

השפעת המעבר לתאורת לד על זיהום אור בישראל: ההבדל בין מדידות שדה ומדידות מלוויינים

נעם לוין

noamlevin@mail.huji.ac.il



המחלקה לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

צילום: שחר הראל, 2/8/2023

מהפכת הLED

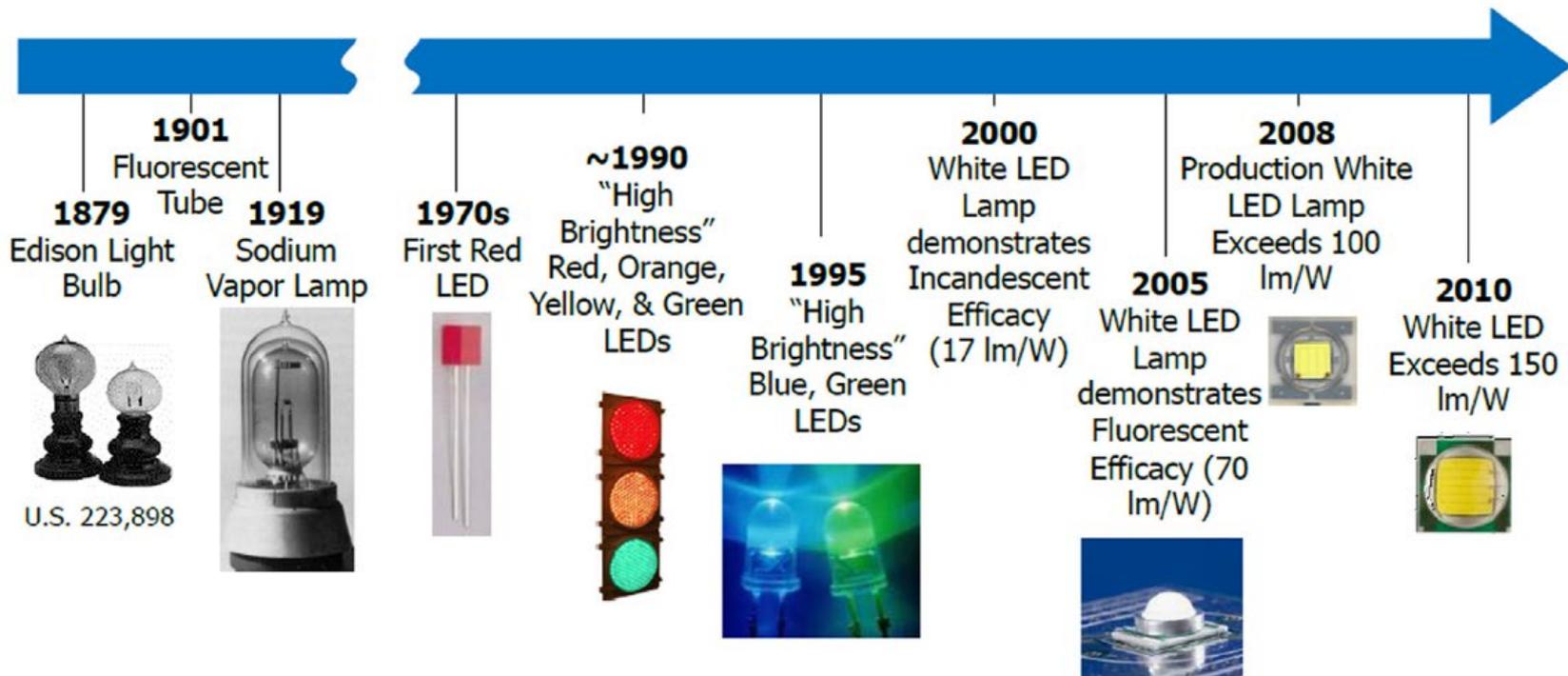
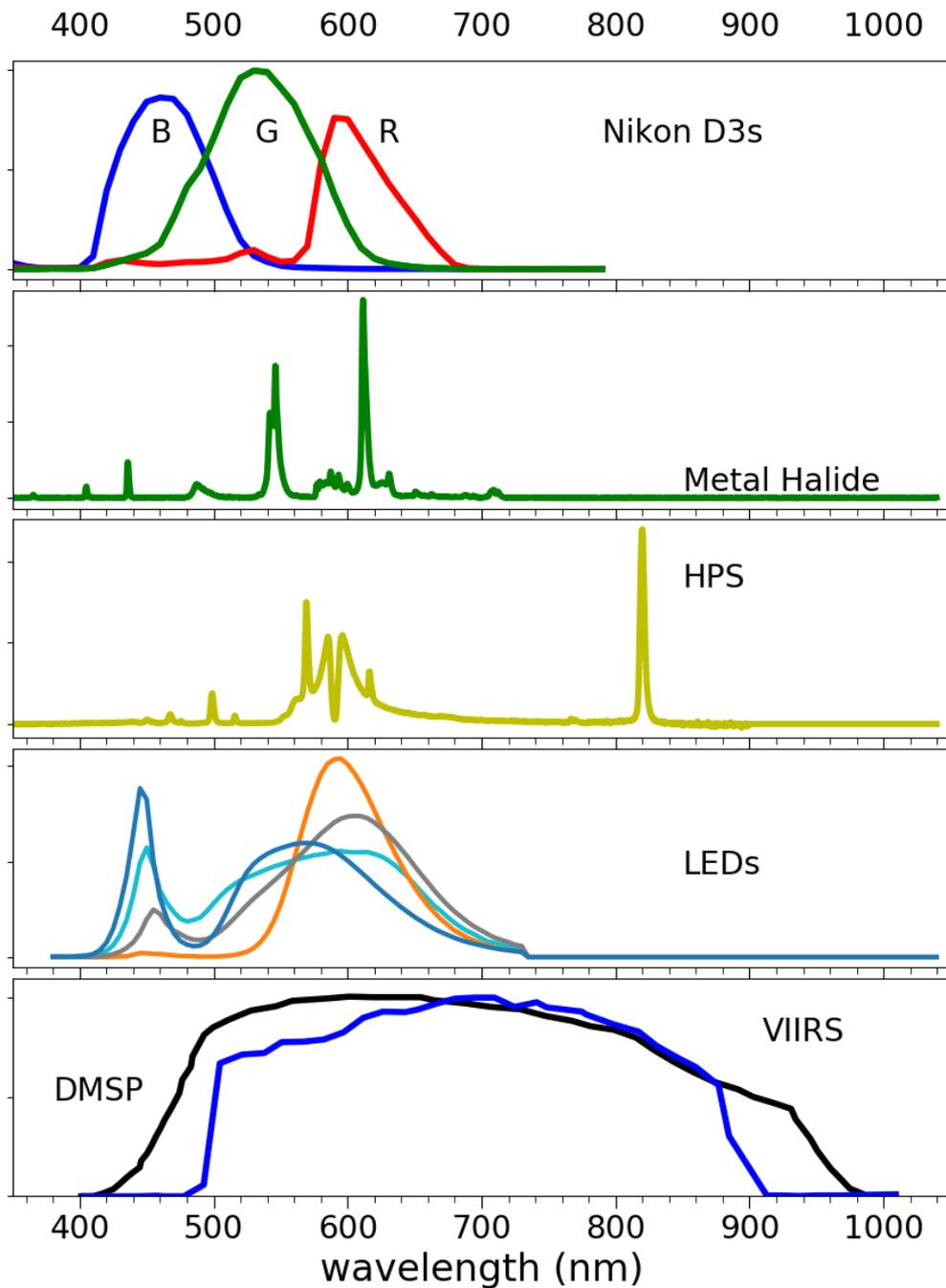


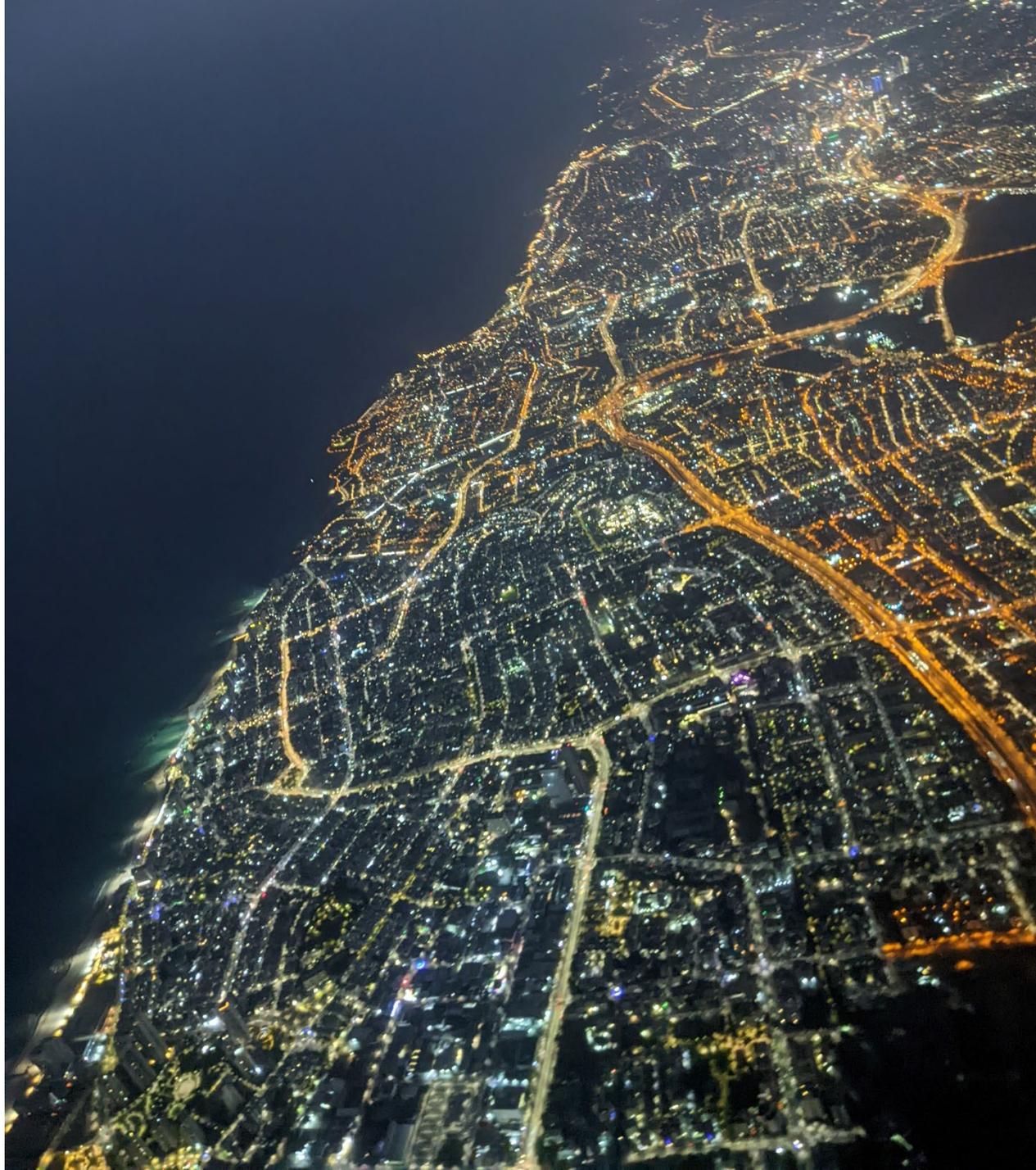
Fig. 5. Brief history of lighting, highlighting some milestones in LED development.
Source: [56].

De Almeida, A., Santos, B., Paolo, B., & Quicheron, M. (2014). Solid state lighting review–Potential and challenges in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 30-48.



Spectral response of the most popular sensors and most popular spectra. First the spectral response of the Nikon D3s Cameras used by the astronauts at the ISS, second a typical spectra of a Metal Halide lamp, popular on architectural lights, third, a High pressure sodium light, popular until 2014 on streetlighting, fourth, LEDs of 5000K (blue).

