinical medicine for the benefit of the biomedical industry
Institute's Website	https://www.a-star.edu.sg/sbic	See description in: https://stemcellforum.org/about-the-is-cf/members/singapore-biomedical-research-council.cfm	https://www.a-star.edu.sg/sign/	Integrated in 2019 into the Experimental Drug Discovery Center: https://www.a-star.edu.sg/eddc	https://www.a-star.edu.sg/sics/	https://www.a-star.edu.sg/imb

⁵⁵ The Institute will cease its operations in March 2021

⁵⁶ ("Singapore Institute for Clinical Sciences | EpiGen," 2020)

טבלה 6: דוגמאות להקמה ושדרוג תשתיות בתמיכת ה-National Medical Research Council-
הסינגפורי במסגרת היוזמה לפיתוח סקטור הביומד במדינה

Year	2001	2008	2009	2014
Initiative	National Large Animal Research Facility	Singapore Clinical Research Institute	Cell Therapy Facility	National Health Innovation Center
Aim	Support of biomedical research and training in line with international standards and animal care ethics ⁵⁷	A national research organization established for improving the standards of human clinical research conduction of leading clinical research through partnerships with academia and commercial sectors	Good Manufacturing Practice (GMP) national facility service for medical and scientific researchers, creating cell therapy products	Provides funding and guidance to public sector clinical research. Supports the development of innovative technologies and translational research.
Institute's Website	https://www.nmrc.gov.sg/grants/enablers-infrastructure/nlarf	https://www.scri.edu.sg/about-us/about-scri/	https://www.nmrc.gov.sg/grants/enablers-infrastructure/nctf-hsa	http://nhic.sg/web/index.php/about-us/what-we-do

⁵⁷ ("National Large Animal Research Facility by SingHealth Duke-NUS Office of Research - issue," 2015)

- 13th BMS IAC meeting announces key achievements in Translational Clinical Research efforts in Singapore. (2008). Retrieved December 18, 2018, from <https://www.a-star.edu.sg/News-and-Events/News/Press-Releases/ID/581>
- AbbVie Opens First Phase of its Global Manufacturing Facility in Singapore to Support the Growth of its Pipeline | AbbVie News Center. (2016). Retrieved December 13, 2018, from <https://news.abbvie.com/news/abbvie-opens-first-phase-its-global-manufacturing-facility-in-singapore-to-support-growth-its-pipeline.htm>
- Ai-Lien, C. (2019). New centre to take drug discovery to next level | The Straits Times. Retrieved January 11, 2021, from <https://www.straitstimes.com/singapore/new-centre-to-take-drug-discovery-to-next-level>
- Aravindan, A. (2020). Pharma exports a rare bright spot for Singapore economy as pandemic drives demand | Reuters. Retrieved December 20, 2020, from <https://www.reuters.com/article/health-coronavirus-singapore-pharmaceuti/pharma-exports-a-rare-bright-spot-for-singapore-economy-as-pandemic-drives-demand-idUKL4N2D8199>
- Asianovation: How Asia and Singapore have become global magnets for innovation centres. (2018). Retrieved December 13, 2018, from <https://www.edb.gov.sg/en/news-and-resources/insights/innovation/asianovation-how-asia-and-singapore-have-become-global-magnets-for-innovation-centres.html>
- Background on Singapore Biologics Manufacturing Industry. Retrieved January 16, 2019, from http://www.ssg-wsg.gov.sg/content/dam/ssg-wsg/ssgwsq/news/media-release/SMDP/Annex_B-About_Spore_Biologics_Manuf_Ind.pdf
- Bio-Convergence | Israel Innovation Authority – רשות החדשנות. Retrieved December 20, 2020, from <https://innovationisrael.org.il/magazine/5101>
- Biomedical Sciences International Advisory Council Gives The Thumbs-Up To Singapore's Biomedical Science Efforts. (2003). Retrieved December 18, 2018, from <https://www.a-star.edu.sg/News-and-Events/News/Press-Releases/ID/353>
- Biopolis - Wikipedia. (2020). Retrieved December 20, 2020, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Biopolis>
- Brantley, D. (2002). SINGAPORE'S BIOMEDICINE INITIATIVE PRESCRIPTION OF GROWTH. Retrieved November 28, 2018, from <https://www.slideshare.net/ANIRBANCHOUDHURY1/singapores-biomedicine-initiative-prescription-of-growth>
- Brennan, Z. (2014). Singapore develops plan to support influx of biomanufacturing. Retrieved December 2, 2018, from <https://www.biopharmareporter.com/Article/2014/12/16/Singapore-develops-plan-to-support-influx-of-biomanufacturing>
- Chiong, L. W. (2010). Overview of Singapore's Biomedical Science Initiative. *Synthesis-and-Proceedings-of-the-APEC-Seminar-on-Trade-in-Health-Services*. Retrieved from <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VnLASjACo2sJ:https://www.apec.org/-/media/APEC/Publications/2010/7/Synthesis-and-Proceedings-of-the-APEC-Seminar-on-Trade-in-Health-Services/TOC/Annex-9-Overview-of-Singapores-Biomedical-Sciences-Initi>

