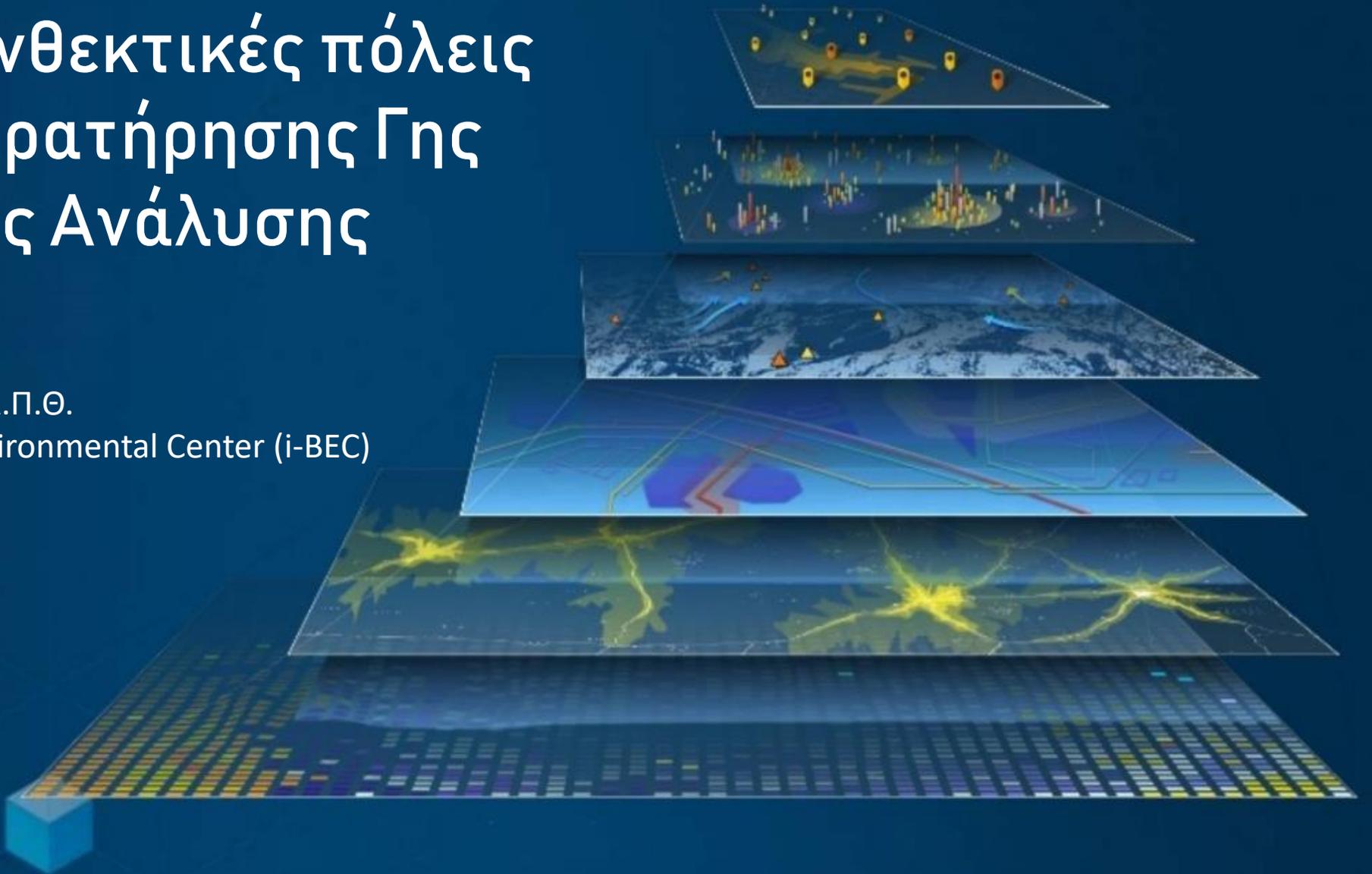


# Έξυπνες και ανθεκτικές πόλεις με Τεχνικές Παρατήρησης Γης και Γεωχωρικής Ανάλυσης

Αριστοτέλης Βαρθολομαίος  
Τοπογράφος Μηχανικός Α.Π.Θ.  
Μεταδιδακτορικός Ερευνητής Α.Π.Θ.  
Συνεργάτης της interBalkan Environmental Center (i-BEC)



