

פרויקט קורס ויזואליזציה של מידע

סמסטר א', 2022

המרצה: פרופ' גלעד רביד

מגישים:

טל קורדובה 203868187

דור זזון 312237803

איתי קויפמן 311237184

תוכן עניינים

[תיאור הנתונים 2](#_Toc90816265)

[וויזואליזציות קודמות 2](#_Toc90816266)

[התפלגות ייצור לפי סוג דלק בשנת 2020 (MWH) 2](#_Toc90816267)

[צריכה לפי סקטורים (במונחי TWh) 3](#_Toc90816268)

[צריכה לפי סקטורים (במונחי TWh) 4](#_Toc90816269)

[דקות אי אספקה בממוצע לצרכן – לצרכני קווי מתח גבוה (במונחי דקות) 5](#_Toc90816270)

[ויזואליזציות חדשות 6](#_Toc90816271)

[השוואה בין קרינה סולארית לייצור חשמל כולל 6](#_Toc90816272)

[התפלגות ייצור חשמל בין הסקטורים השונים לאורך השנים 9](#_Toc90816273)

[קשר בפועל בין קרינה סולרית לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות 11](#_Toc90816274)

[התפלגות ייצור חשמל על פי חודשי השנה 12](#_Toc90816275)

[קשרים בין נתונים מטארולוגיים וייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות 13](#_Toc90816276)

[דקות אי ספיקה באזורים בישראל 14](#_Toc90816277)

[*איור 1* - *ייצור חשמל שעתי ממקורות שונים* 2](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816394)

[איור 2 – ייצור חשמל לפי סקטורים 3](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816395)

[איור 3 – התפלגות דלקים עבור שנים 2010-2020 וחיזוי ל-2025 4](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816396)

[איור 4 – דקות אי אספקה באזורים שנים בארץ 5](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816397)

[איור 5 – דף ראשוני של האינטראקציה 7](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816398)

[איור 6 -תצוגה שנתית עבור פאנל מסוג BIC ו-20 ק"מ רבוע 7](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816399)

[איור 7 – פאנל BIC ו-20 ק"מ רבוע. ניתן גם לראות שנבחרו כמה נקודות לתחקור 7](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816400)

[איור 8 – תצוגה חודשית של חודש ינואר 8](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816401)

[איור 9 – בחירה של שטח באמצעות הגלילה בצד ימין 8](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816402)

[איור 10 - המצב הראשוני של הווזיואליזציה 9](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816403)

[איור 11 – תצוגה של סקטור ביתי בלבד 10](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816404)

[איור 12- השוואה בין סקטורים כאשר הכפתור דולק 10](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816405)

[איור 13 – גרף פיזור המתאר קשר בין ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות לקרינה סולרית 11](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816406)

[איור 14 – בוקספלוט המתאר את התפלגות ייצור החשמל בחודשי השנה 12](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816407)

[איור 15 – גרף מקבילי המתאר את הקשרים בין נתונים מטאורולוגיים וייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות 13](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816408)

[איור 16 – מצב ראשוני של הגרף 14](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816409)

[איור 18 – ניתן הצגה של אזורים נבחרים והדגשה של אזור מסוים 15](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816410)

[איור 17 – עמידה על נקודה מאפשרת לתחקר אותה 15](file:///C:\Users\jvjos\Desktop\Tal\לימודים\ויזואליזציה\VisuzliztionProject\Project%20Report.docx#_Toc90816411)

# תיאור הנתונים

המידע שבחרנו לנתח במסגרת הפרויקט הוא מידע בנוגע לייצור חשמל בישראל. רשות החשמל מפרסמת בכל שנה את דו"ח משק החשמל באותה שנה, בו היא מפרסמת נתונים, יעדים, החלטות ומידע. בנוסף לדו"ח, מצורפים גם הנתונים המלאים לאותה השנה. הנתונים מכילים: מידע שעתי, המתאר עבור כל שעות היממה בשנת 2020 את ייצור החשמל הכללי, פירוט של מקורות החשמל (מתחדשות, גז טבעי, פחם), נתוני פליטות, יעדים וייצור אנרגיות מתחדשות, נתוני ייצור על פי סקטורים במשק החשמל, מידע על יצרני חשמל פרטיים ונתונים מחברת החשמל ועוד.

קישור לדו"ח ולקובץ הנתונים נמצא כאן:

[https://www.gov.il/he/departments/news/doch\_2020](https://www.gov.il/he/departments/news/doch_2020%20))

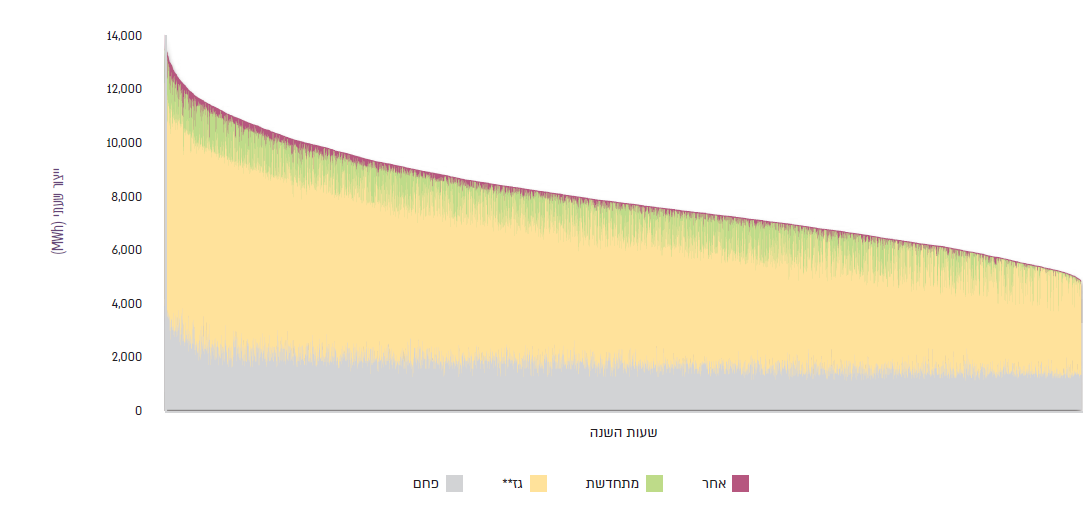
לנתונים רשות החשמל הוספנו נתונים מטאורולוגיים נוספים על מהירות רוח, קרינת שמש וטמפרטורת אוויר עבור השנים 2018-202 ברזולוציה שנתית. הנתונים הגיעו ממקור חיצוני – עבור שנת 2018-2019, הם הגיעו מבסיס הנתונים של NREL (National Renewable Energy Lab). הנתונים עבור שנת 2020 הגיעו מחברה פרטית בשם SolarGIS.

הנתונים קשורים לעבודת המחקר של אחד מחברי הקבוצה בהנחיית פרופ' רזיאל רימר.

# וויזואליזציות קודמות

דו"ח רשות החשמל, שעל הנתונים שלו מתבססת עבודה זו מכיל וויזואליזציות של הנתונים אשר ציינו מקודם. בחרנו לתאר כאן כמה מהן.

## התפלגות ייצור לפי סוג דלק בשנת 2020 (MWH)



*איור 1* - *ייצור חשמל שעתי ממקורות שונים*

בגרף הזה, שנמצא בחלק 3.5 בדו"ח, ניתן לראות את ייצור החשמל השנתי ברזולוציה שעתית. בציר האנכי נמצאות שעות השנה, ובציר האופקי נראה ייצור החשמל הכללי (במגה-וואט שעה). זהו הגרף המקורי שהיה בקובץ הנתונים, וניתן לראות כי הוא מסודר בסדר יורד לפי הייצור השעתי.

ניתן לראות בנוסף כי כל מקור חשמל מסומן בצבע אחר .

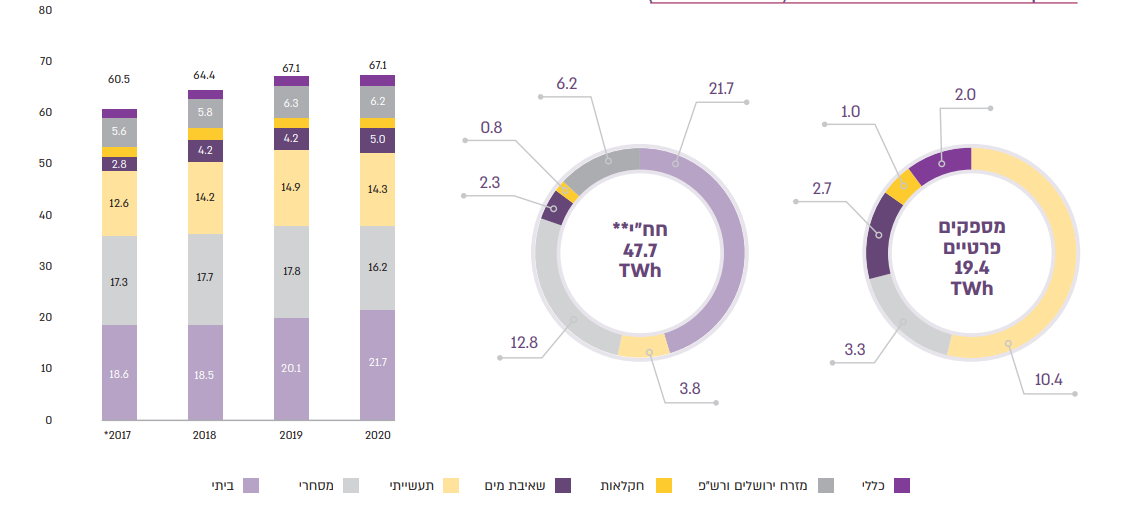
ניתן לראות כי בציר האנכי אין יחידות. הסיבה לכך היא כי יש בשנה 8,760 שעות, ולא ניתן לרשום את כולם כל ציר האיקס. בנוסף, ניתן לראות כי יש קפיצות רבות בגרף, מה שמראה על כך כי ניסו "לדחוס" את כלל המידע לגרף יחיד. הבחירה בסידור הגרף בסדר יורד לפי שעות ייצור גם אינה ברור לנו כל כך, ואנחנו חושבים כי היא הגיעה ממניעים אסתטיים בלבד, או על מנת להראות כי רוב החשמל בישראל מיוצר מגז טבעי ופחם.

הסידור על פי סדר יורד של ייצור חשמל ולא על פי סדר כרונולוגי אינו ברור לנו, יחד עם הבחירה להראות את השעות על גרף במקום להפריד, לתת מגמות ולהראות ממוצעים יוצא שהגרף אינו אינפורמטיבי מספיק לדעתנו.

במידה וההדגשה הינה על יצור חשמל שנתי ממקורות שונים היה עדיף להשתמש בגרף עמודות שידגיש את ההבדלים. במידה וההדגשה הינה על מגמות במהלך השנה, המיון של הגרף לפי סדר יורד של ייצור חשמל ולא סדר כרונולוגי, לא מאפשר לשהות זאת.

## צריכה לפי סקטורים (במונחי TWh)

ויזואליזציה נוספת שניתן לראות בדו"ח רשות החשמל מתארת את התפלגות הצריכה לפי סקטורים.