28/10/2022



צילום:
שחר הראל

Doctors issue warning about LED streetlights

THE CONVERSATION | By Richard G. "Bugs" Stevens, The Conversation
⌚ Updated 1800 GMT (0200 HKT) June 21, 2016



Photos: Los Angeles LED streetlights

"הציבור והמשלה צריכים להתעורר ולא להרשות התקנה של תאורת LED בעוצמה גבוהה במרחבים ציבוריים עד שלא יתבצעו מחקרים"

פרופ' אברהם חיים, המתריע על סכנת "זיהום אור", קיבל חיזוק מאיגוד הרופאים האמריקאי בגין הסכנות הבריאותיות של הספקטרום הכחול בתאורת לד ואומר: "הרשו לי להניח שההון משחק כאן תפקיד חשוב" • אין עמדה ממשלתית בשאלת הלד, ושר הבריאות ליצמן אומר: "באף מדינה בעולם לא קיימת רגולציה המגבילה את השימוש בתאורה כזו" / **משה ליכטמן**



<https://tevabiz.org.il/tool/light-pollution/>



על החברה פרויקטים מידע לספקים ומכרזים אחריות תאגידית מרכז חדשנות ומו"פ שירות לקוחות שדה תעופה משלים



מכרז להסבת גופי תאורה מנל"ג ל-LED , מתן שירותי אחזקה למערכות ומתקני חשמל ותאורה וביצוע עבודות יזומות, עבור נתיבי ישראל

מכרז

מכרז להסבת גופי תאורה מנל"ג ל-LED , מתן שירותי אחזקה למערכות ומתקני חשמל ותאורה וביצוע עבודות יזומות, עבור נתיבי ישראל

יצירת קשר

רפרנט טלפון
עו"ד מיטל גרבי
03-7355290

1/20

פתוח/open

אחזקה

17/08/2020

12/08/2021 בשעה 12:00

מספר מכרז

סטאטוס

קטגוריה

תאריך פרסום מכרז

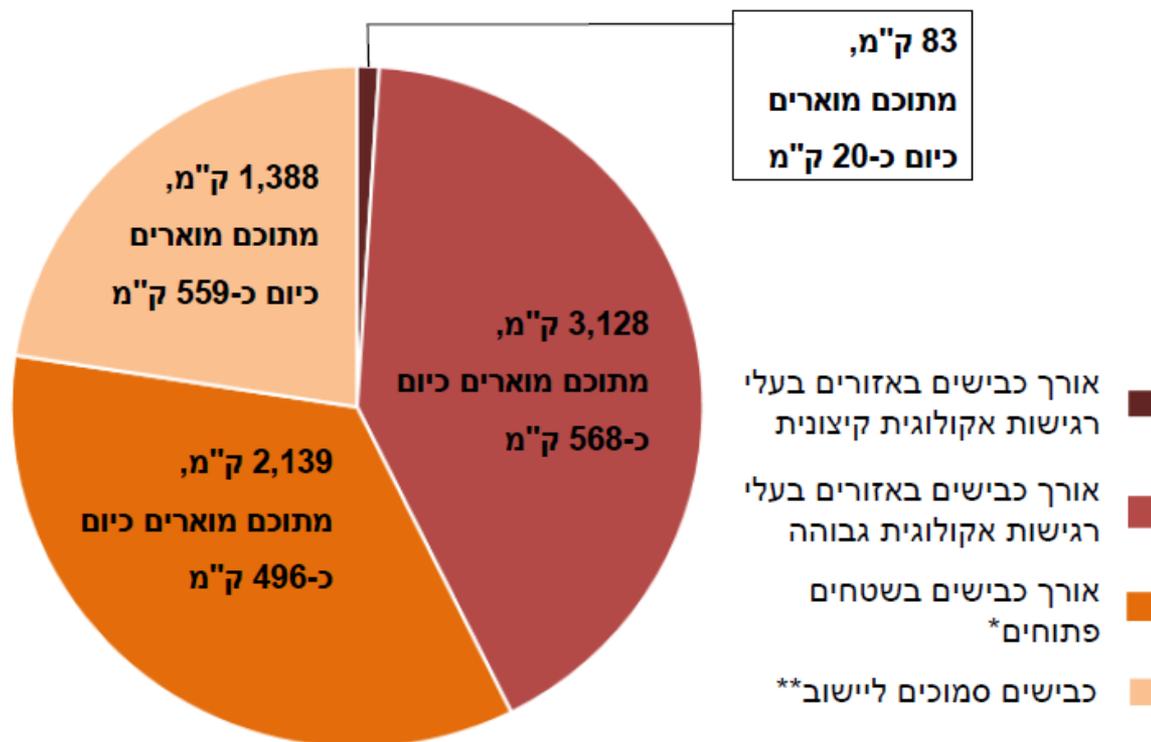
תאריך אחרון להגשת הצעות

עיקרי ההמלצות

חלוקת כבישים קיימים לרמות רגישות אקולוגית

חלוקת סך אורך כבישי נתיבי ישראל הקיימים בהתאם לרמות הרגישות האקולוגית

*כבישים בשטחים פתוחים - הינם כבישים אשר אינם סמוכים ליישוב, ואינם עומדים בהגדרות הרגישות האקולוגית הגבוהה והקיצונית ** כביש סמוך ליישוב - הינו כביש הנמצא בתחום 25 מ' משכבת יישובים של מרכז מיפוי ישראל (מפ"י). בשל קרבת הכביש למקורות אור בעלי פוטנציאל זיהום אור הגבוה מתאורת הכבישים, כבישים אלו אינם נכללים תחת ההגדרה של רגישות אקולוגית גבוהה או קיצונית.



עיקרי ההמלצות – הנחיות טכניות

שמירה על החושך היכן שאין דרישה
בטיחותית או ביטחונית להארה

גוון אור = גוון "חם"
ברגישות גבוהה: K 3000 או פחות
ברגישות קיצונית: K 2200 – K 2700
(לאחר הכנסת גופי התאורה למאגר
הגופים המאושרים בנתיבי ישראל)

מניעת זליגת אור לשמיים:
ברגישות גבוהה וקיצונית:
ללא זליגת אור כלפי מעלה וצמצום
זליגת האור לאופק

צמצום זליגת אור אחורי
ברגישות גבוהה: מקסימום זליגת אור
אחורי מעמוד התאורה יגיע למרחק 24
מ' בעת הארה מצדי הכביש. בעת הארה
ממרכז הכביש, מקסימום זליגת האור
תגיע למרחק של 40 מ' מעמוד התאורה.
ברגישות קיצונית: יותקן מסתיר אור
אחורי לצמצום נוסף של זליגת האור

עוצמת התאורה:
ברגישות גבוהה וקיצונית:
עוצמת הארה ובהיקות המיסעה לא
תעלה על תוספת של 20% מערך
המינימום הנדרש בתקנים.

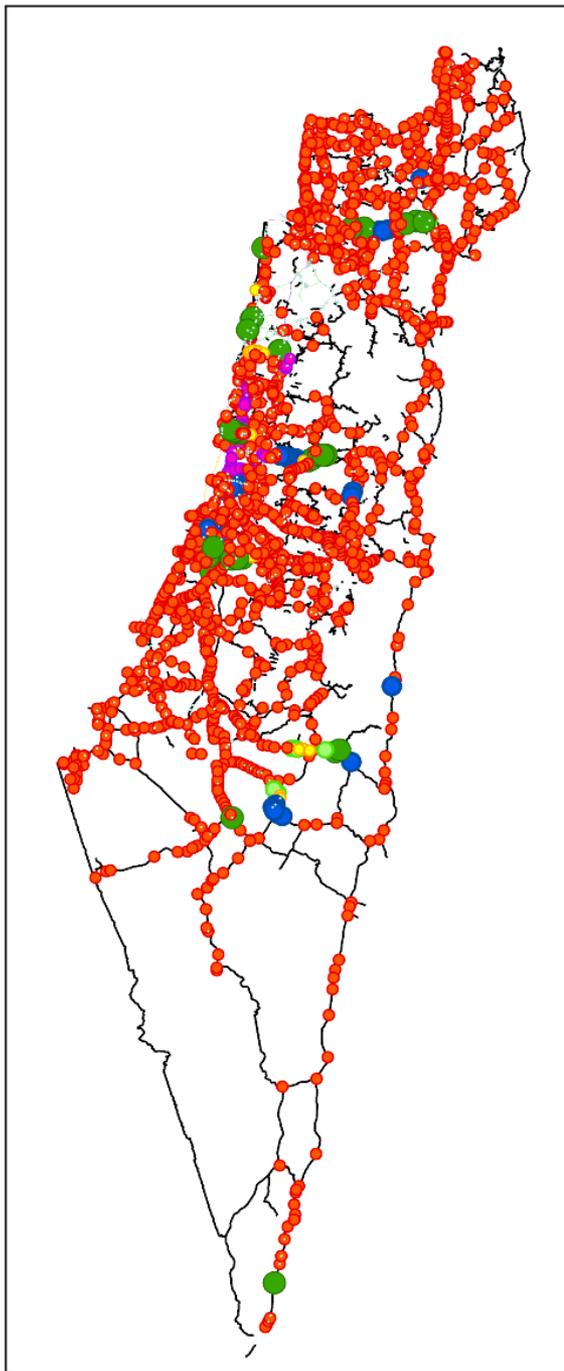
מיקום עמודי תאורה:
ברגישות גבוהה וקיצונית:
עדיפות למיקום עמודי
התאורה בצידו הדרך

טופוגרפיה מורכבת:
ברגישות גבוהה וקיצונית: טופוגרפיה
מורכבת תשולב בחישובי תאורה
(עם הסדרת מגדיר המשימות ותעריף
התכנון של יועצי החשמל)



Transition plans status

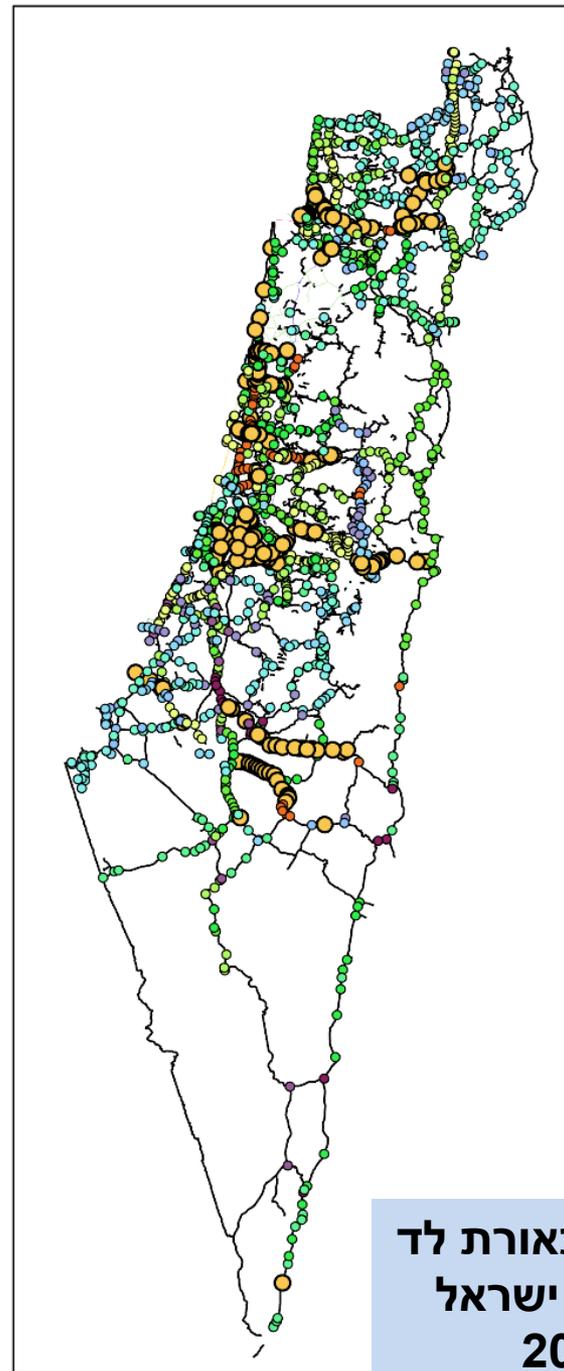
- done (pilot)
- handed (pilot)
- handed
- to be handed
- being done now
- did not start yet
- under plans