- DUKE-NUS Transforming Medicine Improving Lives, 2008 Retrieved December 6, 2018 from https://www.duke-nus.edu.sg/sites/default/files/About/DukeNUS%2010th%20Anniversary%20Factsheet_2015.pdf
- Ferring Pharmaceuticals opens Asia Pacific headquarters in Singapore - Ferring Corporate. (2016). Retrieved December 13, 2018, from <https://www.ferring.com/en/media/press-releases/ferring-pharmaceuticals-opens-asia-pacific-headquarters-in-singapore/>
- GlaxoSmithKline Opens \$600million Vaccine Plant in Singapore. (2009). *Asiabiotech*, 13(7). Retrieved from https://www.asiabiotech.com/13/1307/0045_0045.pdf
- Goh, J. C. H. (2013). Manpower development for the biomedical industry space. In *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (Vol. 2013, pp. 3138–3141). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6610206>
- Health and Biomedical Sciences International Advisory Council. (2018). Retrieved December 17, 2018, from <https://www.a-star.edu.sg/About-A-STAR/Biomedical-Research-Council/Health-and-Biomedical-Sciences-International-Advisory-Council>
- History | NUS Engineering - National University of Singapore. Retrieved November 27, 2018, from <https://www.eng.nus.edu.sg/about-us/history/>
- Innovation Center Singapore | Bayer Open Innovation. Retrieved December 13, 2018, from <https://innovate.bayer.com/what-we-offer/innovation-center-singapore/>
- International Advisory Panel Endorses The Formation Of The Cancer Syndicate Aimed At Coordinating Cancer Research In Singapore. (2002). Retrieved December 18, 2018, from <https://www.a-star.edu.sg/News-and-Events/News/Press-Releases/ID/422>
- Interview with Swee-Yeok CHU, CEO & President, EDBI/Bio One Capital | PharmaBoardroom. (2012). Retrieved December 26, 2018, from <https://pharmaboardroom.com/interviews/interview-with-swee-yeok-chu-ceo-president-edbi-bio-one-capital/>
- Lee ,PC (2017) Japan’s Chugai Pharma to inject nearly \$300 mil into Singapore bio drug lab by 2021 | The Edge Singapore. Retrieved December 13, 2018, from <https://www.theedgesingapore.com/japans-chugai-pharma-inject-nearly-300-mil-singapore-bio-drug-lab-2021/>
- Koenig, H., & Sanganageria, A. (2016). Growing Singapore’s biomedical R&D | KPMG | SG. Retrieved from <https://home.kpmg.com/sg/en/home/media/press-contributions/2016/03/growing-singapore-biomedical-r-and-d.html>
- Lane, E. (2012). *Singapore Bio*One Capital Eyes Services Data and Devices in Investment Push*. Retrieved from <https://www.edbi.com/docs/default-source/default-document-library/singapores-bio-one-capital-eyes-services-data-and-devices-in-investment-push.pdf?sfvrsn=0>
- Lim, H., & Tai Wei, L. (2010). *Sustainable Development Impacts of Investment Incentives: A Case Study of the Pharmaceutical Industry in Singapore*. Retrieved from https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/sd_impacts_singapore.pdf
- Mansell, P. (2008). GSK opens \$116 million R&D pilot plant in Jurong, Singapore. Retrieved from [http://www.pharmatimes.com/news/gsk_opens_\\$116_million_r_and_d_pilot_plant_in_jurong_singapore_987470](http://www.pharmatimes.com/news/gsk_opens_$116_million_r_and_d_pilot_plant_in_jurong_singapore_987470)