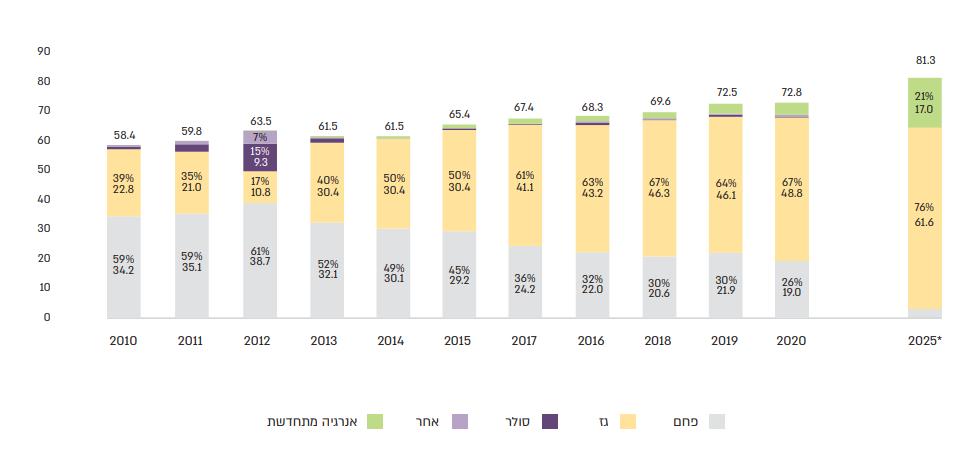
איור – ייצור חשמל לפי סקטורים

בגרף העוגה הימני, ניתן לראות את הייצור הכללי מספקים פרטיים ואת ההתפלגות בין הסקטורים השונים. בגרף העוגה השמאלי ניתן לראות הייצור הכללי של חברת החשמל ואת ההתפלגות שחברת החשמל מספקת לסקטורים שונים.

יש בעייתיות בייצוג הזה, מכיוון שהגרפים מתאר הרכב, אבל במקום לרשום אחוזים, רושמים לנו את הצריכה במספרים אבסולוטיים עבור אותו הסקטור. בנוסף, בגרף העמודות מתוארות כמה שנים ובתרשימי העוגה לא ברור כל כך האם הכוונה לממוצע שנים או שנה ספציפית. היה אפשר להתגבר בקלות על הבעיה על ידי ציון שנה מייצגת או ציון שמדובר בממוצע.

בגרף העמודות ניתן לראות את ההתפלגות לפי סקטורים של ייצור החשמל הכללי (יצרנים פרטיים וחברת החשמל) לפי סקטורים, וגם לפי שנים. קיימת כאן בעיה, קשה לראות פה מגמה – האם הסקטורים מתייעלים? אילו סקטורים צורכים נתח גבוה יותר? אילו פחות? אילו גם כן שאלות שהיינו רוצים תשובה אליהן, וננסה במהלך העבודה גם לענות.בעיה נוספת שיש כאן היא הצבעים. ניתן לראות כי יש שלושה גוונים שונים של סגול עבור שלושה סקטורים שונים, והיה ניתן לבחור צבעים שונים על מנת להקל על הקוראים של הגרף.

## צריכה לפי סקטורים (במונחי TWh)



איור 3 – התפלגות דלקים עבור שנים 2010-2020 וחיזוי ל-2025

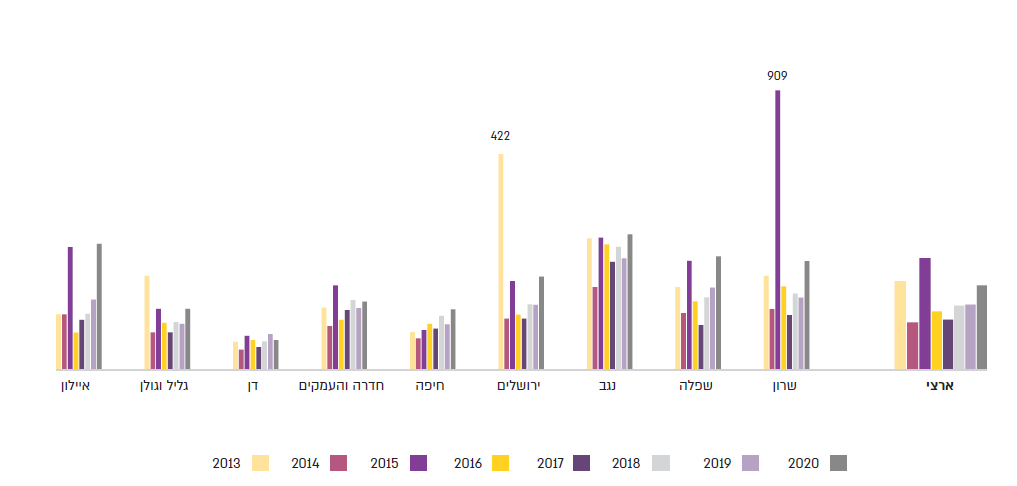
בגרף זה, ניתן לראות את תמהיל הדלקים בייצור חשמל לאורך השנים. כל סוג דלק מסומן בצבע אחר, וניתן לראות הספק אבסולוטי וגם אחוז ייצור מייצור החשמל הכולל.

בחירה בגרף עמודות מוערם (stacked) נראית כמו הבחירה הנכונה כאן, מכיוון שכך ניתן לראות בבירור את הרכב החשמל בכל שנה. בניגוד לגרף הראשון שהראינו, מראים כאן נתונים שנתיים, את הצריכה הכללית, אחוז של כל דלק מהצריכה הכללית.

בגרף זה ניתן לראות בבירור את מגמת העלייה בייצור החשמל לאורך השנים, את הירידה בשימוש בפחם, את העלייה בשימוש בגז טבעי. כן יש פה בעייתיות מסוימת, מכיוון שיש מלבנים קטנים מדי בהם לא ניתן להראות את הנתונים. במקרה זה, אנחנו חושבים שהיה ניתן להראות אותם לצד המלבנים בתיבת טקסט או על ידי חיבור עם קו ולא לוותר על התצוגה שלהם לגמרי, כי היא כן חשובה כדי להבין מגמות בייצור החשמל. ניתן גם לראות כי אין יחידות עבור ציר Y (היחידות נמצאות אמנם בכותרת בדו"ח – אבל עדיין יש צורך לשים אותן גם בגרף).

בגרף זה יש גם הדגשה על המגמה, היות ואין כמות גדולה של מקורות דלק. גרף קוים (line plot) לצד הגרף הזה יכול להשלים מידע רב ולהדגיש את המגמות הבין שנתיות עבור המקורות השונים.

## דקות אי אספקה בממוצע לצרכן – לצרכני קווי מתח גבוה (במונחי דקות)



איור – דקות אי אספקה באזורים שנים בארץ

בגרף הזה ניתן לראות את דקות אי אספקת חשמל על פי אזורים בארץ.

בציר X ניתן לראות את האזורים השונים בארץ ובציר Y את הדקות בהן הייתה אי-אספקת חשמל בכל אזור. העמודות הן כל שנה.

יש כמה בעיות בולטות בגרף הזה: הראשונה היא שאין ציר Y. אמנם רשום בכותרת של הגרף (שאינה מצורפת כאן מטעמי גודל ומקום), אבל גם צריך להוסיף את הציר עצמו. בנוסף, הבחירה לשים את האזורים בציר X ואת השנים כעמודות נראית לנו מעט תמוהה.

לא כל כך ברור מהי מטרת הגרף הזה. אם המטרה היא להראות מגמה -אז עדיף לשים את השנים בציר X ועבור כל אזור לעשות קו (Line-Plot). בנוסף, הבחירה בצבעים היא לא מוצלחת במיוחד לדעתנו. אמנם השנים מסודרות על פי סדר, אבל לדעתנו לבחור שלושה גוונים של סגול ושני גוונים של צהוב מקשה על ההבדלים. יש צורך פה להשתמש ביותר צבעים ולייצג כל אזור על ידי צבע אחר.

# ויזואליזציות חדשות

## השוואה בין קרינה סולארית לייצור חשמל כולל

* מה: בשנים האחרונות, כולנו מודעים למשבר האקלים שפוקד את העולם. יש מגמה ניכרת של מדינות רבות בעולם למעבר לאספקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, במקום השיטות הקונבנציונליות כמו פחם וגז טבעי.

ישראל הינה מדינה שטופת שמש (כ-1700 שעות שמש בשנה), ולכן, סביר להניח כי במידה ומדינת ישראל תעבור לאנרגיות מתחדשות, המקור העיקרי יהיה אנרגיה סולארית.

אנו מעוניינים להראות, כיצד מתפלגת צריכת החשמל והקרינה הסולארית תוך שיקוף הפוטנציאל למשק החשמל.

מכיוון שבחודשי השנה, ובשעות היום, ההתפלגויות הללו שונות, נרצה להראות ויזואליזציה שתכלול את חודשי השנה בפריסה יומית. בנוסף, נרצה להביו מהו הפוטנציאל שלנו לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות וכמה ניתן לספק מהביקוש הכללי על ידי אנרגיות מתחדשות.

* למה: **רוב האנרגיות המתחדשות במדינת ישראל יסופקו על ידי חשמל מאנרגיה סולארית.**

קרינה סולארית היא אינה יציבה והזמינות שלה משתנה לאורך שעות היום וגם בחודשי השנה. היינו רוצים להבין מתי האנרגיה הסולארית בשיאה, ומתי צריכת החשמל בשיאה. ויזואליזציה כזו תעזור לנו לראות האם קיימים פערים בין שיאי ביקוש החשמל לשיאי פוטנציאל ייצור החשמל מאנרגיה סולארית. אם נוכל לראות את הפערים האלו, נוכל להבין האם יש צורך במשאבים נוספים, כמו אגירת אנרגיה או הסבת שיאי ביקוש לשעות הצהריים כאשר הקרינה הסולרית היא הגבוהה ביותר.

* **איך**: בחרנו לבנות את הוויזואליזציה הזו כוויזואליזציה אינטראקטיבית. ראשית, פוטנציאל הייצור מאנרגיות מתחדשות תלוי בכמה דברים: השטח הזמין לנו לייצור חשמל סולרי ונצילות הפאנלים הסולריים. הקרינה הסולרית וגם הביקוש הכללי לחשמל משתנים עם חודשי השנה.

בוויזואליזציה שלנו, החלטנו להראות את היחס בין הביקוש הכללי לפוטנציאל הייצור. מכיוון שרצינו להראות כמה ניתן לספק, החלטנו להשתמש ב-Area Plot. הסיבה לכך היא שהביקוש הכללי וגם הפוטנציאל הם למעשה השטח מתחת לעקומה, ולא העקומה עצמה.