Time of planned transition

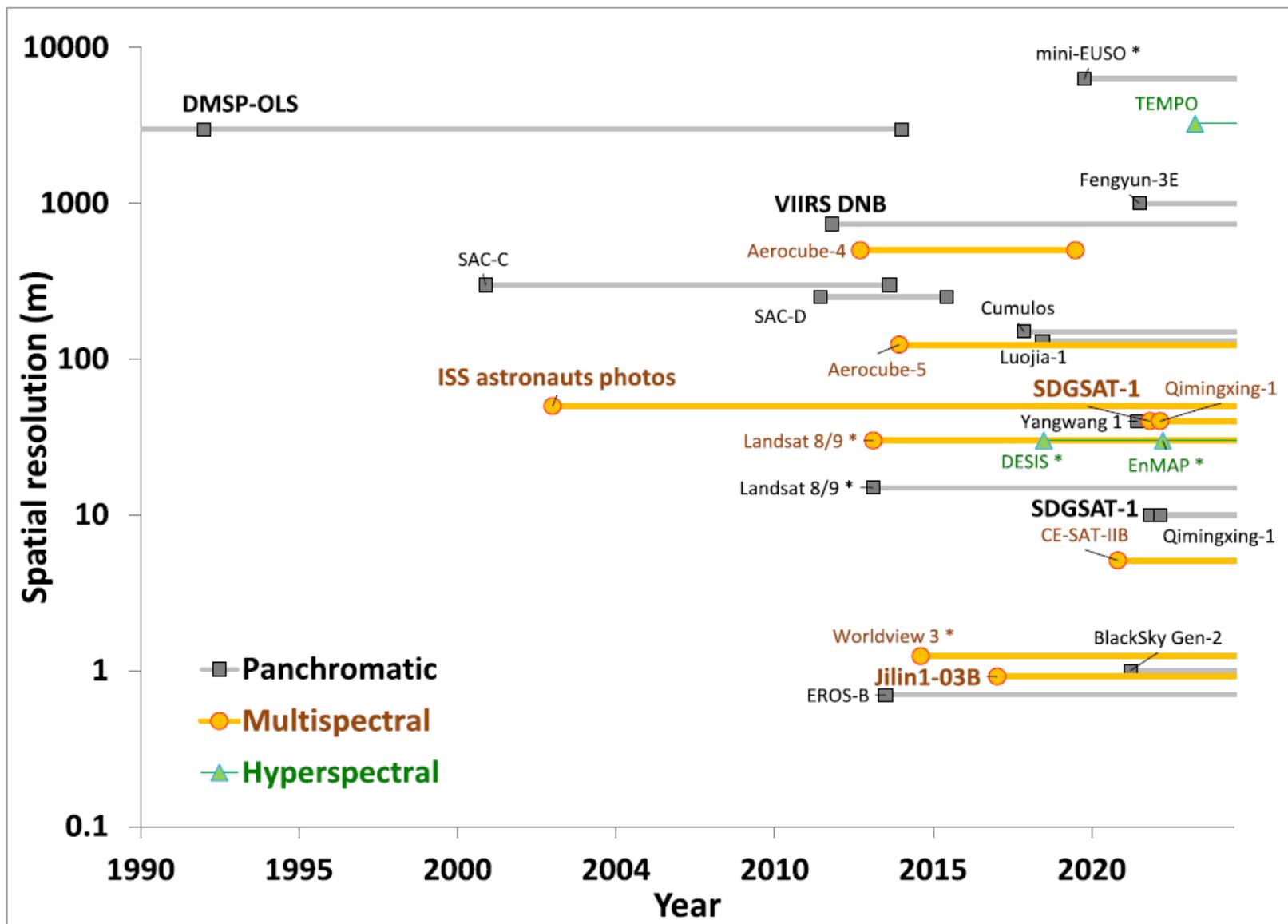
Month start

- not planned yet
- By Dec 2023
- 202313 - 202406
- 202407 - 202412
- 202413 - 202504
- 202505 - 202508
- 202509 - 202512
- 202513 - 202604
- 202605 - 202608
- 202609 - 202612
- 202613 - 202703
- 202704 - 202707
- 202708 - 202712
- 202713 - 202805



תכנון המעבר לתאורת לד
ע"י חברת נתיבי ישראל
נכון לדצמבר 2023

לוויינים זמינים לחישה מרחוק של אורות לילה



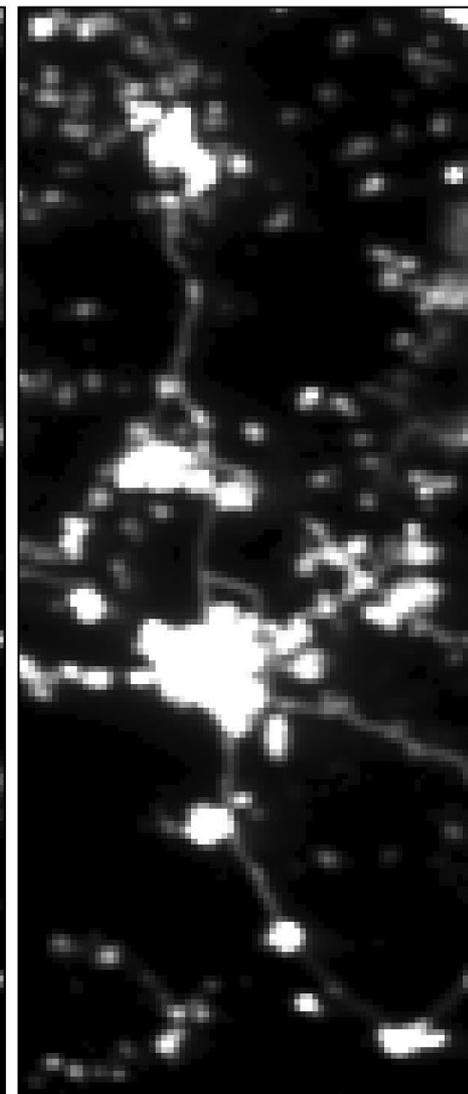
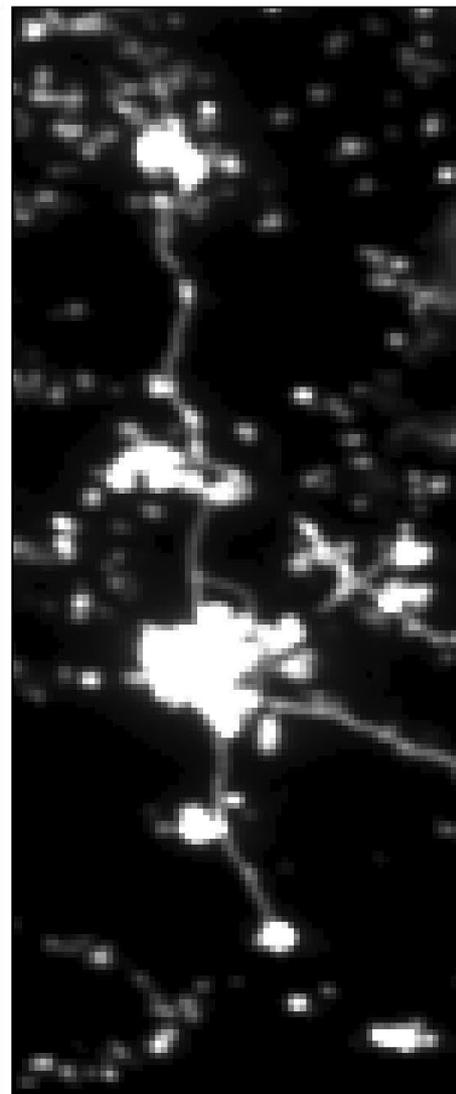
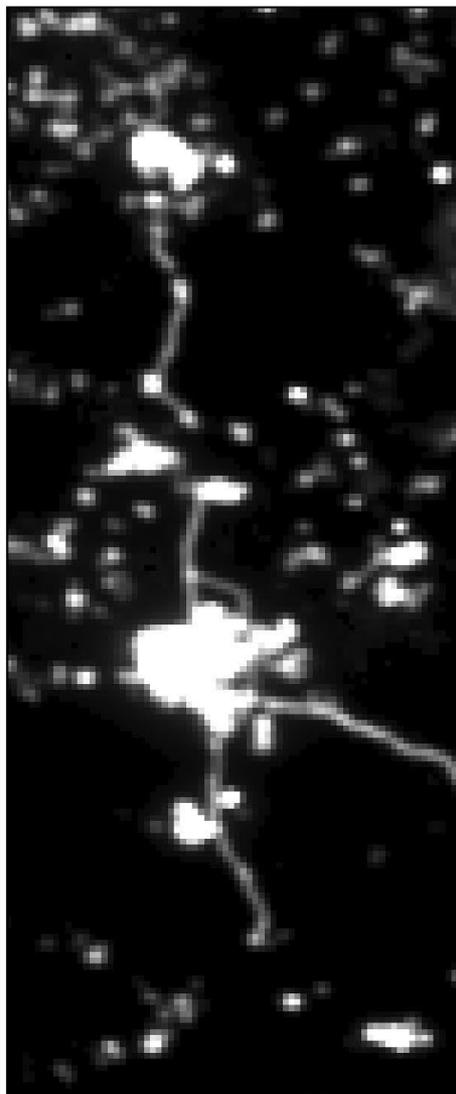
Source: Levin, N. (2025). Challenges in remote sensing of night lights—a research agenda for the next decade. Remote Sensing of Environment, 328, 114869.

2012 2018 2024

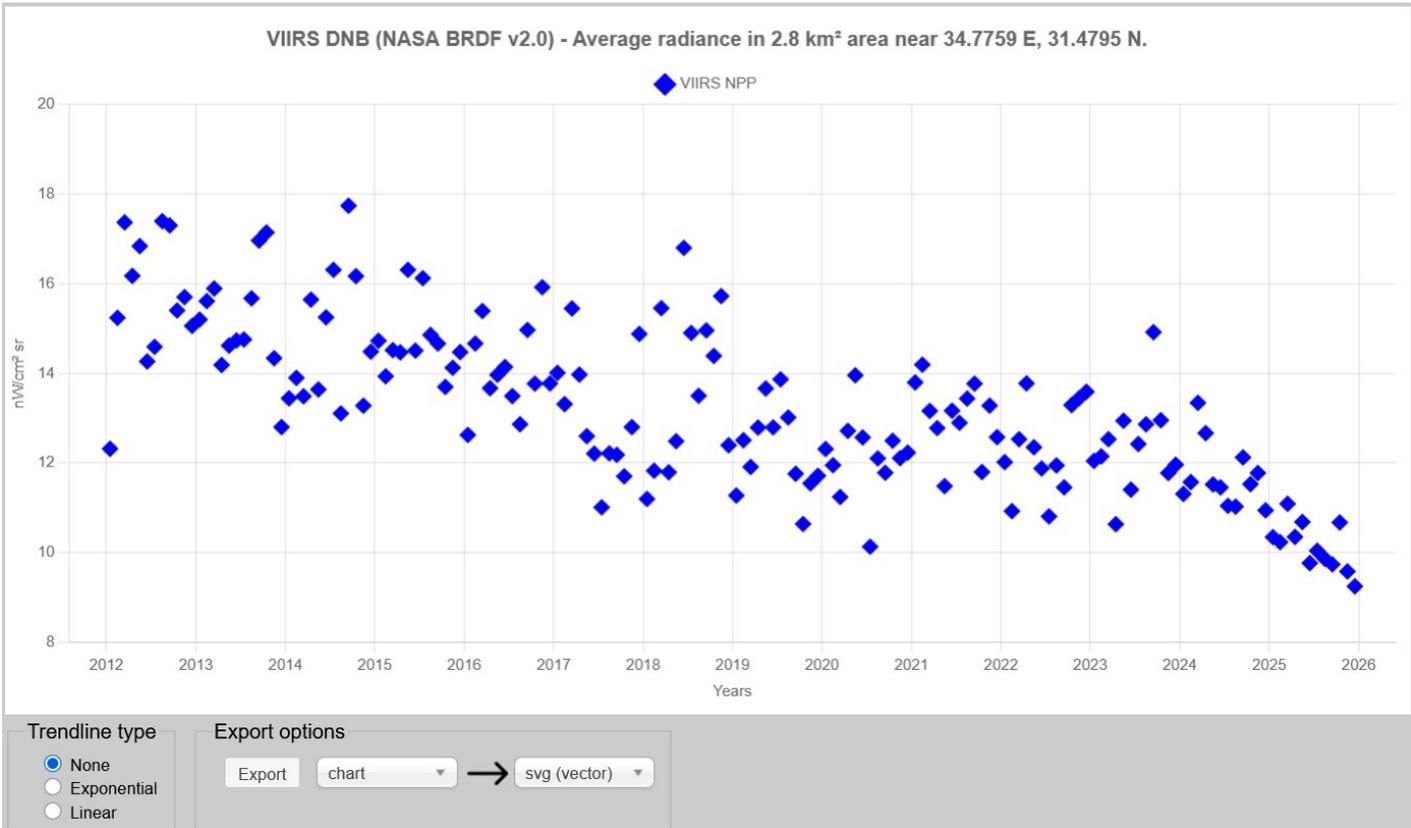
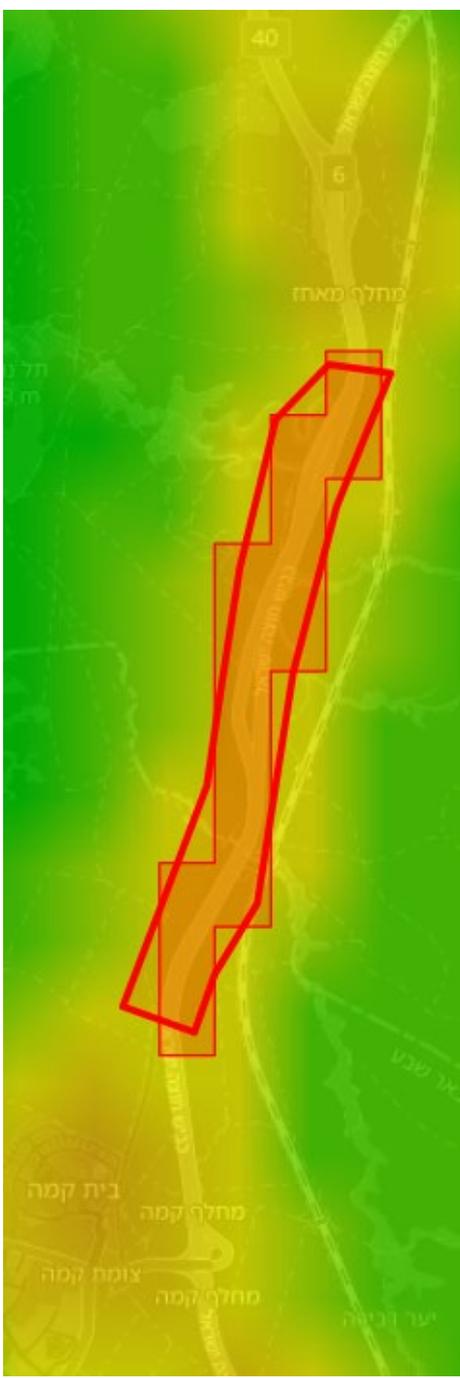
2012