Τι χαρακτηρίζει την έξυπνη πόλη;



**‘We shape our buildings, and afterwards, our buildings shape us’  
(Churchill, 1944)**

# Τι χαρακτηρίζει την έξυπνη πόλη;

A satellite with large solar panels is shown in orbit above the Earth. A green laser beam is directed from the satellite towards a specific location on the ground. The Earth's curvature and blue atmosphere are visible in the background.

**'We shape our tools and thereafter our tools shape us'  
(John Culkin , 1964)**

# Οι «αναδυόμενες» τεχνολογίες

Smartphones

Cloud / Fog Computing

Internet of Things (IoT)

Big Data Analytics / Machine Learning

Earth Observation

GIS / BIM

Distributed Ledger Tech / Smart Contracts

Σμίκρυνση συσκευών, Μαζική Υιοθέτηση, Αύξηση υπολογιστικής ισχύος, Αύξηση ταχύτητας ανταλλαγής πληροφοριών, Αποκέντρωση



# Τι χαρακτηρίζει την έξυπνη πόλη;

**UK Department for Business, Innovation and Skills:** «Οι έξυπνες πόλεις είναι μια **διαδικασία** αντί ένα στατικό αποτέλεσμα όπου η αυξημένη εμπλοκή πολιτών, οι υποδομές, το κοινωνικό κεφάλαιο και οι ψηφιακές τεχνολογίες κάνουν τις πόλεις πιο ζωντανές, **ανθεκτικές** και καλύτερα ανταποκρινόμενες σε προκλήσεις».

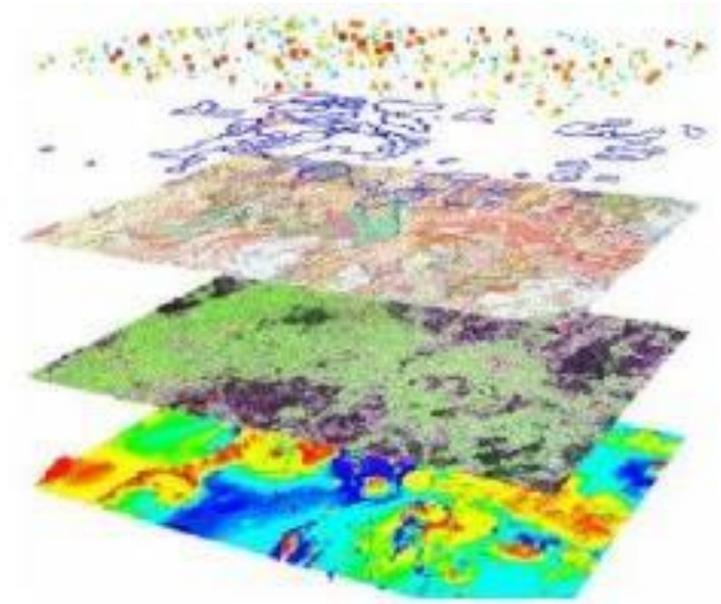
**IBM:** Η έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί βέλτιστα όλη τη διασυνδεδεμένη πληροφορία που είναι σήμερα διαθέσιμη για να **κατανοήσει** καλύτερα και να **ελέγξει** τις λειτουργίες της και να **βελτιστοποιήσει** τη χρήση περιορισμένων πόρων.

**M. Batty (2013):** Έξυπνες πόλεις = Έξυπνοι **πολίτες**.

# Ο χώρος ως πληροφορία

Η πόλη είναι ένα πολύπλοκο και δυναμικό σύστημα με χωρική υπόσταση

Άρα απαιτούνται **δυναμικά εργαλεία** παρακολούθησης και ανάλυσης του αστικού περιβάλλοντος.