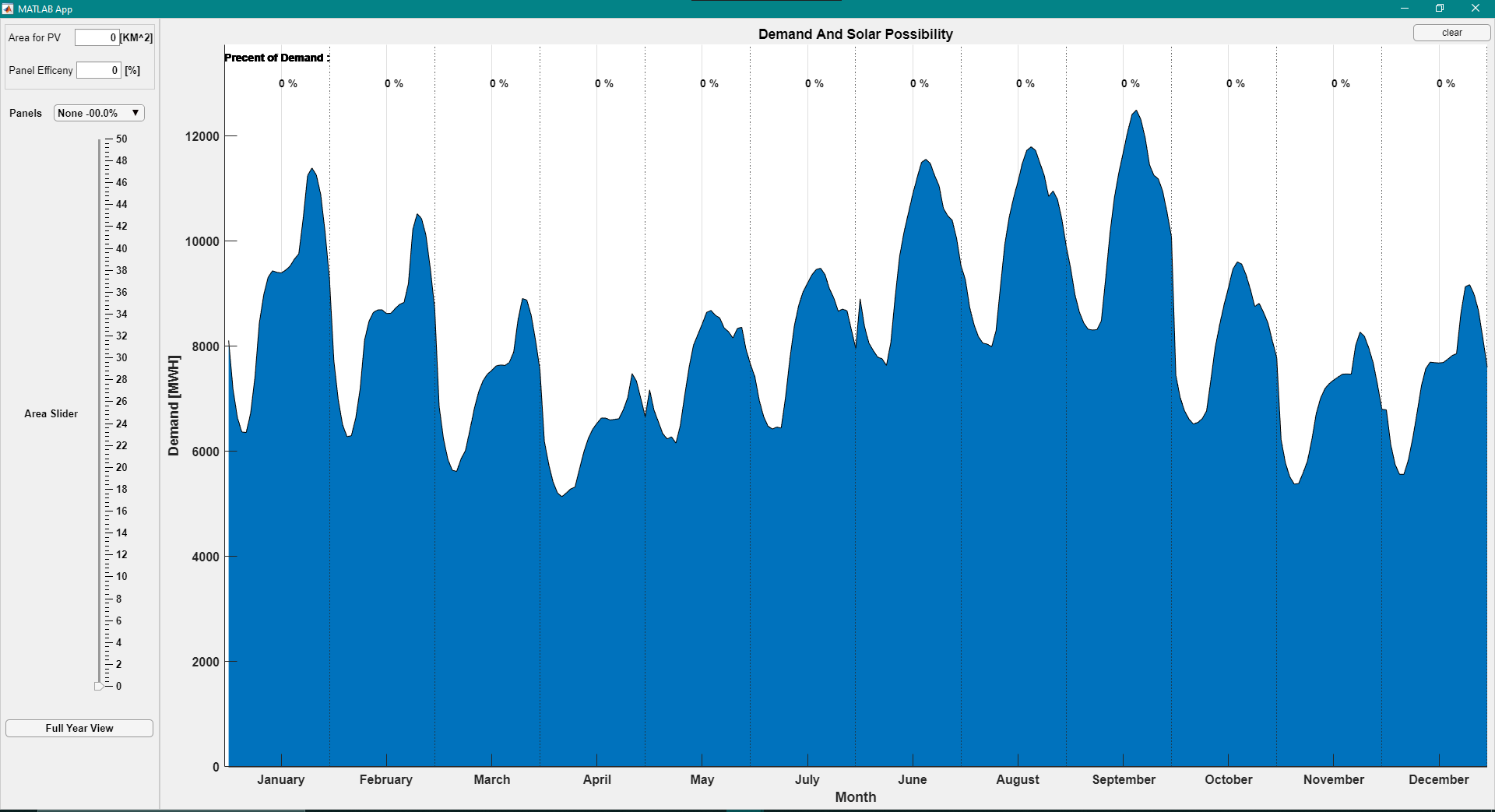
בגרף שלנו, ניתן לראות פרישה של חודשי השנה אחד על יד השני, ועבור כל חודש את ממוצע הצריכה השעתי.  
**אינטראקטיביות:**

בפאנל השמאלי, ניתן לבחור שטח, על ידי הקלדה או גלילה מטווח ערכים. נצילות פאנלים ניתן לבחור מתוך רשימה של 10 פאנלים פופולריים בשוק, או להקליד נצילות בשדה המתאים.

אם רוצים לתחקר נקודה מסוימת על הגרף, ניתן "לרחף" עליה ויופיע מידע שכולל מה השעה שנבחרה, ומהו הביקוש באותה שעה ניתן גם ללחוץ על נקודות והמידע לא יעלם אם הסרת העכבר. ניתן לבחור כמה נקודות יחד, אם רוצים לנקות, פשוט לוחצים על הכפתור Clear בצד הימני למעלה.

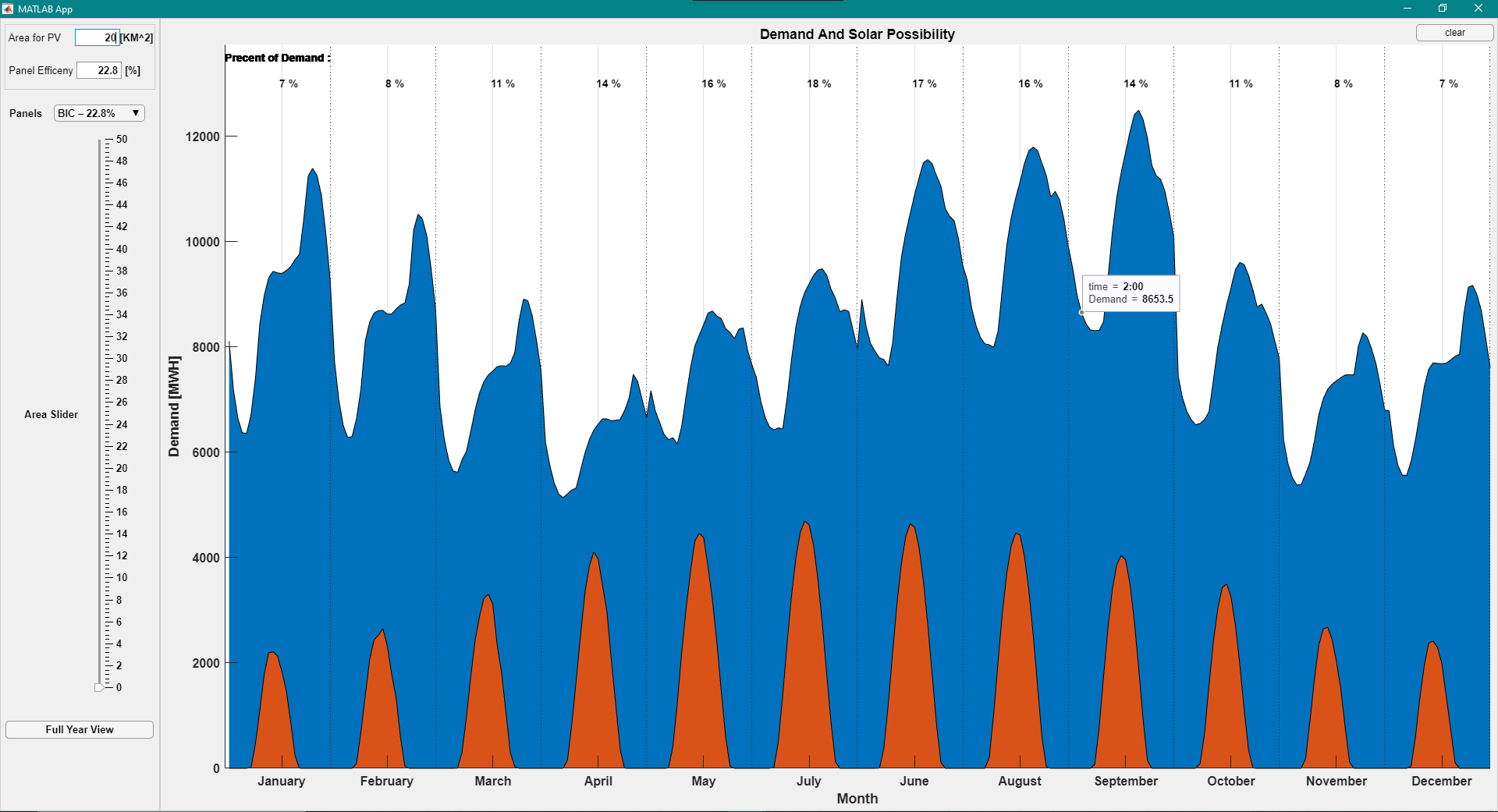
ניתן גם לעשות Zoom לרזולוציה חודשית על ידי הקלקה על שם החודש בציר ה-X. חזרה לתצוגה שנתית ע"י הכפתור הייעודי בפאנל השמאלי.

כאשר נבחרים ערכים מסוימים עבור שטח ונצילות פאנלים , ניתן לראות את פוטנציאל הייצור שמכסה את הביקוש (גרף כתום). כך, ניתן לראות כמה שטח צריך על מנת לכסות את הביקוש, היכן ניתן לבצע אגירה, באילו חודשים יכולים להיות לנו קשיים ובאופן כללי, נותן לנו מושג על הצרכים שלנו מבחינת שטח ופאנלים. כעזר למקבל ההחלטות, ניתן לראות ערך מספרי של אחוז החשמל המסופק ע"י אנרגיה סולארית מתוך הביקוש החודשי (בהנחה שאגירה אפשרית).