2018

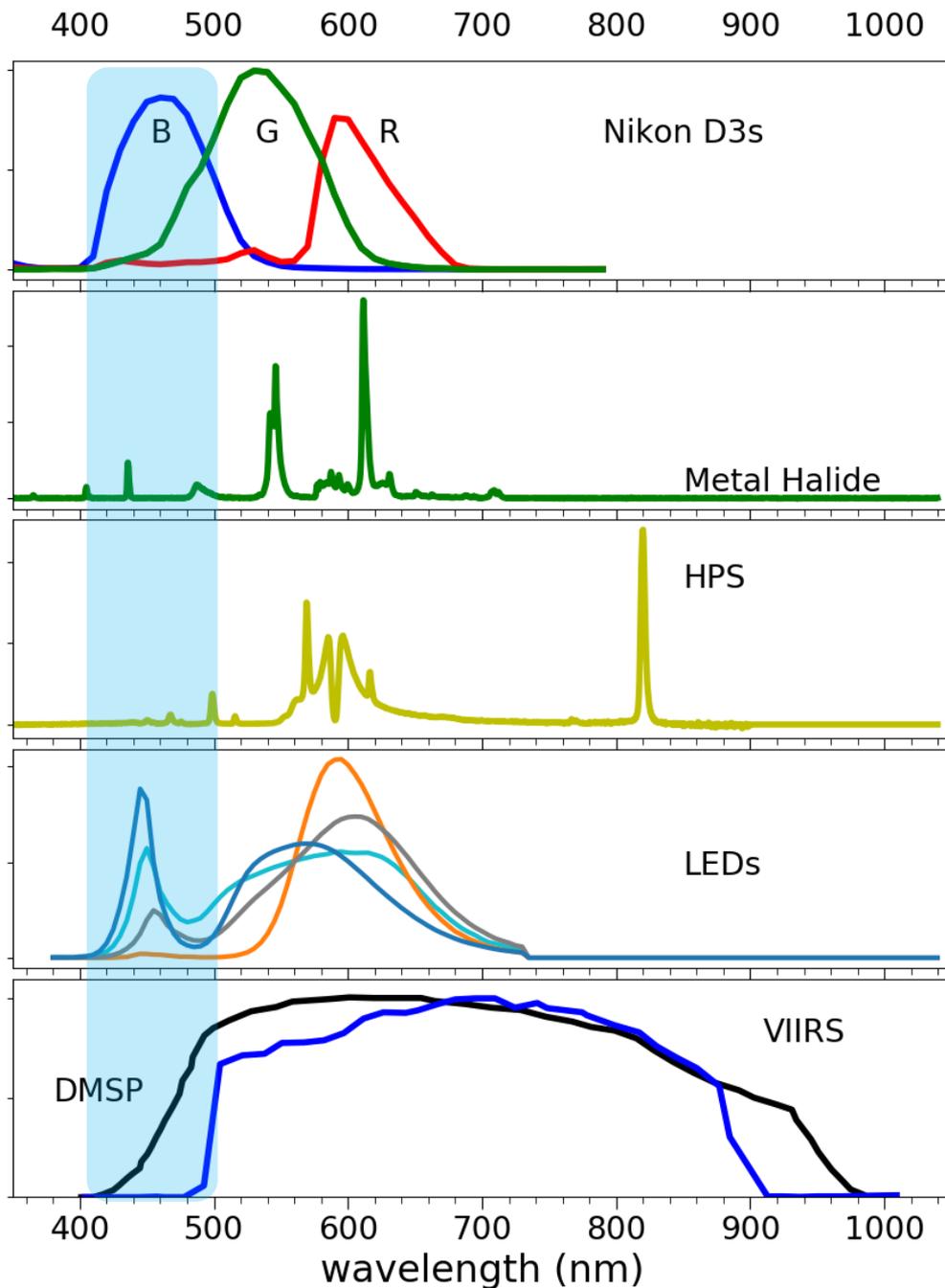
2024



סדרת זמן של לוויין ה VIIRS באזור באר שבע



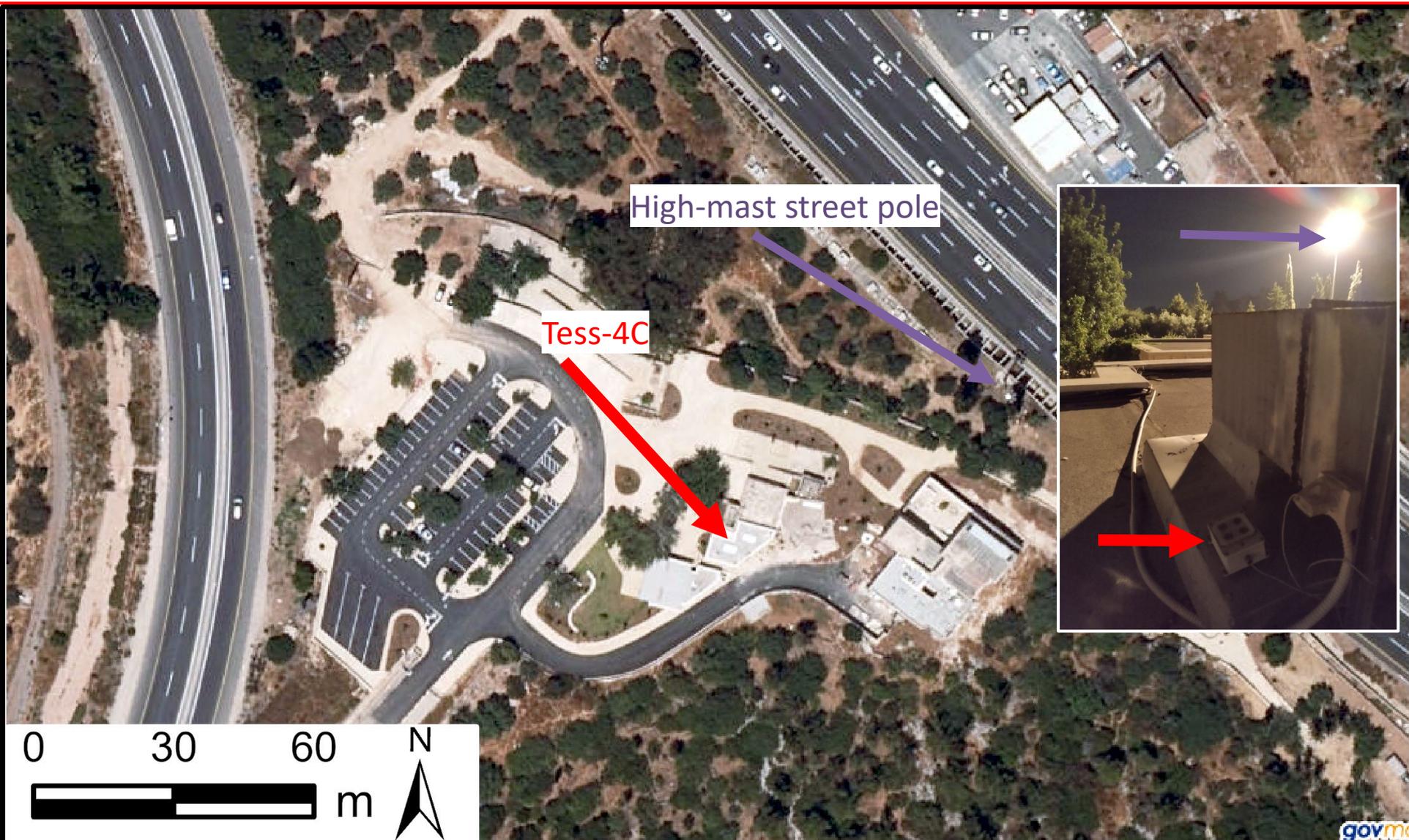
**סדרת זמן של לוויין ה VIIRS בין
בית קמה למחלף מאחז**



Spectral response of the most popular sensors and most popular spectra. First the spectral response of the Nikon D3s Cameras used by the astronauts at the ISS, second a typical spectra of a Metal Halide lamp, popular on architectural lights, third, a High pressure sodium light, popular until 2014 on streetlighting, fourth, LEDs of 5000K (blue).

נתוני לוויין ה VIIRS לא כוללים את התחום הכחול

בחינת המעבר לתאורת לד במחלף שער הגיא בשילוב פוטומטרים קרקעיים ולווין מולטיספקטרי



פוטומטר TESS-4C

Tess-4C photometer



guaix.fis.ucm.es

Tess-4C photometer:

- 4 channels: blue + red + Tess-W+ UVIR_{650nm}
- 2 thermometers: sensor + sky
- 1 min temporal resolution
- Convert frequency to irradiance (magnitude)
- Is fixed near the interchange and look at the zenith