Παρατήρηση Γης



Γεωχωρική ανάλυση

# Τι είναι Παρατήρηση Γης;

**Παρατήρηση Γης:** Η συλλογή πληροφορίας για τα φυσικά, χημικά και βιολογικά συστήματα της Γης.

Εμπλέκει την παρακολούθηση και αξιολόγηση της κατάστασης και των **μεταβολών** του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (Group on Earth Observations, 2017).

**Παρατήρηση Γης =**

Δορυφορικές + Εναέριες + Επίγειες παρατηρήσεις

+

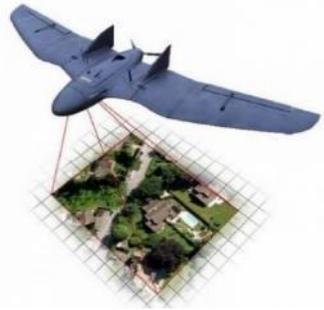
μοντελοποίηση, γεωχωρική ανάλυση και οπτικοποίηση των παρατηρούμενων φυσικών και ανθρωπογενών φαινομένων

## Τροχιακές πλατφόρμες



- Ο αστερισμός δορυφόρων Sentinel
- Δορυφόροι Landsat, SPOT, MODIS, AVHRR, Quickbird
- Αστερισμοί GNSS (πχ: GPS, Galileo, GLONASS, Beidou)
- Μικροδορυφόροι (πχ: cube satellites)

## Εναέριες πλατφόρμες



- Ένα Αεροπλάνο/ελικόπτερο με LiDAR ή μηχανή αεροφωτογράφισης
- Ένα UAV με πολυφασματικό αισθητήρα και κάμερα

## Επίγειες πλατφόρμες



- Ένα δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών
- Ένα δίκτυο καταγραφικών ατμοσφαιρικής μόλυνσης
- Σύστημα εντοπισμού εσωτερικού χώρου
- Μια εφαρμογή crowdsourcing για smartphones

# Εφαρμογές στις πόλεις

Καταγραφή και προστασία των αστικών οικοσυστημάτων

Βελτιστοποίηση της διάχυσης ΑΠΕ στις πόλεις

Μοντελοποίηση και μετριάσμός του φαινομένου της αστικής θερμικής νήσου

Καταγραφή θερμοκρασίας και υδατοδιαπερατότητας αστικών εδαφών

Παρατήρηση και πρόγνωση μεταβολών της ποιότητας αέρα

Καταγραφή του αστικού υδρολογικού κύκλου

Παρατήρηση των μεταβολών αστικών χρήσεων γης

Πρόγνωση ακραίων καιρικών φαινομένων, ανθρωπογενών και φυσικών καταστροφών και έγκαιρη προειδοποίηση

# Εφαρμογές στις πόλεις

Βιώσιμη διαχείριση απορριμμάτων

Παραγωγή τρισδιάστατων αστικών μοντέλων

Παρακολούθηση εξέλιξης μεγάλων αναπτυξιακών έργων

Εντοπισμός ευάλωτων περιοχών (σεισμοί, κατολισθήσεις, πλημμύρες, άνοδος στάθμης θάλασσας, πυρκαγιές) και εκτίμηση ρίσκου

Καθοδήγηση αστικών καλλιεργειών

Παρατήρηση και βελτιστοποίηση δικτύων βιώσιμων μέσων μεταφοράς

# Μια «χρυσή εποχή» χωρικών δεδομένων

Το **Copernicus** είναι το μεγαλύτερο πρόγραμμα Παρατήρησης Γης παγκοσμίως.



Οι δορυφόροι Sentinel αναμένεται να φτάσουν τους 20 έως το 2030, επιτρέποντας την παρατήρηση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.