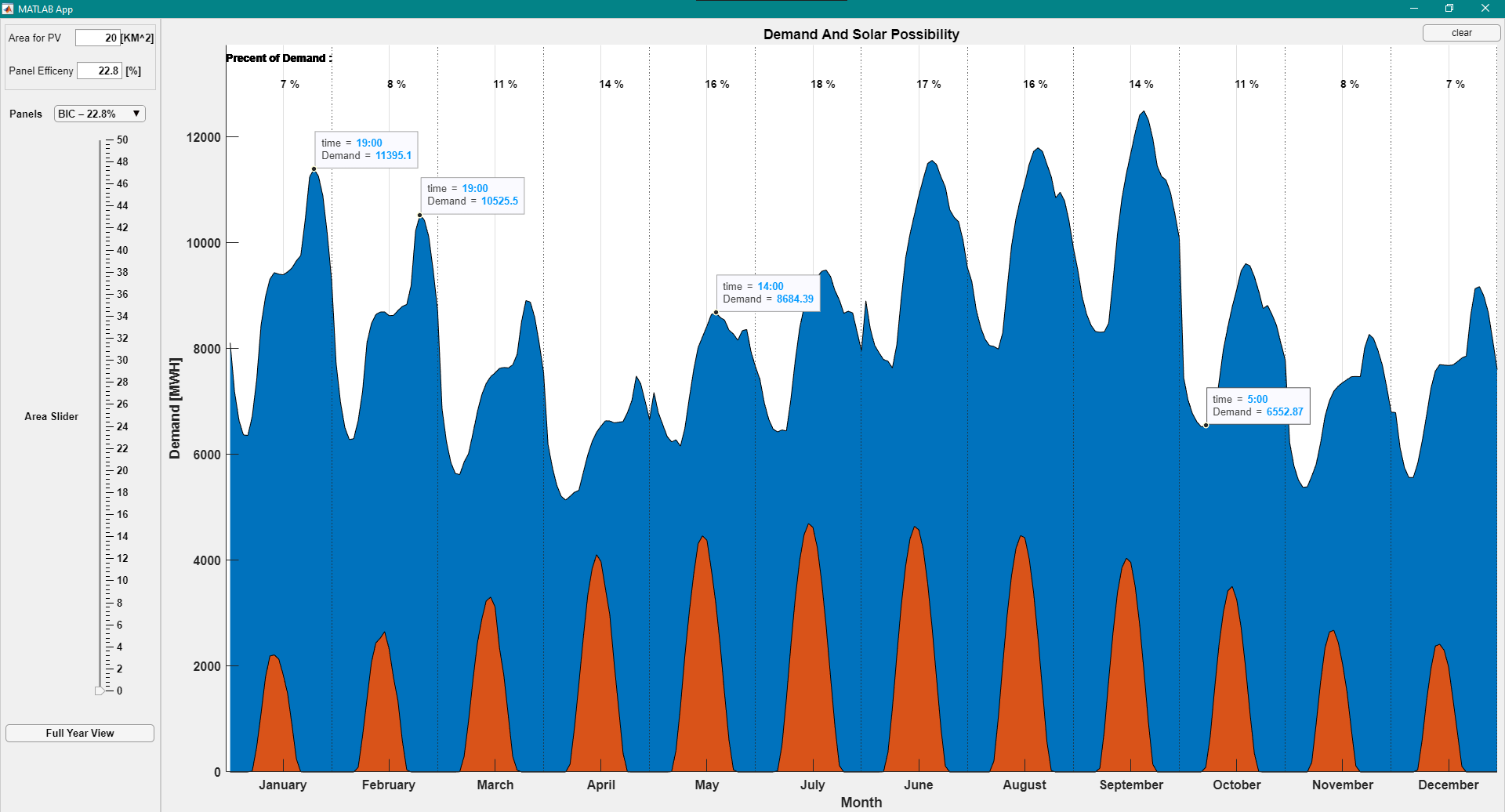


איור 5 – דף ראשוני של האינטראקציה

בצילום מטה ניתן לראות בחירה של פאנל מסוג BIC בעל נצילות של 22.8% שמשתרעים על 20 ק"מ רבוע. ניתן לראות עבור כל חודש כמה אחוז מהחשמל ניתן לספק. בגרף הכתום רואים את הפוטנציאל לעומת הביקוש החודשיים. ניתן גם לראות כי במידה ועומדים על נקודה מסוימת, ניתן לראות מהי השעה ומהו ממוצע הביקוש החודשי באותה השעה.

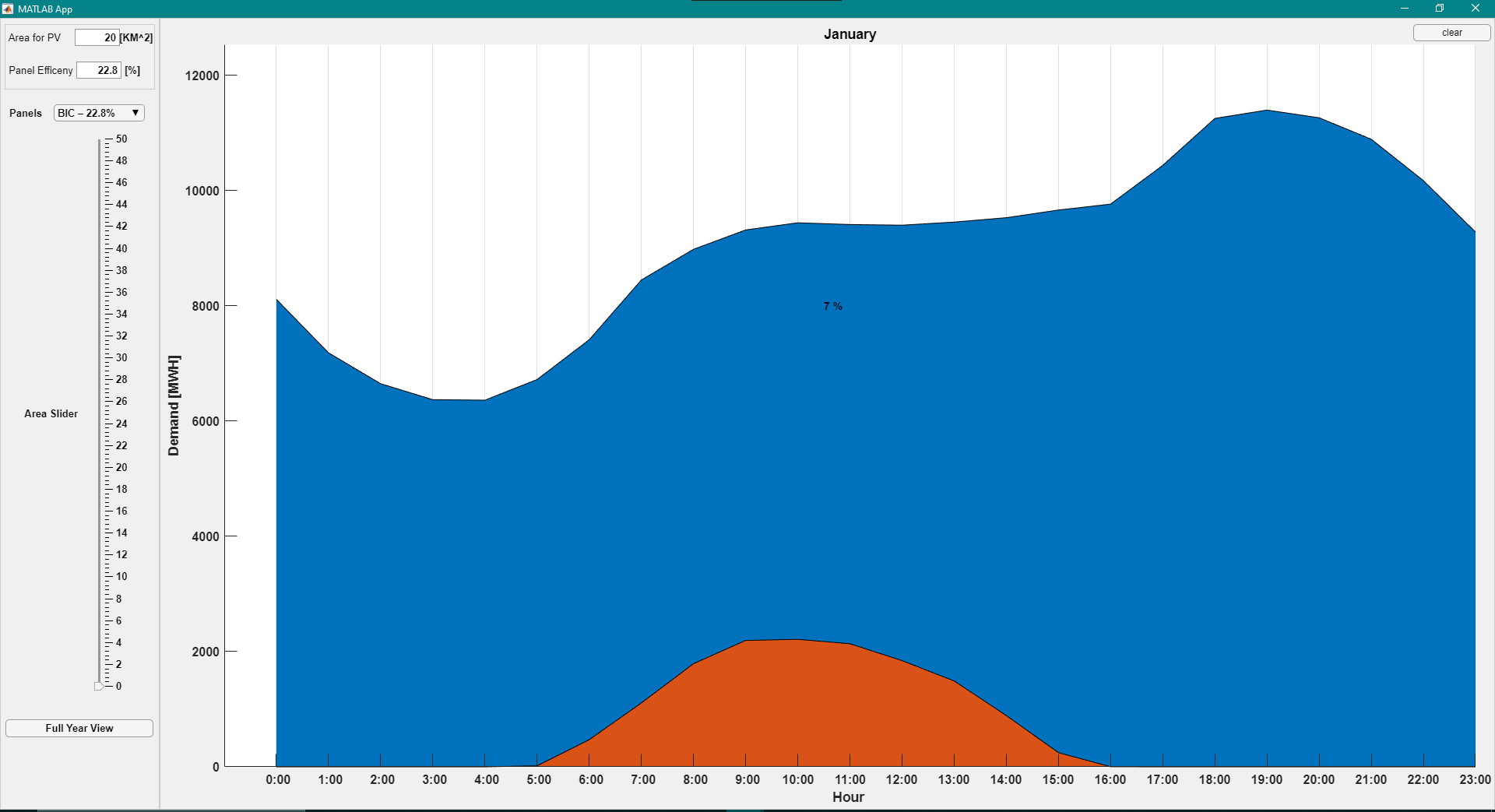


איור 6 -תצוגה שנתית עבור פאנל מסוג BIC ו-20 ק"מ רבוע



איור – פאנל BIC ו-20 ק"מ רבוע. ניתן גם לראות שנבחרו כמה נקודות לתחקור

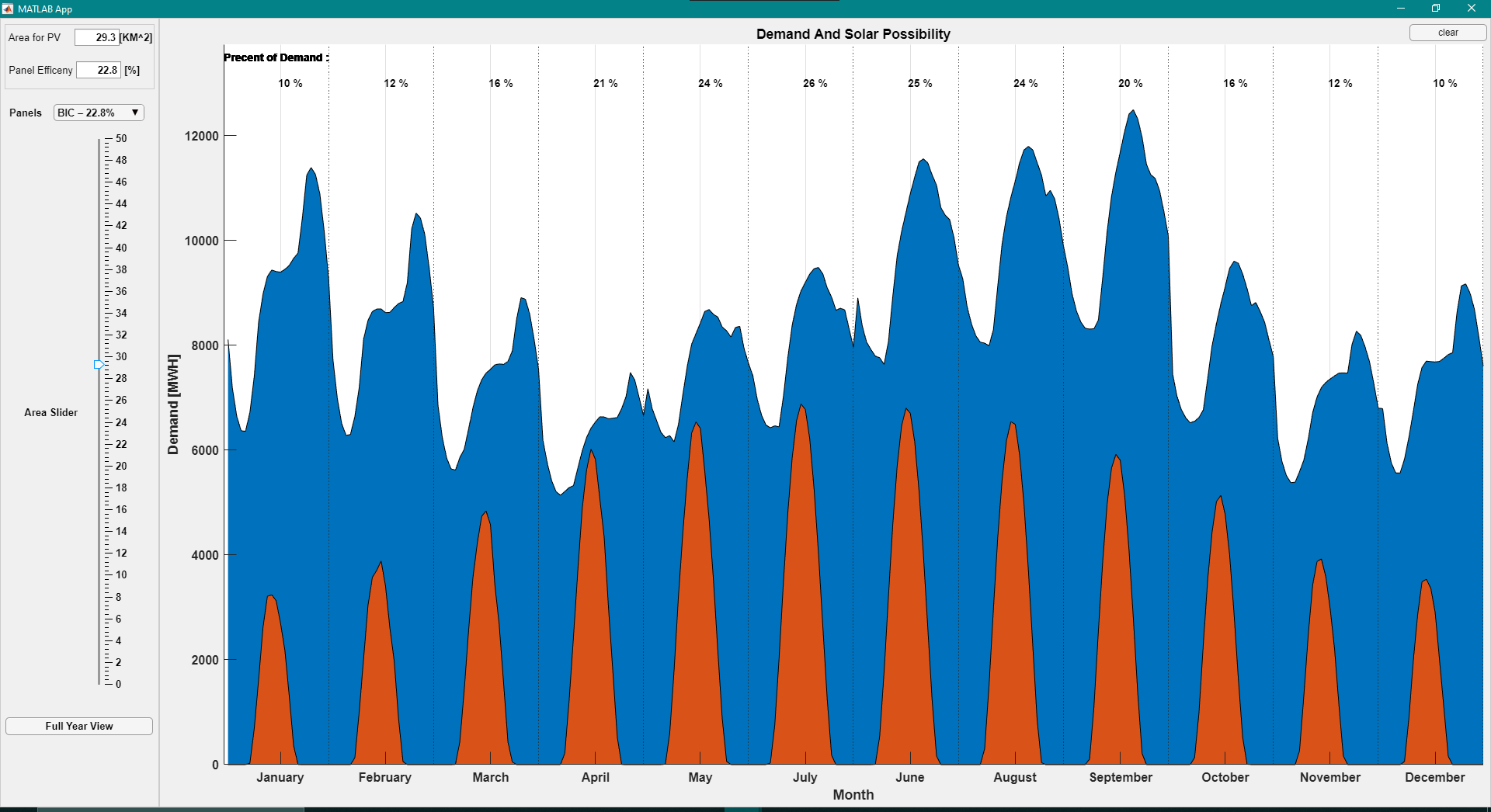
במידה ורוצים להתמקד בחודש מסוים, ניתן לעשות זאת על ידי לחיצה על שם החודש בציר ה-X. תצוגה של חודש מסוים תיראה כך:



איור 8 – תצוגה חודשית של חודש ינואר

לחזרה לתצוגה שנתית, ניתן ללחוץ על Full Year View מצד שמאל למטה.

באיור הזה ניתן לראות בחירה של שטח מתוך הגלילה:



איור 9 – בחירה של שטח באמצעות הגלילה בצד ימין

## התפלגות ייצור חשמל בין הסקטורים השונים לאורך השנים

* מה: אנחנו רוצים להראות כיצד מתפלג ייצור החשמל בין הסקטורים השונים, לאורך זמן. בויזואליזציה שלנו נציג שני דברים עיקריים: הראשון הוא ההתפלגות בכל שנה, והשני הוא מגמות הצריכה של הסקטורים לאורך השנים.
* למה:צריכת האנרגיה היא גורם משמעותי מאד בפליטות פחמניות. על מנת לצמצם בפליטות וגם על מנת להתייעל אנרגטית, יש צורך להבין מהן מגמות הצריכה של הסקטורים. אם נוכל להראות את התפלגות הצריכה ואת המגמות בהתפלגות זו לאורך השנים, נוכל לראות אילו סקטורים באמת מבצעים התייעלות אנרגטית ואילו סקטורים דווקא צורכים יותר אנרגיה לאורך השנים.