מדידות בהירות השמיים לפני המעבר ללד

Nov 1st 2023 to Feb 6th 2024

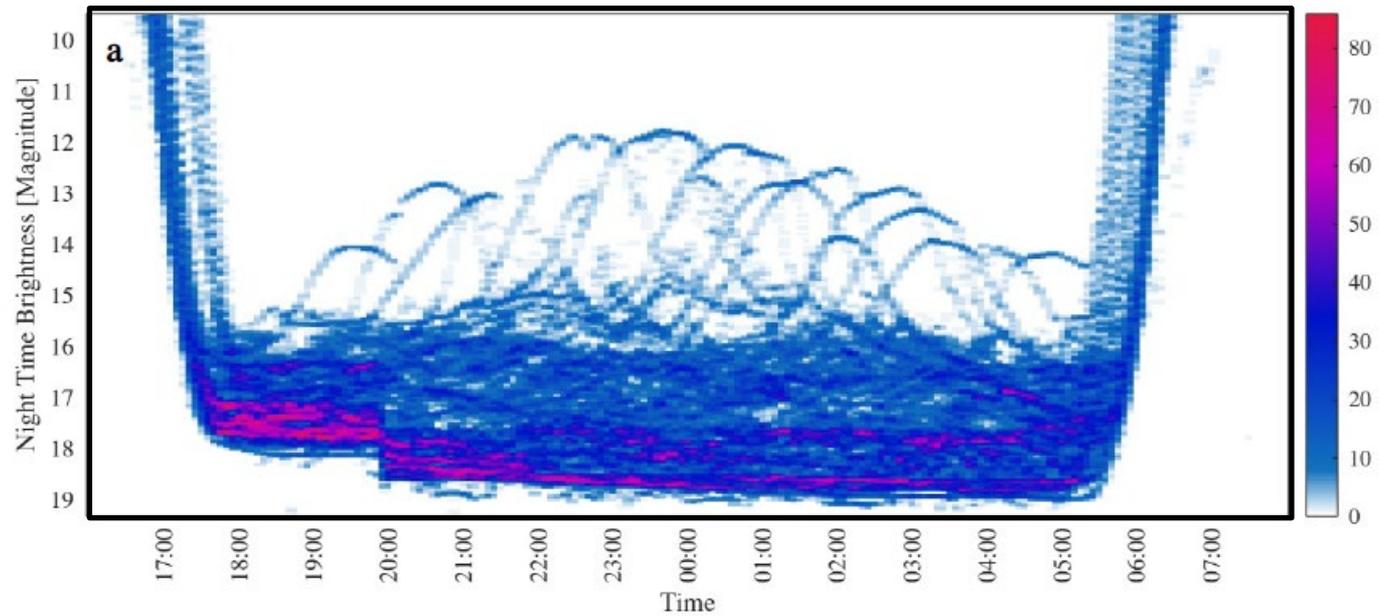


Figure by Adam Marshak and Yaakov Borovoi

מידות בהירות השמיים לאחר המעבר ללד April 5th 2024 to June 30th 2024

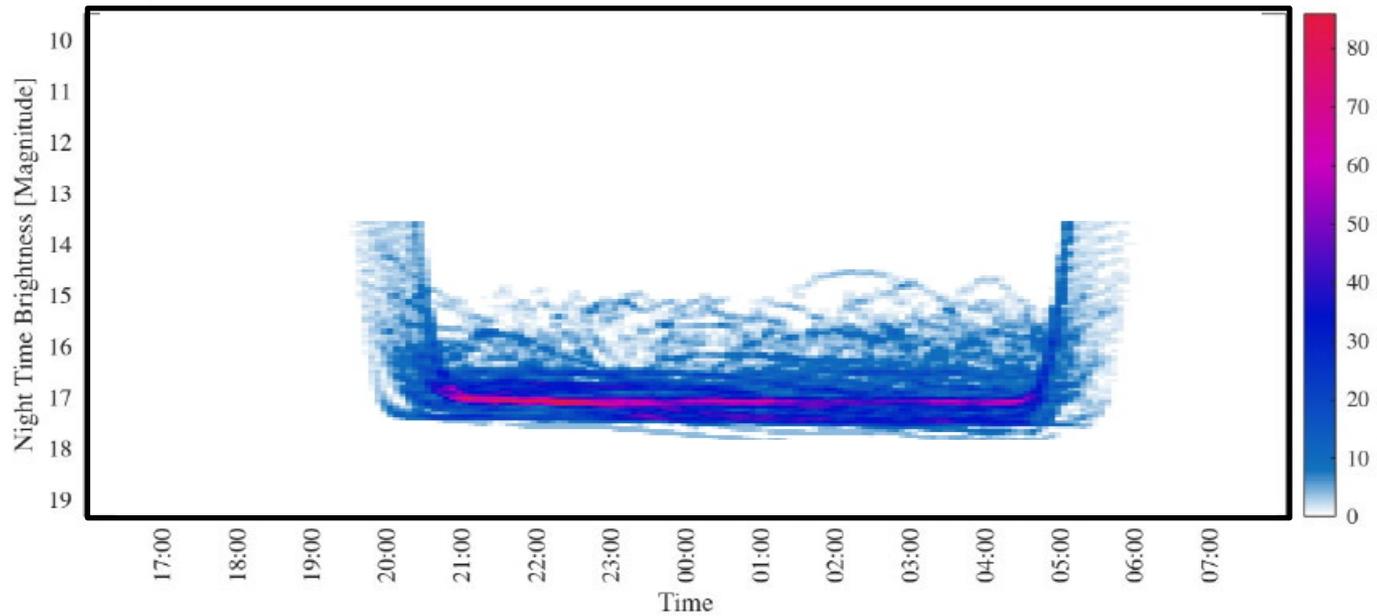


Figure by Adam Marshak and Yaakov Borovoi



פוטומטר LANcube

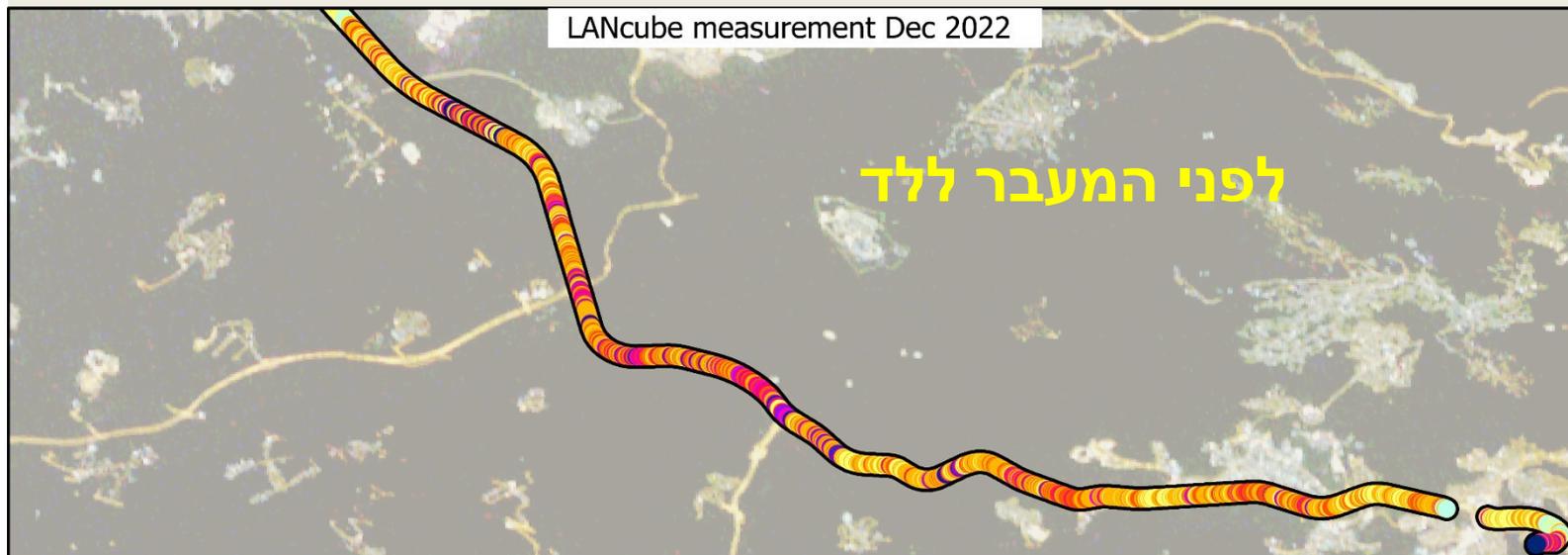
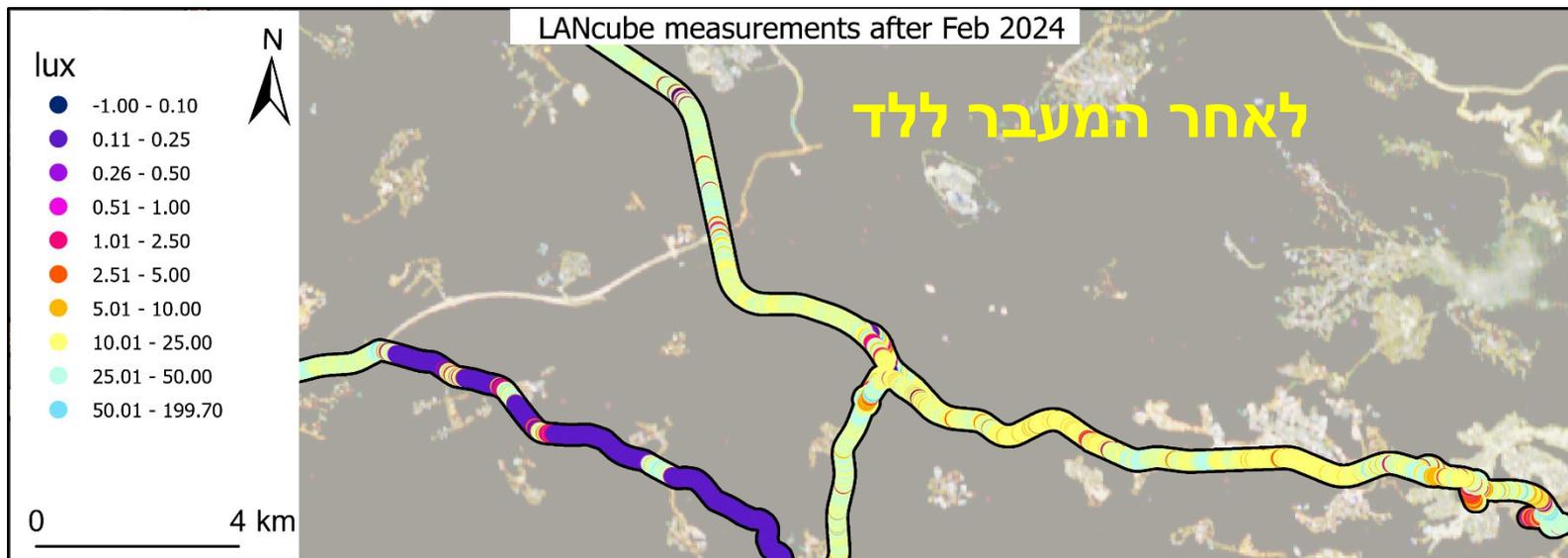
LANcube photometer



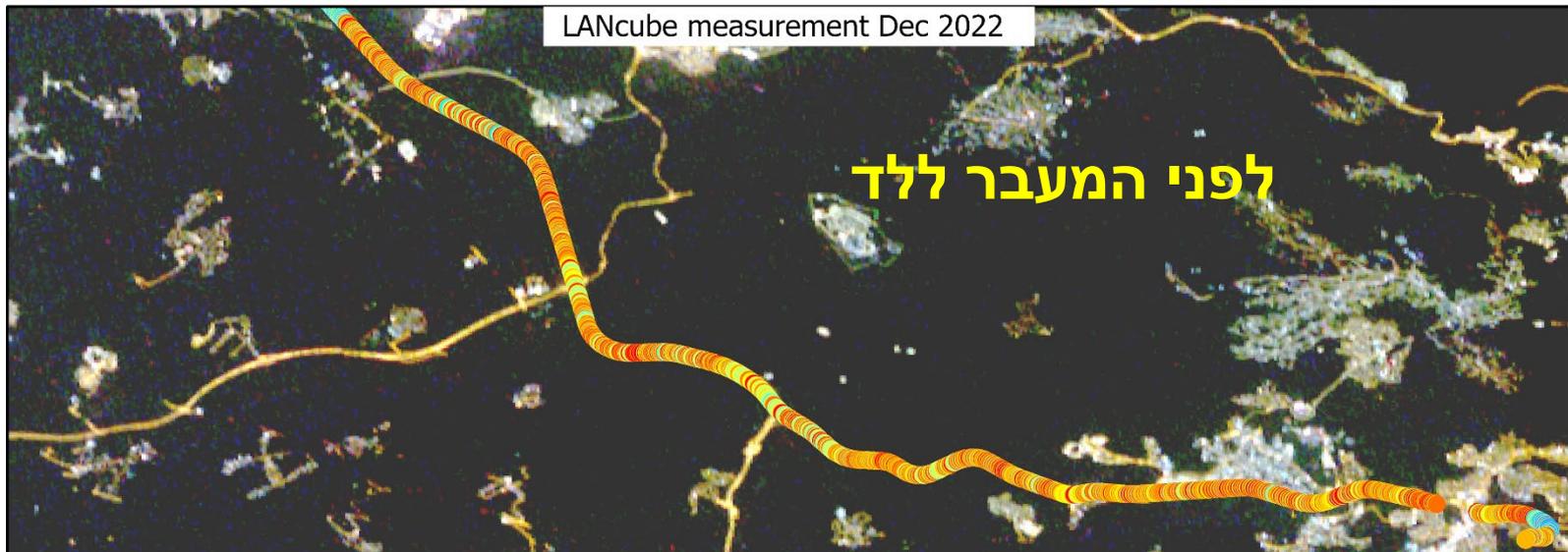
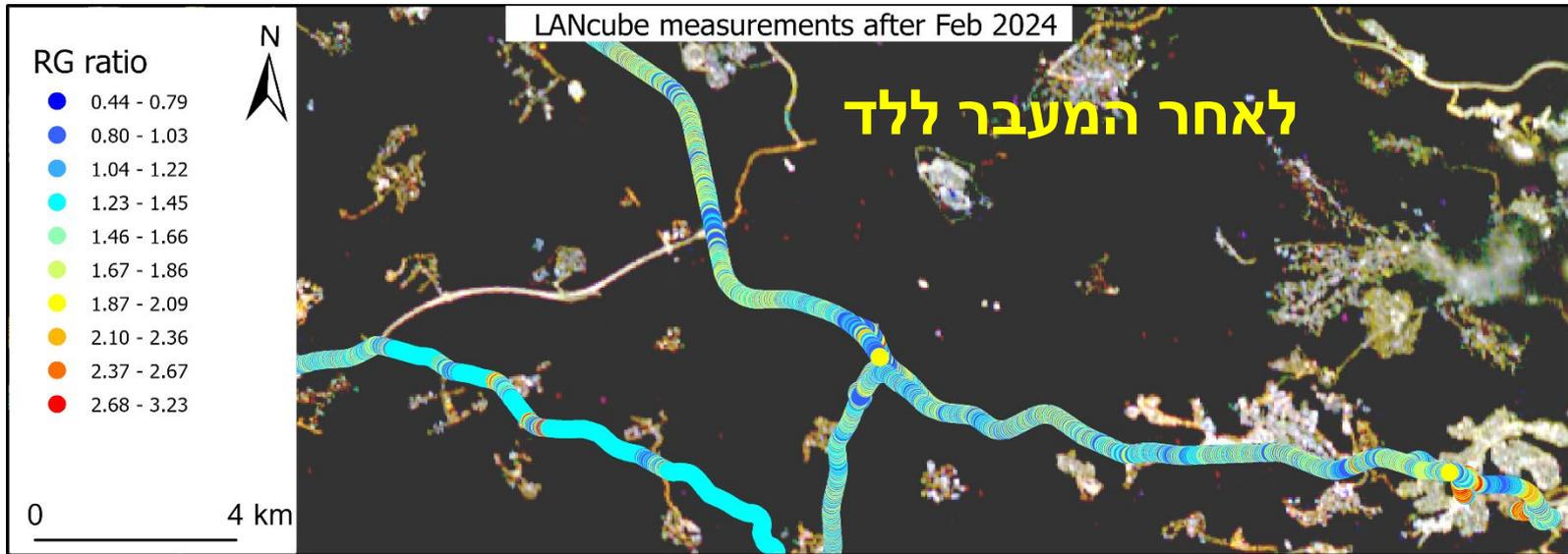
LANcube photometer:

- 5 sensors for different directions
- Record irradiance in lux, and for each color blue + red + green, and color temperature
- Mobile, here is carried on the roof of a car
- We used the data from the sensor looking upward

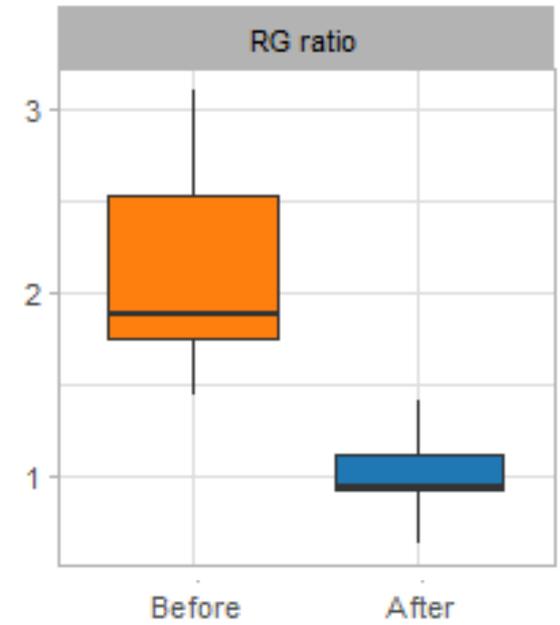
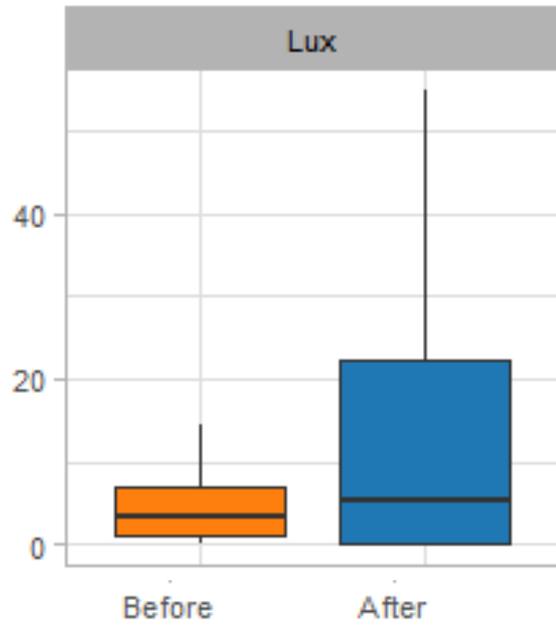
מדידות קרקעיות תוך כדי נסיעה



מדידות קרקעיות תוך כדי נסיעה



מדידות קרקעיות תוך כדי נסיעה



הלוויין הסיני SDGSAT-1

SDGSAT-1 satellite data



sdg.casearth.cn

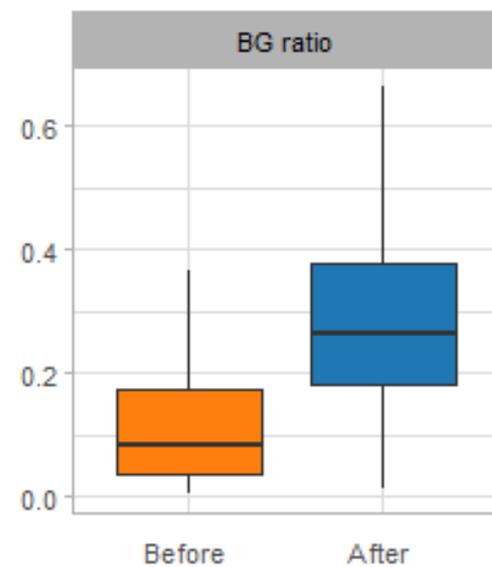
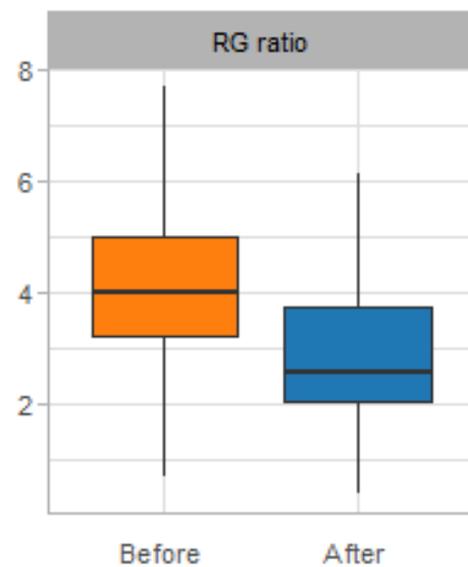
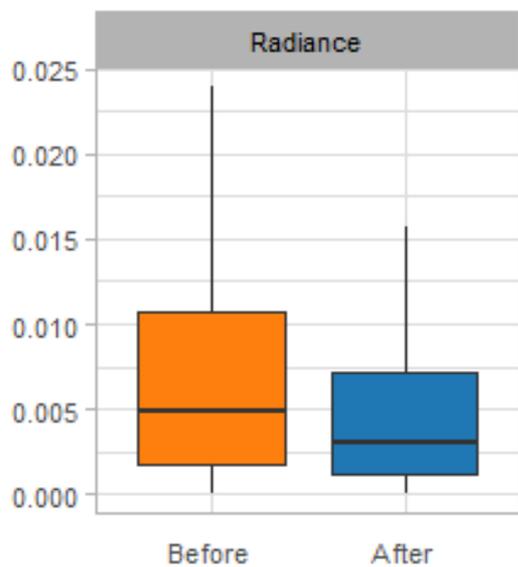
SDGSAT:

- Sensor Glimmer
- Multispectral sensor with 40 m resolution
- Covers the blue spectrum from around 415 nm
- We used two images, before (February 2023) and after (February 2024) the transition

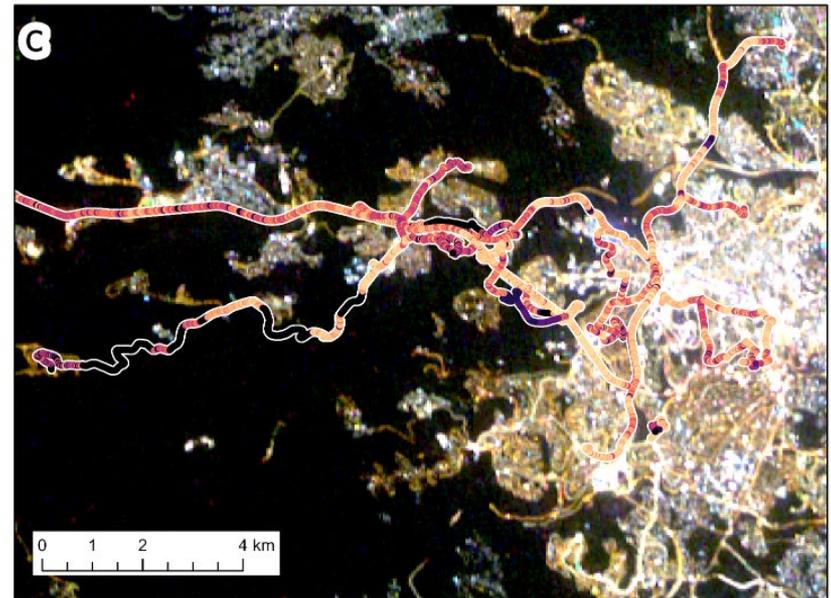
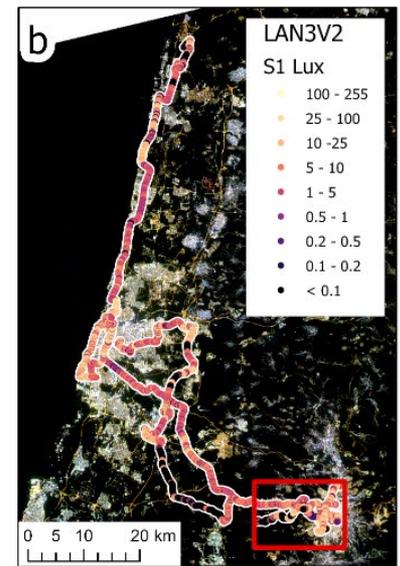
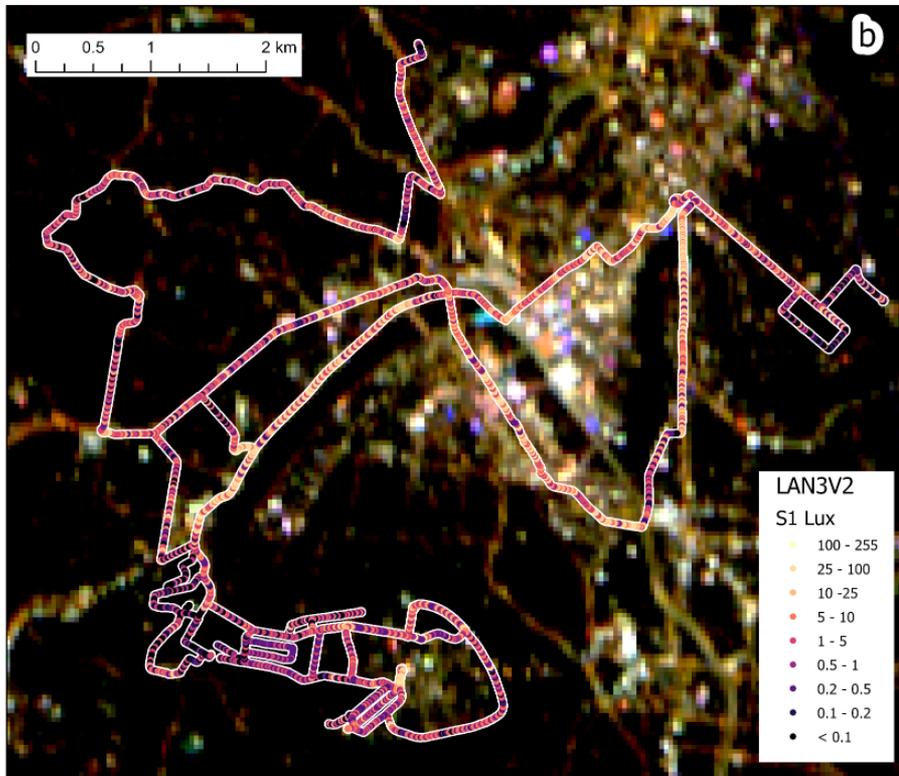
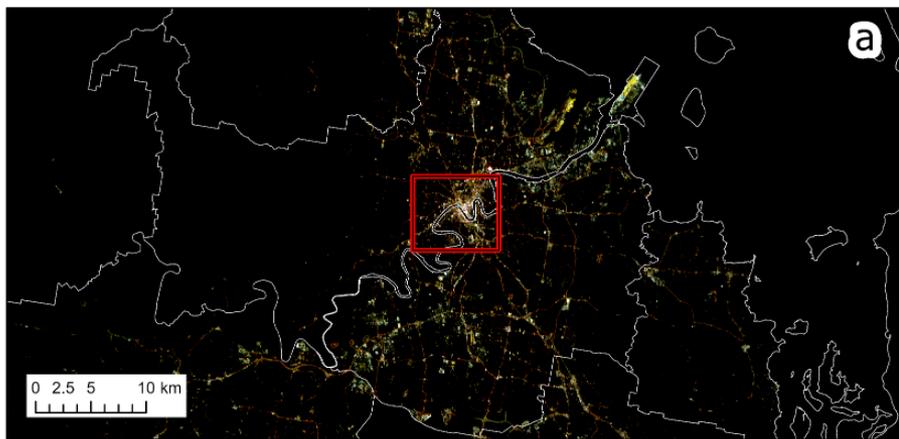
תמונות לוויין