Το **EuroGEOSS** είναι το Ευρωπαϊκό παράρτημα του «Global Earth Observation System of Systems» (GEOSS). Σκοπός: η συγκέντρωση όλων των ευρωπαϊκών δεδομένων Παρατήρησης Γης υπό μια ενιαία πλατφόρμα.



Το **ERA-PLANET** μετατρέπει τα δεδομένα Παρατήρησης Γης σε εργαλεία λήψης αποφάσεων που υποστηρίζουν δράσεις για έξυπνες πόλεις και διαχείριση πρώτων υλών και φυσικού περιβάλλοντος.

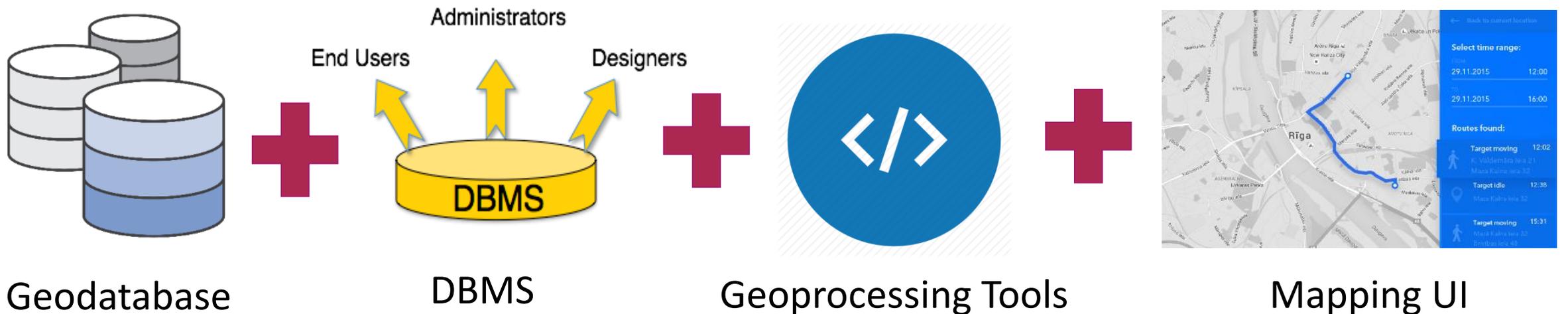


Το **EO4SD** είναι πρωτοβουλία της ESA με σκοπό τη μεγιστοποίηση της εφαρμογής των δεδομένων Παρατήρησης Γης στη βιώσιμη ανάπτυξη.