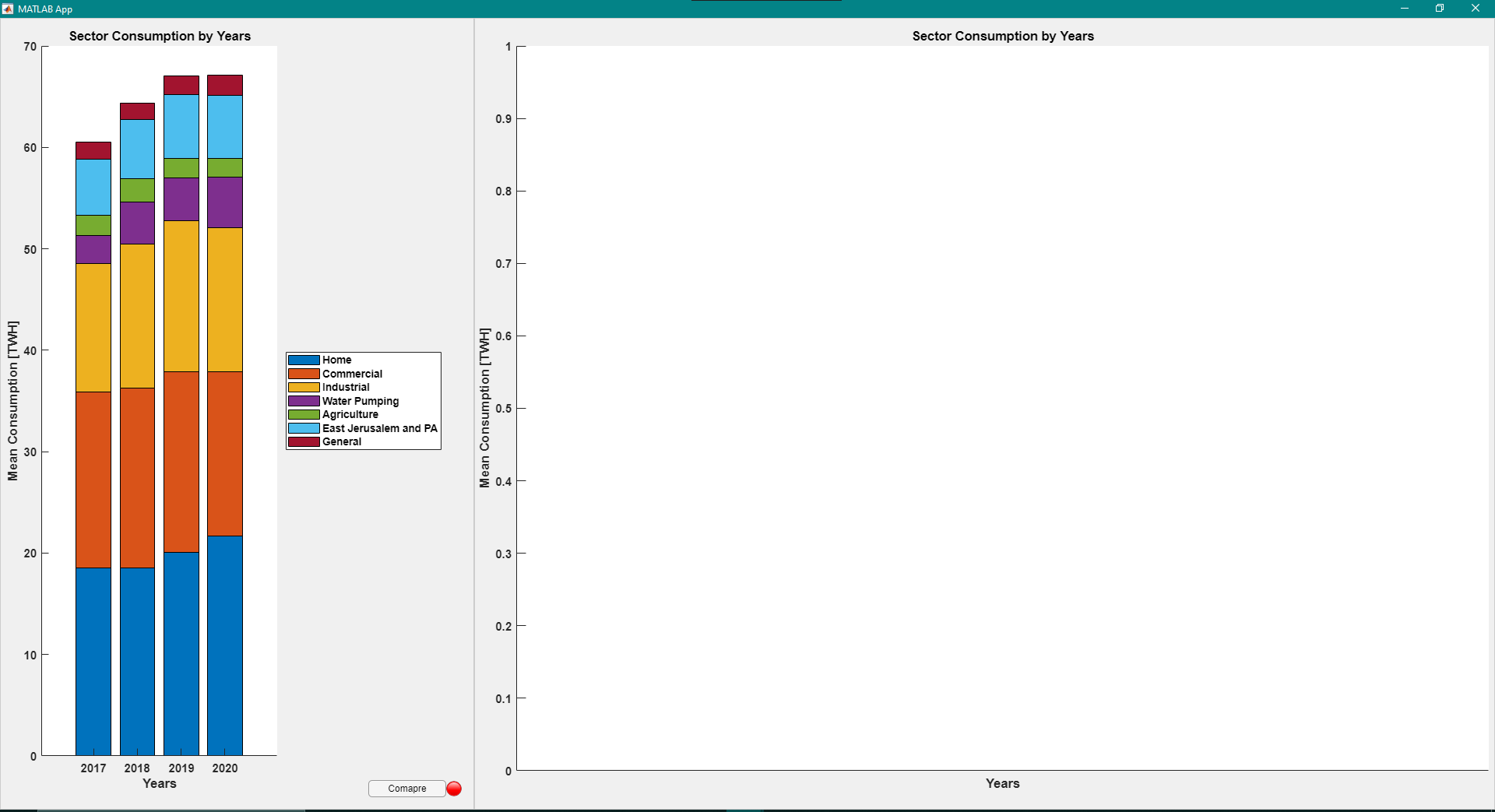
ויזואליזציה זו תוכל למקד לנו את המשאבים שנועדו להתייעלות אנרגטית בסקטורים שאכן צריכים דחיפת מאמץ לכיוון הזה.

* **איך: בחרנו להציג גרף זה כגרף אינטראקטיבי. בחרנו להראות כקשר בין שני גרפים:**

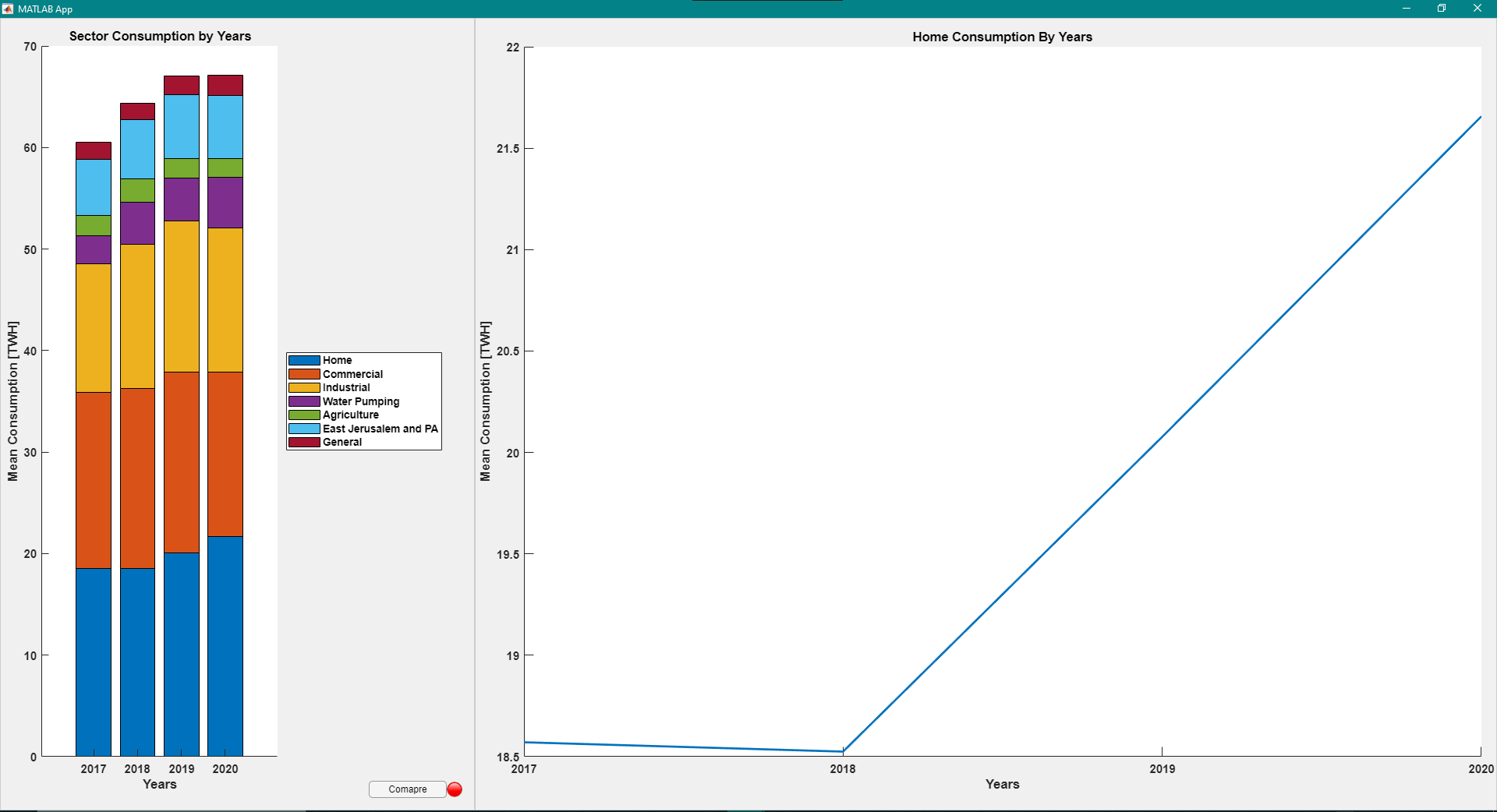
בפאנל השמאלי, ניתן לראות את הצריכה על פי סקטורים באמצעות Stacked Bar Chart, עבור השנים 2017-2020.

כאשר לוחצים על אחד הסקטורים, בכל שנה, ניתן לראות את המגמה של הצריכה של אותו הסקטור. לאורך השנים, וכך ניתן לזהות את המגמה.

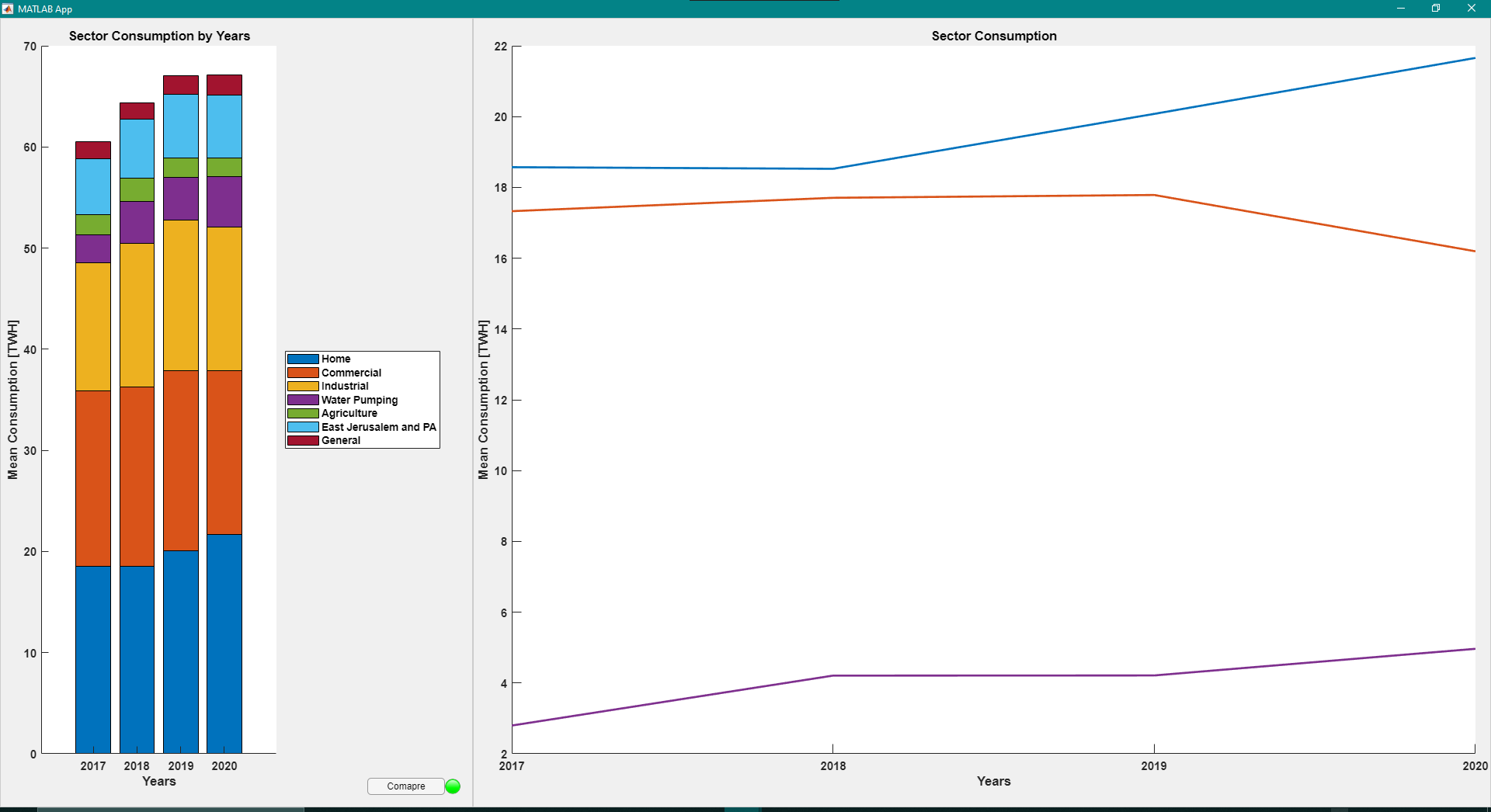
ניתן לראות על סקטור בנפרד, וניתן גם על ידי לחיצה על compare לראות מספר סקטורים יחד (כאשר הכפתור מסומן באדום, אז נראה כל סקטור בנפרד. כאשר הכפתור מסומן בירוק, נראה השוואה של כל סקטור שנבחר).