- Merck Sharpe & Dohme Formulation Plant - Pharmaceutical Technology. Retrieved December 13, 2018, from <https://www.pharmaceutical-technology.com/projects/merck/>
- National Large Animal Research Facility by SingHealth Duke-NUS Office of Research - issuu. (2015). Retrieved December 20, 2020, from https://issuu.com/singhealthresearch/docs/singhealth_national_large_animal_re
- New singapore laboratory - News - Merck Group. (2018). Retrieved December 13, 2018, from <https://www.merckgroup.com/en/news/new-singapore-laboratory-21-09-2018.html>
- Overview of the Singapore PharmBio Sector. (2019). Retrieved December 20, 2020, from <https://vcf.mycareersfuture.sg/resources/content/0b87b993ce809dddd521c3088c3c4bcf.pdf>
- Pfizer's Bulk Pharmaceuticals Facility, Tuas, Singapore - Pharmaceutical Technology. (2018). Retrieved December 13, 2018, from <https://www.pharmaceutical-technology.com/projects/pfizer-bulk-pharmaceutical/>
- Pharmaceuticals & Biotechnology | EDB. (2019). Retrieved December 11, 2018, from <https://www.edb.gov.sg/en/our-industries/pharmaceuticals-and-biotechnology.html>
- Programmes and initiatives which will be rolled out under Sectoral Manpower Development Plan (SMDP).. Retrieved January 15, 2019, from http://www.ssg-wsg.gov.sg/content/dam/ssg-wsg/ssgwsg/news/media-release/SMDP/Annex_C-Programmes_under_SMDP.pdf
- Rai, S. S. (2006). Overview of the BMS Industry. *Asia Pacific Biotech News*, 10(8), 404–406. Retrieved from www.asiabiotech.com
- Research Innovation Enterprise 2020 Plan. (2018). Retrieved December 16, 2018, from <https://www.nrf.gov.sg/rie2020>
- Schering-Plough Production and R&D Facilities - Pharmaceutical Technology. Retrieved December 13, 2018, from <https://www.pharmaceutical-technology.com/projects/schering-plough-production-singapore/>
- Sectoral Manpower Development Plan (SMDP). (2016). Retrieved December 2, 2018, from <http://www.ssg.gov.sg/programmes-and-initiatives/manpower-lean-productivity/sectoral-manpower-plan.html>
- Selko, A. (2015). Singapore's Secret to Attracting Biotech Companies. Retrieved December 13, 2018, from <https://www.industryweek.com/expansion-management/singapores-secret-attracting-biotech-companies>
- Sidhu, R., Ho, K.-C., & Yeoh, B. S. A. (2014). Singapore: Building a Knowledge and Education Hub. In *International Education Hubs* (pp. 121–143). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7025-6_8
- Singapore National Survey of R&D (2002-2016, 2018) National Research Foundation, Agency for Science, Technology and Research Singapore
- Singapore biotech industry highlights. (2007). *Biotechnol. J.*, 2, 1321–1324. Retrieved from www.biotechnology-journal.com
- Singapore Institute for Clinical Sciences | EpiGen. (2020). Retrieved December 20, 2020, from <https://www.epigenrc.com/singapore-institute-clinical-sciences>

- Singapore Ministry of Manpower. (2020). Jobs Situation Report (26 August 2020). Retrieved December 20, 2020, from <https://www.mom.gov.sg/newsroom/press-releases/2020/0826-jobs-situation-report-26-august-2020>
- Singapore's biomedical sciences R&D effort gets boost of S\$3.7 billion | A*Star Singapore (2010). Retrieved January 11, 2021 from https://www.eurekaalert.org/pub_releases/2010-12/afst-sbs122810.php
- Talent Development - National Medical Research Council. (2015). Retrieved January 16, 2019, from <http://www.nmrc.gov.sg/grants/talent-development>
- The Duke NUS Story, National University of Singapore (2014). Retrieved January 10 2021 from <https://www.valuemd.com/duke-nus.php>
- Wong, J. (2011). *Betting on Biotech: Innovation and the Limits of Asia's Developmental State*. Cornell University Press.
- Wong, P.-K. (2007). Commercializing biomedical science in a rapidly changing “triple-helix” nexus: The experience of the National University of Singapore. *J Technol Transfer*, 32, 367–395. <https://doi.org/10.1007/s10961-006-9020-0>
- Workforce Competency in the Biomedical Sciences Industry - medtech.sg. Retrieved December 2, 2018, from <http://www.medtech.sg/workforce-competency-in-the-biomedical-sciences-industry/>
- World's Leading Biomedical Scientists To Speak In Singapore. (2001). Retrieved December 18, 2018, from <https://www.a-star.edu.sg/News-and-Events/News/Press-Releases/ID/465>
- Yearbook of Statistics Singapore (2010, 2012, 2014, 2019), Department of Statistics, Ministry of Trade & Industry, Republic of Singapore
- Yoon, S., Koh, W. P., Ong, M. E. H., & Thumboo, J. (2018). Factors influencing career progress for early stage clinician-scientists in emerging Asian academic medical centres: A qualitative study in Singapore. *BMJ Open*, 8(3), 20398. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020398>

מדע וטכנולוגיה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 3200003
www.neaman.org.il