# Τι είναι ΓΣΠ (GIS);

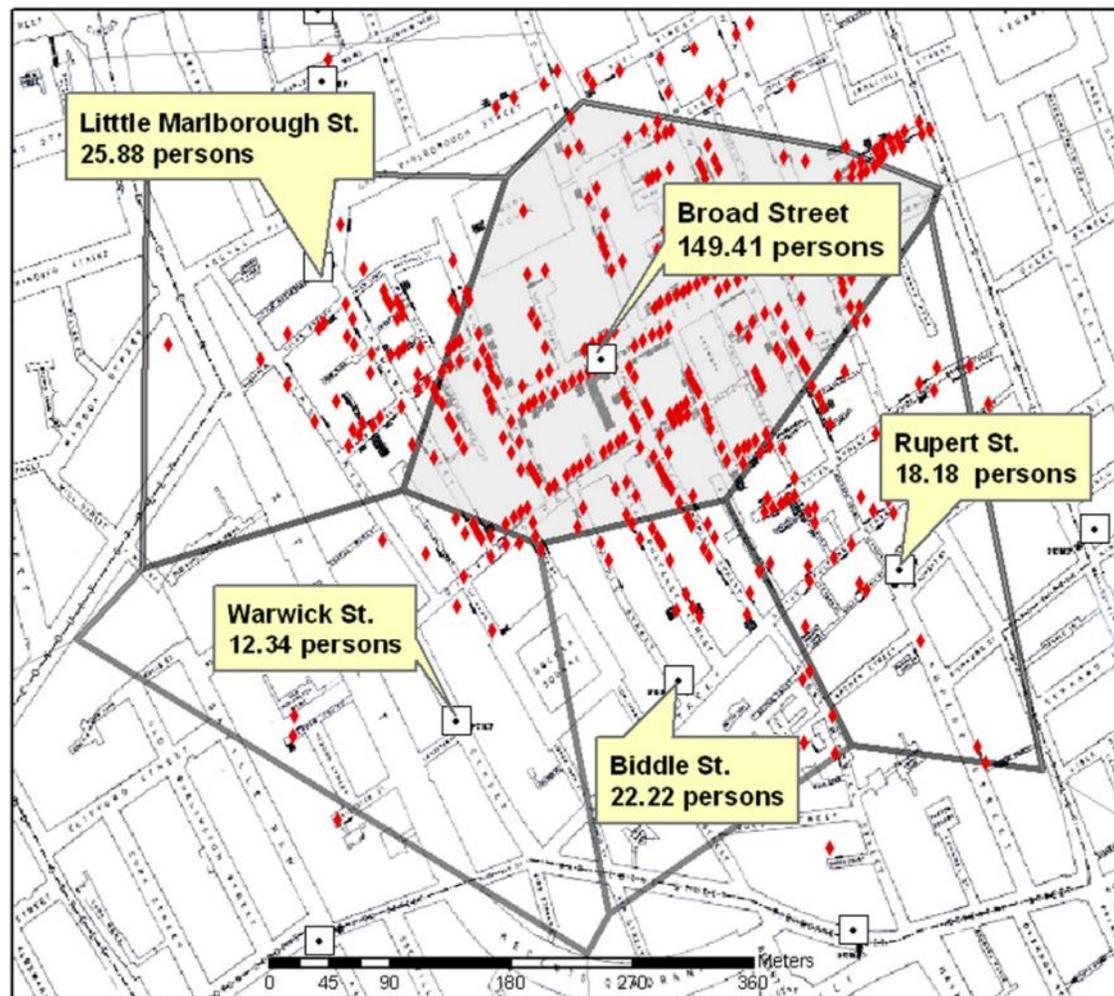
Τα ΓΣΠ είναι συστήματα:

- αποθήκευσης & διαχείρισης
- **ανάλυσης**
- και οπτικοποίησης γεωχωρικών δεδομένων.



# Τι είναι ΓΣΠ (GIS);

Cholera Mortality per 1,000 persons



□ Pumps    ◊ cholera deaths

Cholera Mortality per 1,000 persons for central pump catchments.

John Snow (1854):  
Συσχετίζει **χωρικά** τα κρούσματα χολέρας με τη θέση των δημόσιων αντλιών νερού στο Λονδίνο.

Έναυσμα για:

- Επιδημιολογία
- (Γεω)χωρική ανάλυση

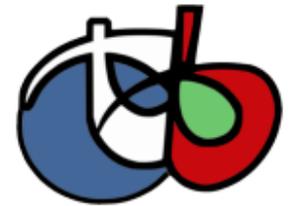
# Commercial vs FOSS GIS Ανοικτά vs Κλειστά Δεδομένα