איור 10 - המצב הראשוני של הווזיואליזציה



איור 11 – תצוגה של סקטור ביתי בלבד



איור 12- השוואה בין סקטורים כאשר הכפתור דולק

## קשר בפועל בין קרינה סולרית לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות

* **מה:** עם השנים, מדינת ישראל יותר נשענת על ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות, כאשר המקור העיקרי הוא מאנרגיית השמש. ניתן לראות את השינוי בכמה אופנים: הקצאה של יותר שטח לאנרגיות מתחדשות ושיפור נצילות הפאנלים.

ניתן לחשוב על כך גם שמדינת ישראל מנצלת יותר טוב את אנרגיית השמש על מנת לייצר חשמל נקי מאנרגיה סולרית.

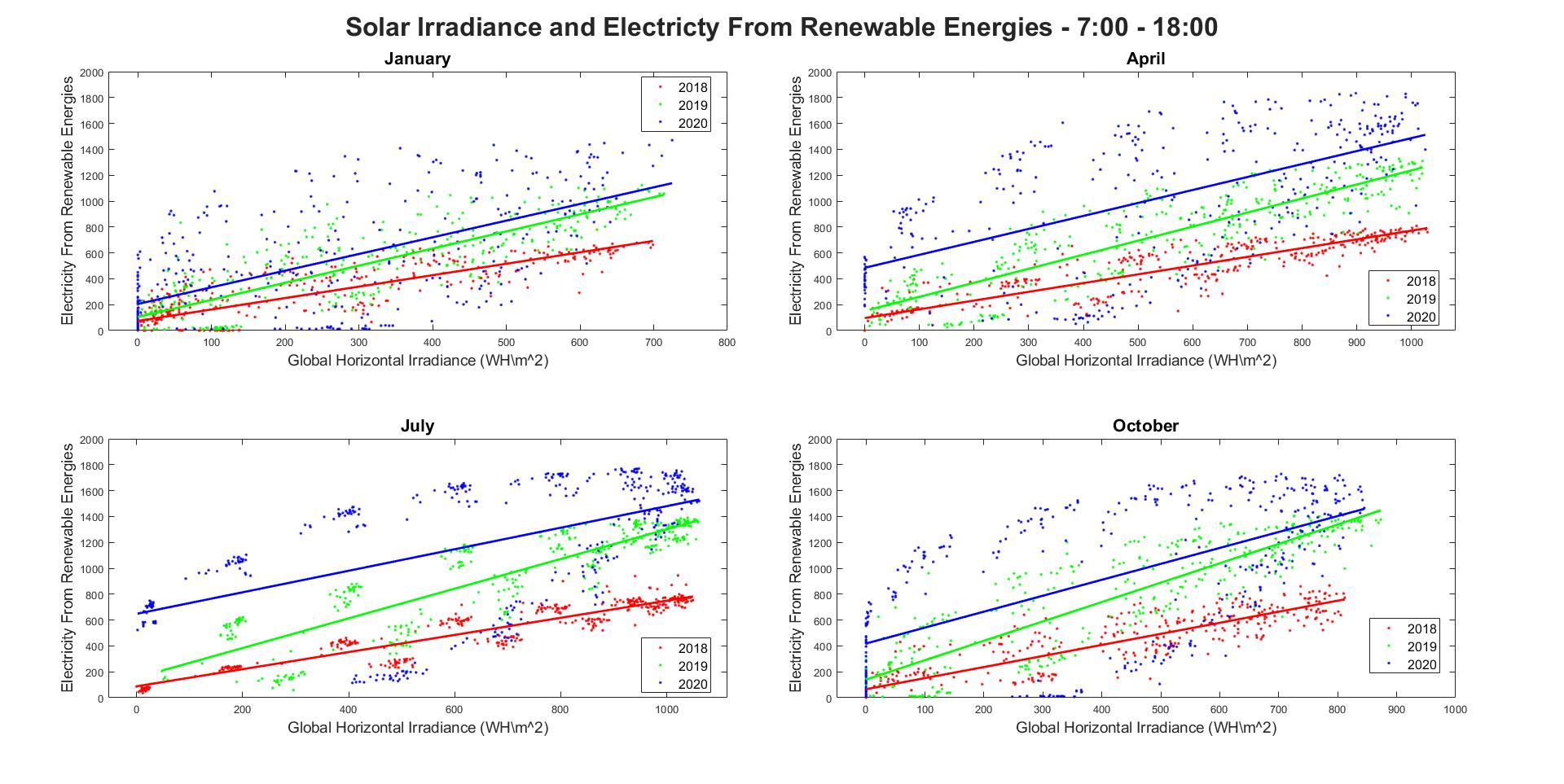
בגרף זה, נרצה לראות האם אכן הצלחנו במשך השנים לנצל בצורה טובה יותר את אנרגיית השמש.

* **למה:** קרינה סולרית נמדדת בוואט למטר רבוע. אנחנו רוצים למצוא את הקשר בין הקרינה הסולרית לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בפועל כדי לראות האם אנחנו אכן מנצלים טוב יותר את האנרגיה הסולרית ומצליחים לייצר יותר חשמל מהאנרגיה הסולרית. חשוב להבין האם אנחנו באמת מצליחים להתקדם עם השנים, ומצליחים באמת לנצל יותר טוב את האנרגיה הסולרית, ולא נשארים במקום.
* **איך:** ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות הוא משתנה רציף, וכך גם האנרגיה הסולרית, לכן יצרנו עבור וויזואליזציה זו גרף פיזור.

כפי שאמרנו, עבור חודשים שונים יש קרינה שונה, ולכן רצינו להשוות בין אותם חודשים בשנים נפרדות (2018-2020), ולכן יצרנו גרף פיזור עבור 4 חודשים נבחרים: ינואר, אפריל, יולי ואוקטובר (חורף, קיץ ועונות מעבר). בכל גרף, ניתן לראות בציר X את הקרינה הסולרית (בוואט-שעה למטר רבוע) ובציר Y ניתן לראות את ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות (במגה-וואט שעה).

לכל שנה נתנו צבע אחר: 2018 – אדום, 2019- ירוק, 2020-כחול. בנוסף, עבור כל שנה הוספנו קו מגמה על מנת לראות יותר טוב את ההבדלים.

ניתן לראות כי אכן יש ריכוז של נקודות כחולות, מעל ירוקות שנמצאות מעל נקודות אדומות, מה שאומר שאכן יש עלייה בייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות לאורך השנים. ניתן גם לראות כי בארבעת הגרפים, הקו הכחול נמצא הכי גבוה, מתחתיו הקו הירוק ומתחת להם הקו האדום.



איור 13 – גרף פיזור המתאר קשר בין ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות לקרינה סולרית

## התפלגות ייצור חשמל על פי חודשי השנה

* **מה:** רשת החשמל נבנית כך שהיא תוכל לספק את שיאי הביקוש. בנוסף, צריכת החשמל בכל חודש היא שונה – בקיץ ובחורף צורכים יותר חשמל מאשר בעונות המעבר. בוויזואליזציה זו אנחנו רוצים לראות מהם החודשים בהם יש את הצריכה הגבוהה ביותר, וגם לראות מהי השונות הגבוהה ביותר, על מנת להבין כיצד ניתן להיערך לחודשים אלו – בין אם על ידי השבתה של תחנות בחודשים חלשים יותר, במידה ועוברים לאנרגיות מתחדשות, אז רשת ביטחון של תחנות קונבנציונליות וכו'.
* **למה:** תכנון רשת החשמל בעונות השנה הוא על פי הביקוש המקסימלי, לכן, הסתכלות רק על ממוצע חודשי אינה מספיקה. אנחנו רוצים להראות את התפלגות ייצור החשמל בכל חודש, ולהבין מהם החודשים בהם השונות היא גבוהה.