ממצאים על סמך תמונות הלוויין



**מדידות שדה עם ה LANcube
השוואה בין תאורת הרחובות בבריסביין אוסטרליה
ומרכז ישראל**

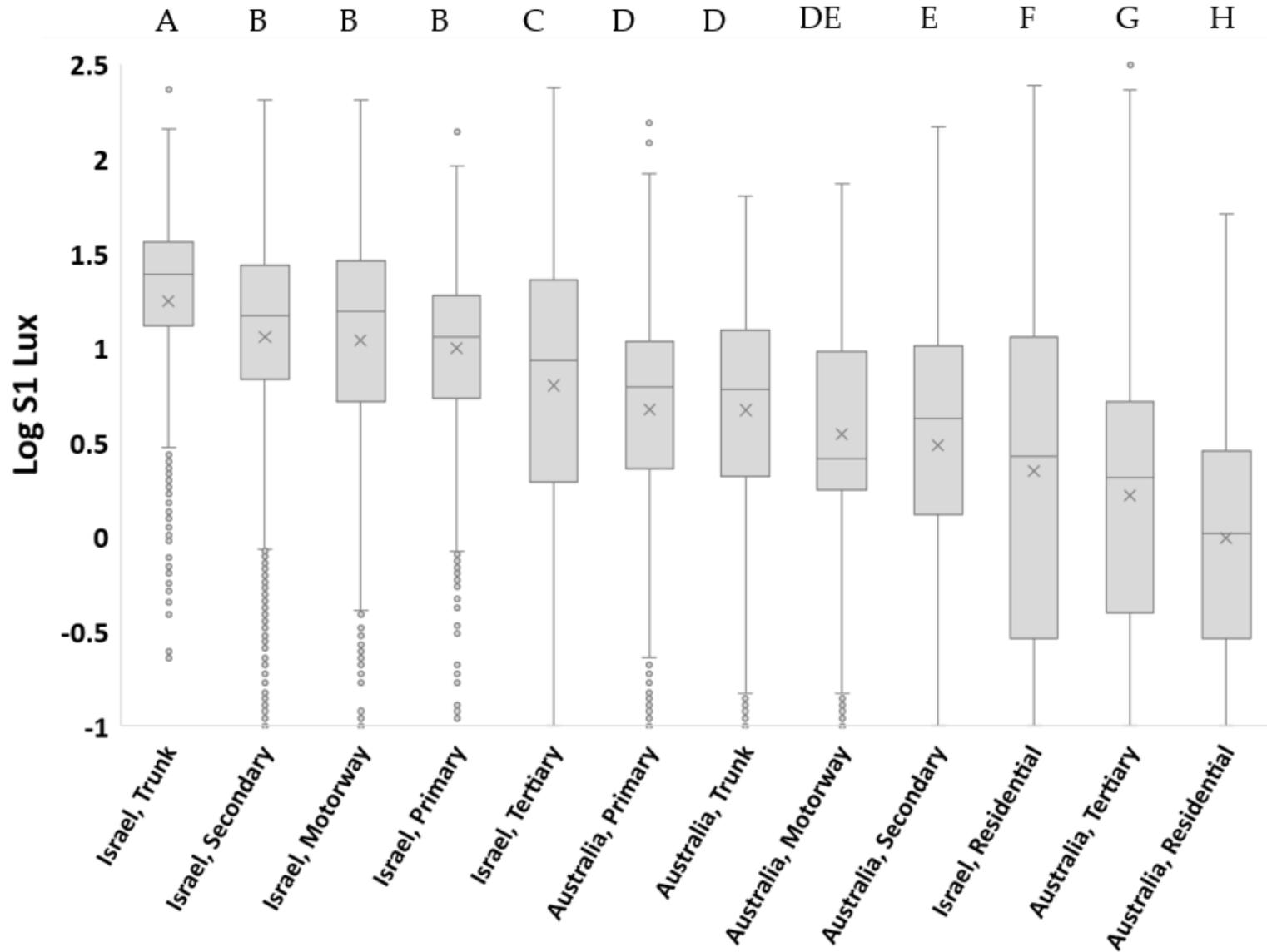


In the background is a night time image of SDGSAT-1, acquired on 18/7/2022
Brisbane, Australia

In the background is a night time image of SDGSAT-1, acquired on 27/4//2023
Israel



a



Levin, N. (2023). Quantifying the Variability of Ground Light Sources and Their Relationships with Spaceborne Observations of Night Lights Using Multidirectional and Multispectral Measurements. *Sensors*, 23(19), 8237.

Most polluted countries by population

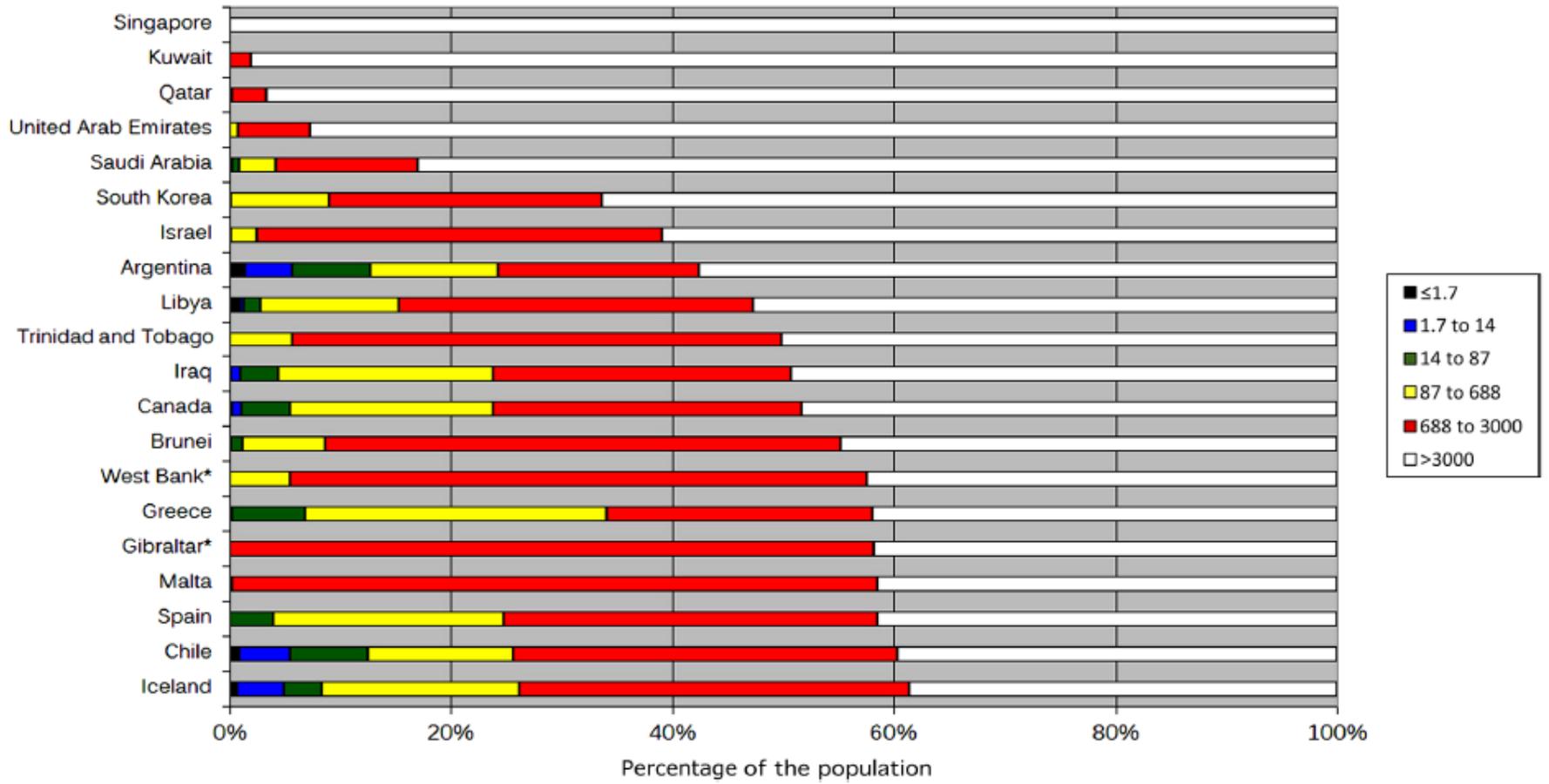
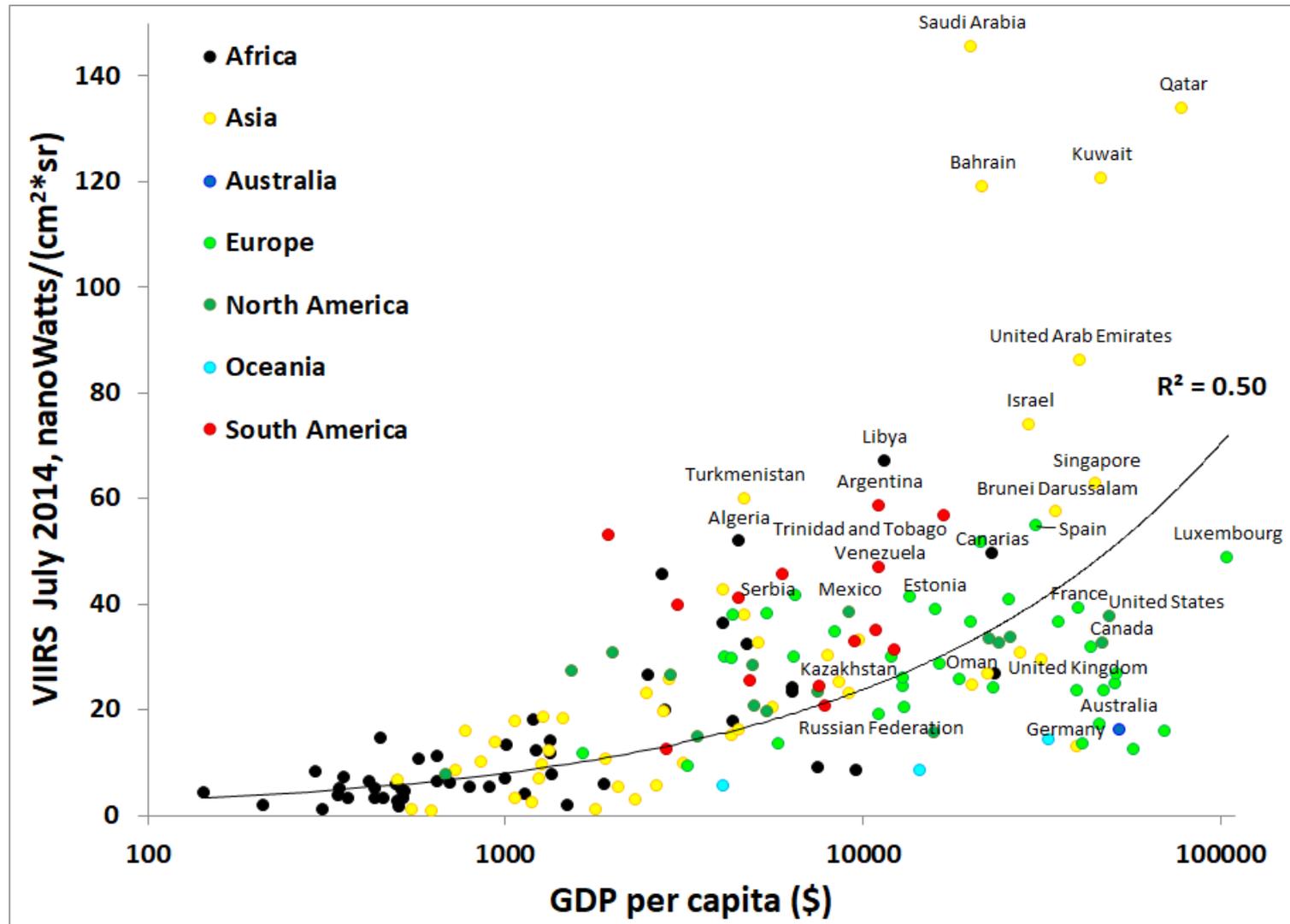