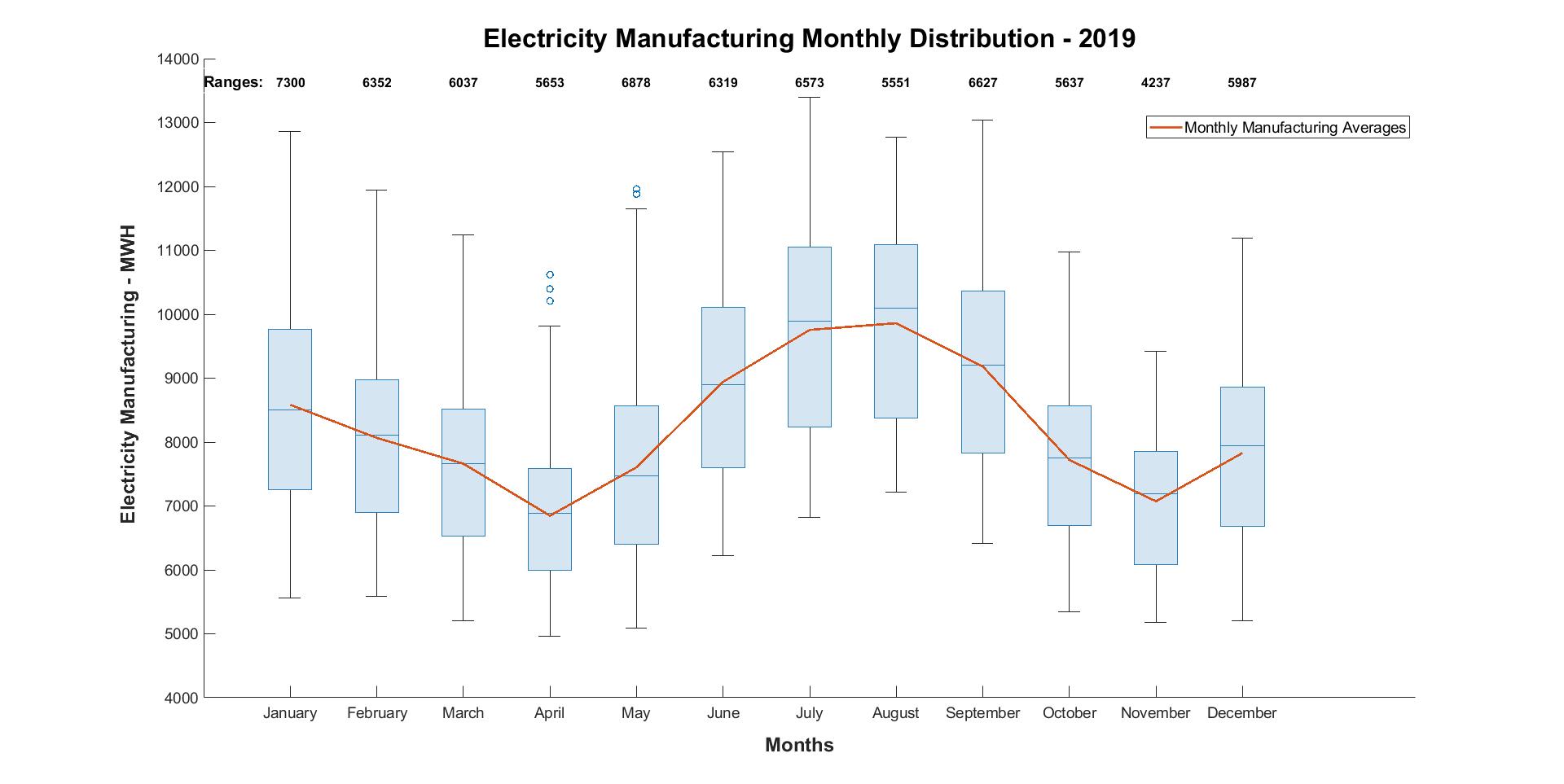
בחרנו להראות את שנת 2019 בלבד, מכיוון שאנחנו מבינים ש-2020 הייתה שנה חריגה ורצינו לקחת שנה פחות מייצגת.

לתחנות כוח קונבנציונליות (פחמיות ותחנות גז) קיימים אילוצי Must-Run, כלומר, לא ניתן להוריד להם השלטר ולהשבית את התחנה לחלוטין, אלא התחנה חייבת לייצר אחוז מסוים מהספקה המקסימלי. לכן, נוצר מצב שבחודשים בהם יש שונות גבוהה בביקוש לחשמל, כך גם יש בזבוז רב יותר.

* **איך:** רצינו להראות למעשה התפלגות של משתנה רציף (ייצור חשמל) עבור קטגוריות מסוימות (חודשי השנה), ולכן בחרנו לייצר Box-Plot. ניתן לראות עבור כל חודש את ההתפלגות.

יש עניין בגרף להשוות בין הפיזורים של הקופסאות, כי כפי שאמרנו אנחנו רוצים להבין באילו חודשים יש את הפיזור הגבוה ביותר. העובדה שהקופסאות לא נמצאות באותו הגובה, מקשה לתפוס את השינוי בפיזור בין החודשים, ולכן, הוספנו מעל כל קופסה את הטווח (range) על מנת שנוכל בקלות לראות לאילו קופסאות פיזור גבוה יותר.

דבר נוסף שהוספנו היה קו מגמה של הממוצעים החודשיים. זהו תוצר לוואי, מכיוון ששמנו לב שיש גם מגמה שנתית של צריכת חשמל ורצינו גם להדגיש אותה בגרף שהוצאנו.



איור 14 – בוקספלוט המתאר את התפלגות ייצור החשמל בחודשי השנה

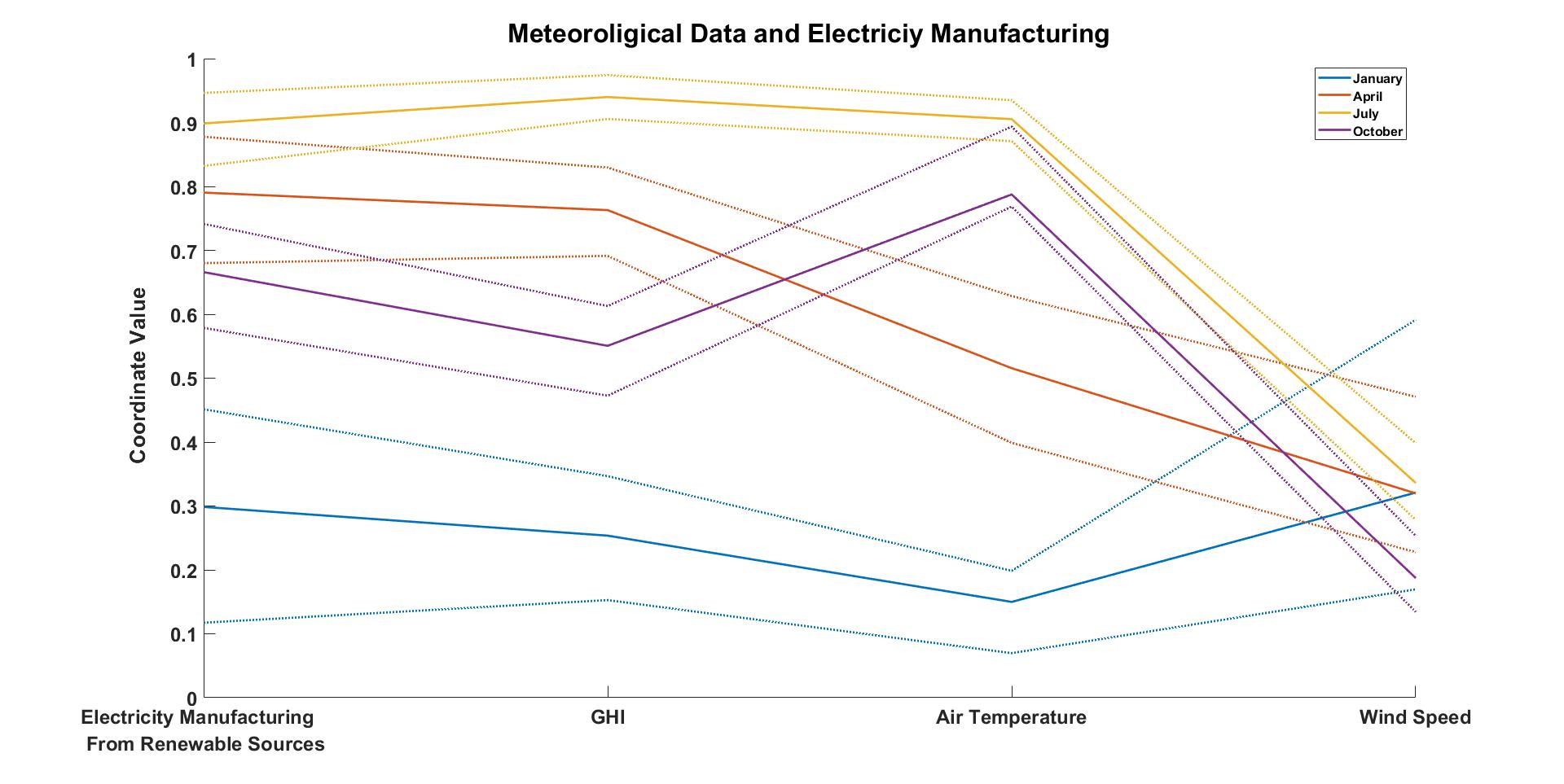
## קשרים בין נתונים מטארולוגיים וייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות

* **מה:** אנחנו רוצים להראות את הקשרים בין ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות, מהירות רוח, קרינה סולרית וטמפרטורה. ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות מושפע מגורמים מטאורולוגיים שונים. המידע שלנו הוא בין היתר מידע מטאורולוגי, ברזולוציה שעתית, ולכן רצינו לראות את הקשרים בין הגורמים הללו.
* **למה:** ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות מושפע מגורמים מטאורולוגיים שונים: נצילות של פאנלים סולריים מושפעים מטמפרטורת האוויר ומהירות הרוח, בישראל יש גם ייצור חשמל מרוח (זניח לעומת ייצור סולרי אבל קיים).
* **איך:** רצינו להראות קשר בין משתנים שונים בסט רב ממדי, ולכן בחרנו להשתמש בגרף מקבילי (Parallel Plot). בהתחלה חשבנו להראות עבור כל השעות בשנת 2020, אבל ראינו שזה לא ריאלי, ולכן בחרנו להסתכל על חודשים נבחרים (ינואר, אפריל, יולי ואוקטובר – חורף, קיץ ועונות מעבר) ועל טווח בלש האחוזון ה-25 עד לאחוזון ה-75, על מנת לקבל אפיון מייצג עבור כל חודש בלי להעמיס על הגרף.

ניתן לראות בגרף למשל, שבחודש יולי יש קרינה גבוהה, טמפרטורה גבוהה, מהירות רוח נמוכה, אבל ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות גבוה.

בחודש ינואר לעומת זאת, יש קרינה נמוכה, טמפרטורת אוויר נמוכה וכך גם ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות נמוך.

בעונות המעבר ניתן לראות קרינה בינונית, יחד עם ייצור אנרגיות מתחדשות קרוב לקיץ. ניתן שייך הבדלים אלו לכך שטמפרטורת אוויר גבוהה משפיעה לרעה על נצילות פאנלים.



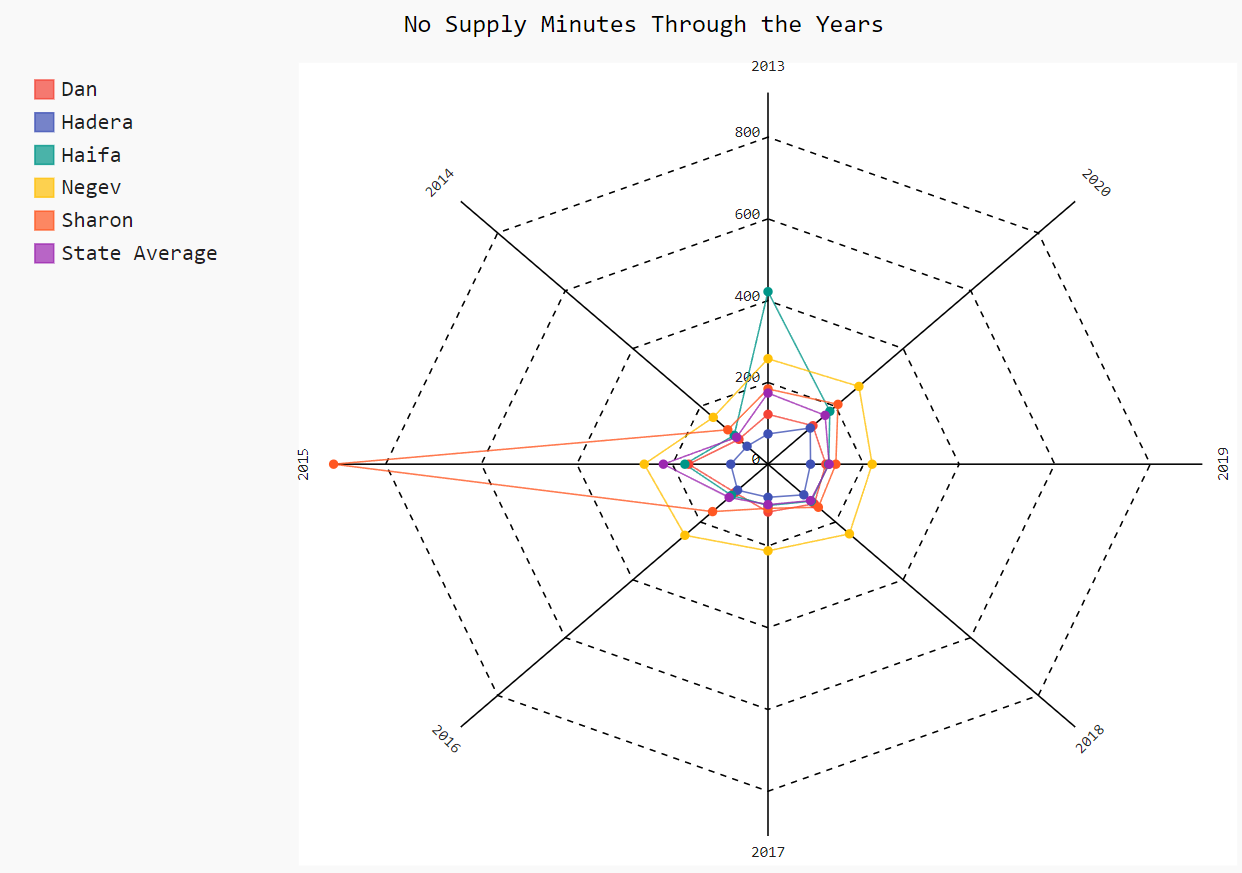
איור 15 – גרף מקבילי המתאר את הקשרים בין נתונים מטאורולוגיים וייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות

## דקות אי ספיקה באזורים בישראל

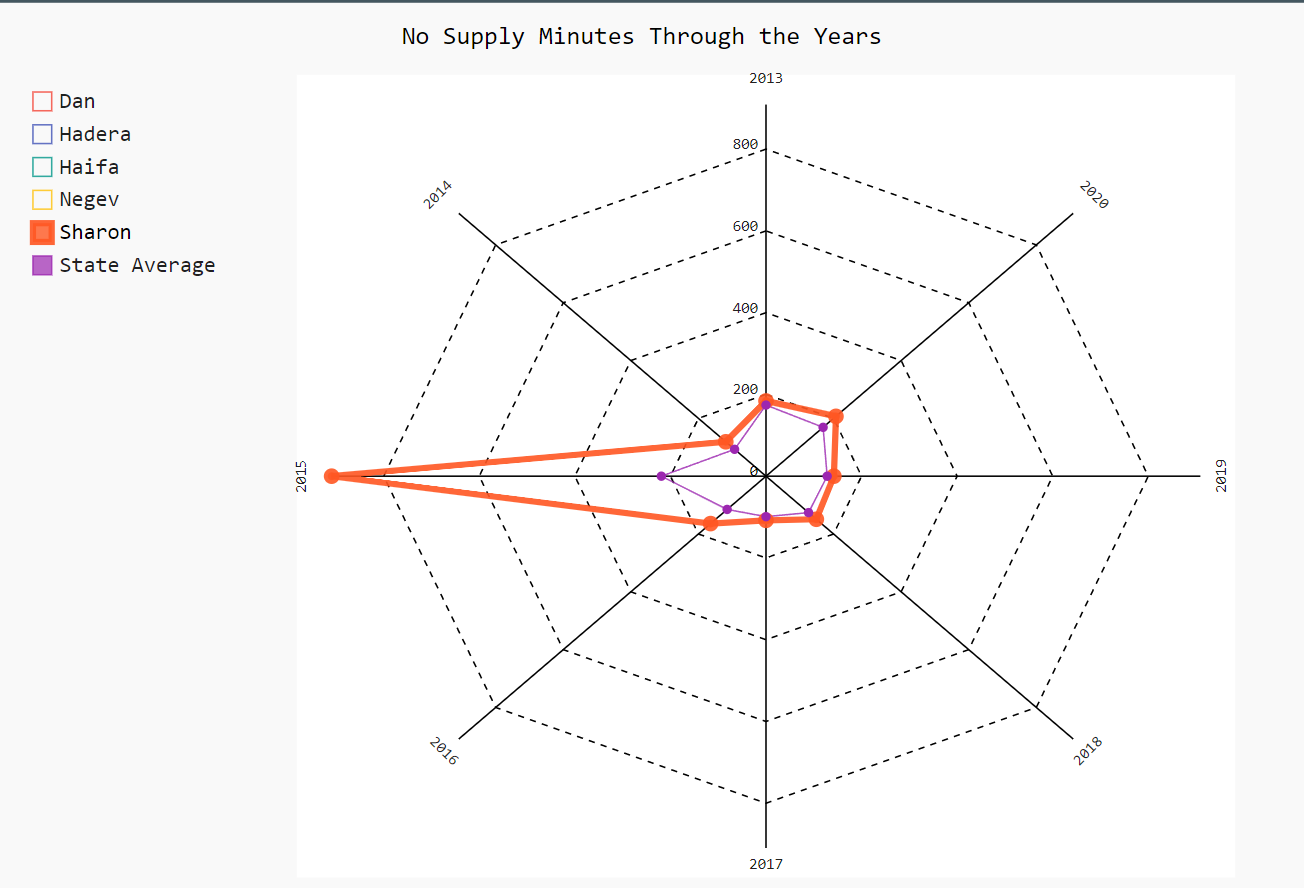
* **מה:** רשות החשמל מפרסמת דקות אי אספקה ממוצעות לצרכני החשמל. דקות אי אספקה משמעותן שצרכן חשמל לא קיבל חשמל. כמובן שיש אירועים חריגים כמו סופות שיצרני החשמל לא יכולים לשלוט בהם, אבל הגיוני שרשות החשמל תרצה דיווחים על התקלות באספקת חשמל לצרכנים. הדיווח על אי אספקה הוא לפי אזורים בארץ.
* **למה:** חשמל הוא מצרך בסיסי שצריך לתפעול כל בית, עסק וגם בתי חולים, משרדי ממשלה וכוחות הביטחון צריכים אספקת חשמל סדירה. לכן, הגיוני שרשות החשמל תחזיק מעקב קבוע אחר דקות אי האספקה. הגיוני גם לחלק לאזורים את דקות אי האספקה, מכיוון שאם יש אזור מסוים שיש אליו תקלות, יש צורך לשפר את רשת החשמל באזור.
* **איך:** מכיוון שהדגש פה הוא פחות על מגמות אלא על הסתכלות חריגות באזורים שונים, בחרנו להציג את הגרף ב-radar plot, כאשר על קצה הפוליגון נמצאות השנים מ-2013-2020 והמרחק מהציר הוא דקות אי אספקה.

כאשר יש תצפית חריגה, ניתן לראות בבירור על הגרף את השנה. כאשר עומדים על הנקודה ניתן לראות מה האזור.

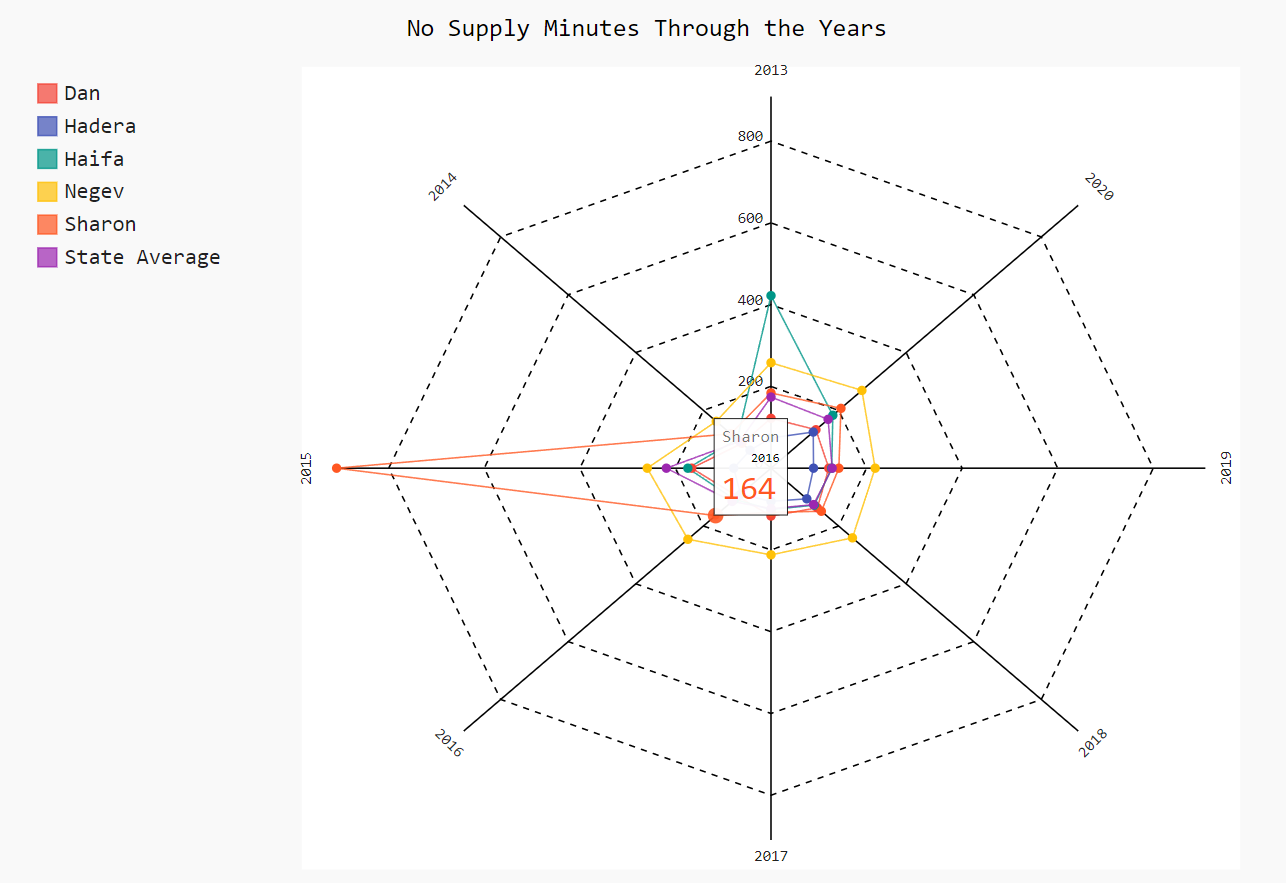
ניתן להתמקד באזור מסוים על ידי הקלקה על הקו שלו וניתן גם להסיר אזורים מסוימים על ידי לחיצה על המקרא מצד שמאל.



איור 16 – מצב ראשוני של הגרף



איור 18 – ניתן הצגה של אזורים נבחרים והדגשה של אזור מסוים



איור 17 – עמידה על נקודה מאפשרת לתחקר אותה