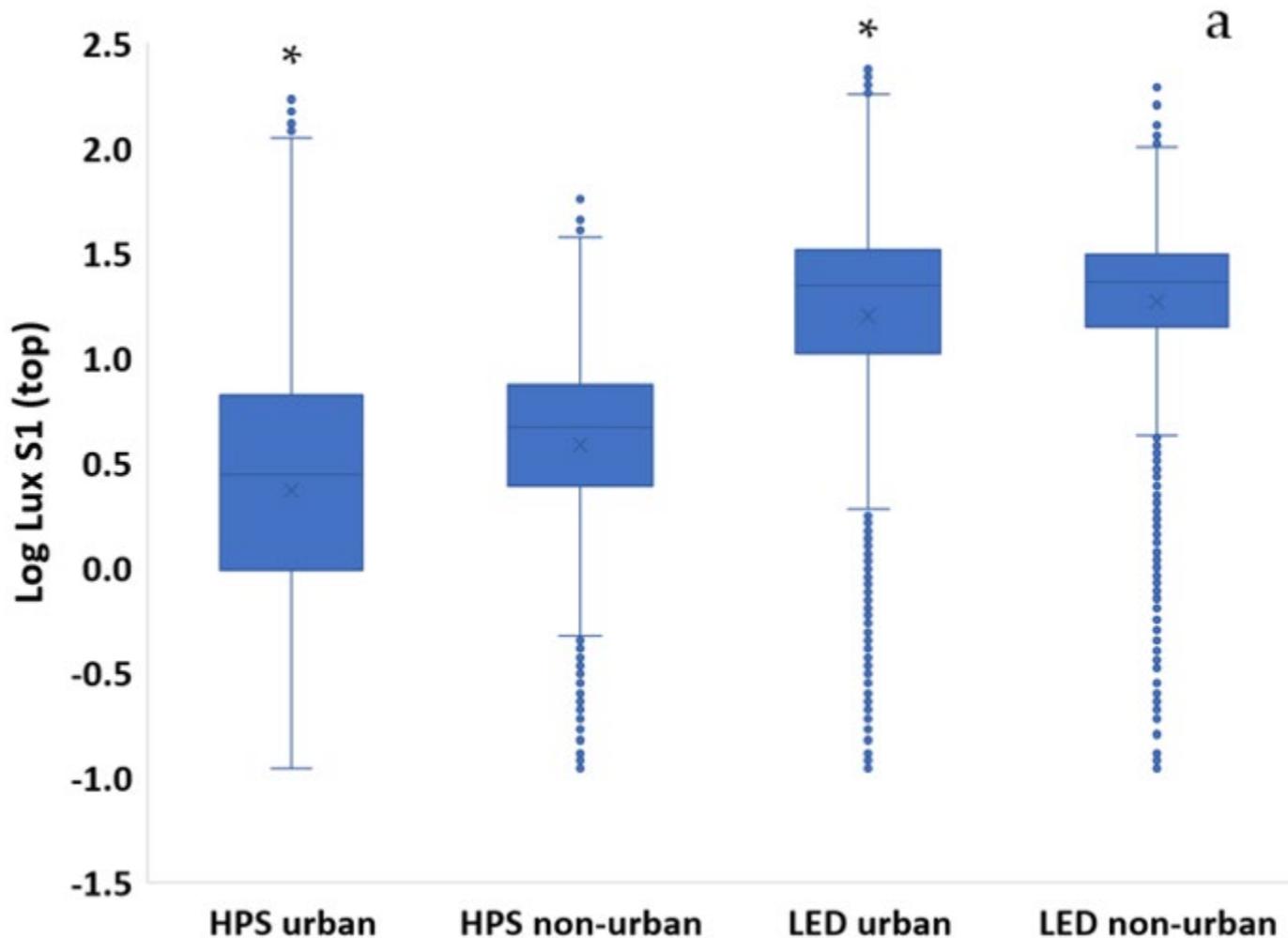
Fig. 14. The 20 most polluted countries. Countries whose populations are most exposed to light pollution. Color ranges are shown on the right and indicate the pollution level ($\mu\text{cd}/\text{m}^2$).

עוצמת התאורה בלילה באזורים העירוניים

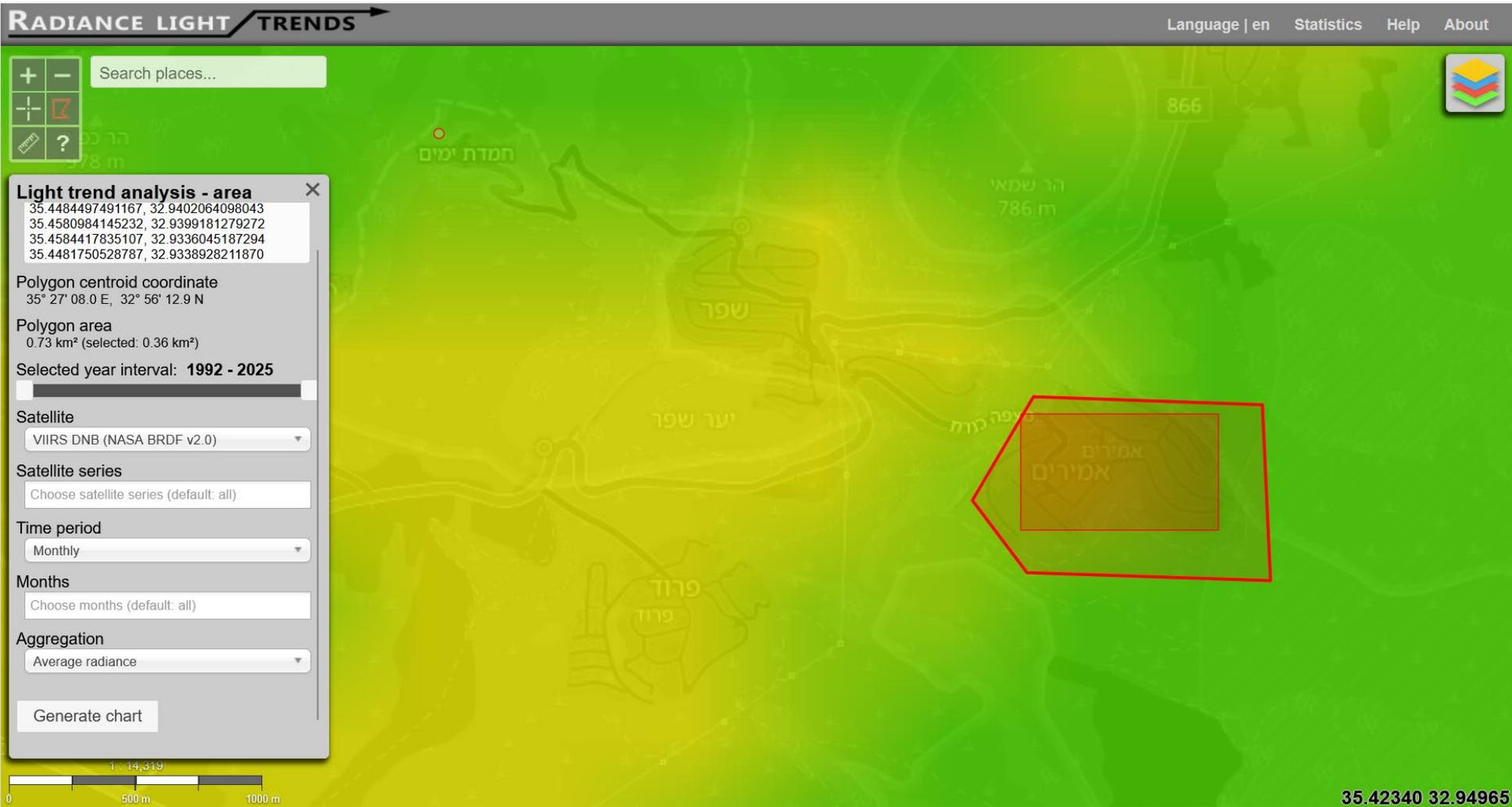


Levin, N., & Zhang, Q. (2017). A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas. Remote sensing of environment, 190, 366-382.

השוואה בעוצמת התאורה ברחובות המוארים בנל"ג ובלד



אמירים

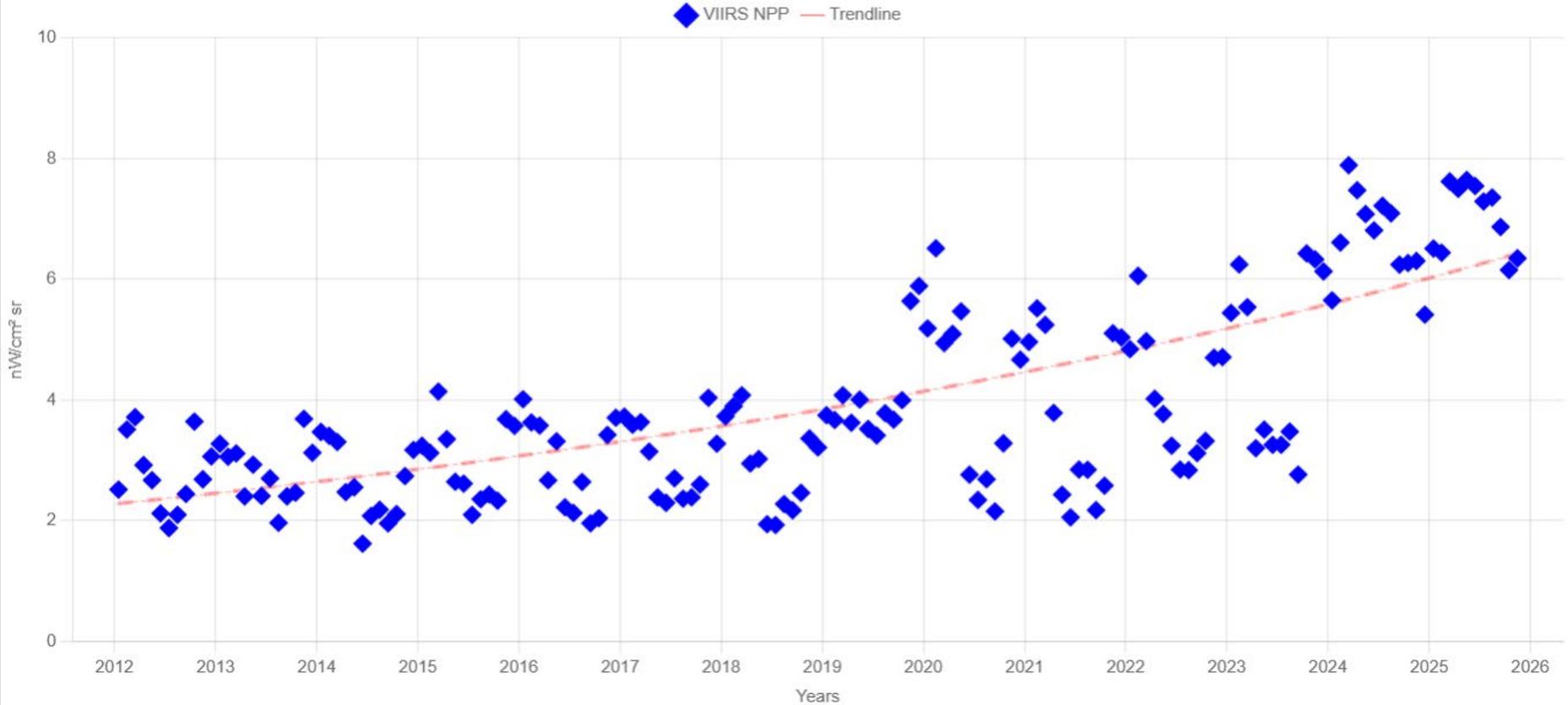


<https://lighttrends.lightpollutionmap.info>

המעבר לתאורת לד באמירים

Light trends chart

VIIRS DNB (NASA BRDF v2.0) - Average radiance in 0.36 km² area near 35.4522 E, 32.9369 N.



Trendline properties

$Y = 5.25 \times 10^{-4} * e^{2.05 \times 10^{-4} * x}$
 $R^2 = 0.55$
 $\Delta: 7.74\% / \text{year}$

Trendline type

- None
- Exponential
- Linear

Export options

Export

chart



svg (vector)

<https://lighttrends.lightpollutionmap.info>

אבל המעבר ללד יכול להיות גם ידידותי לסביבה



Figure 4: Reduction of the luminous flux and colour change at Bishop's University campus in Sherbrooke, Canada. The luminous flux was reduced by a factor of 2 and the 4000K white LEDs were replaced by PC amber LEDs. The ULOR was maintained unchanged.

לסיכום:

המעבר לתאורת לד יכול להוות הזדמנות לתאורה ידידותית לסביבה, אך לשם כך צריך:

- **להעדיף תאורת לד בגוונים חמים יותר**
- **לא להגביר את עוצמת התאורה עם המעבר ללד**
- **לכוון את התאורה להיכן שצריך**
- **לשקול עמעום/כיבוי התאורה ברחובות מגורים בשעות הקטנות של הלילה**

תודה על ההקשבה 😊



ר נעשה במימון קרן ISF 303/21