VS



Bringing advanced geospatial technologies to the world



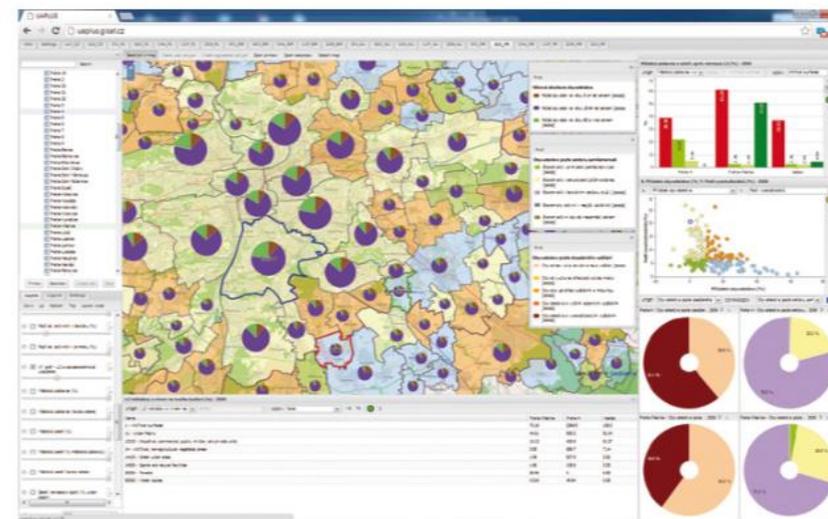
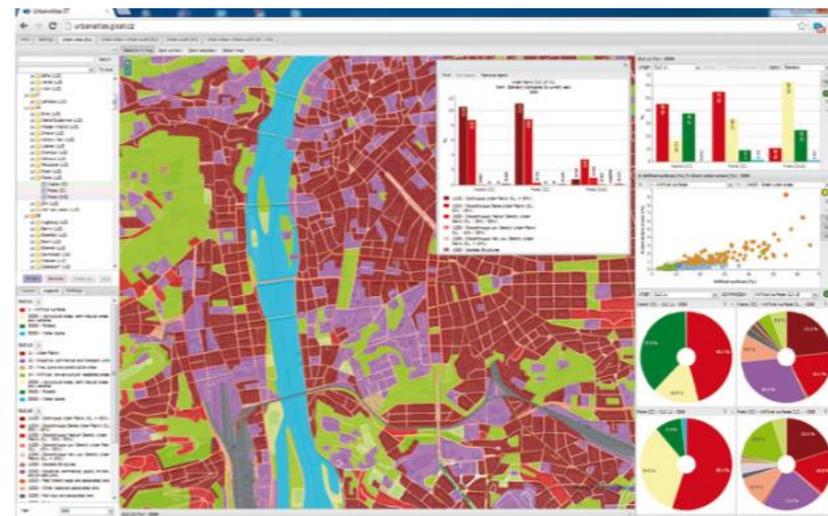
Συνεργασία της Πολωνικής GISAT και της ESA

Η πλατφόρμα UrbanAtlas+ ([land.copernicus.eu/local/urban-atlas](http://land.copernicus.eu/local/urban-atlas)) εστιάζει στην εξερεύνηση δεδομένων που αφορούν την **αστική ανάπτυξη** σε συνδυασμό με κοινωνικοοικονομικά δεδομένα.

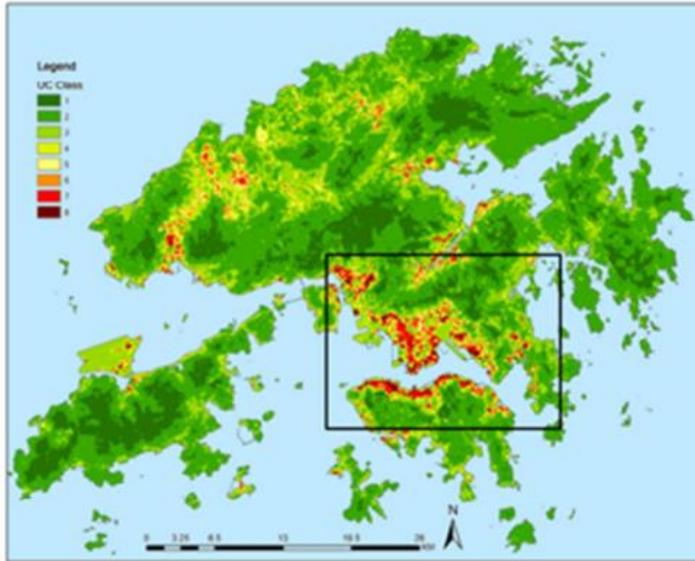
Δύο σετ δεδομένων: **2006** και **2012** για πάνω από 300 ευρωπαϊκές πόλεις σε κλίμακα **1:10,000**.

Τυποποιημένοι δείκτες για:

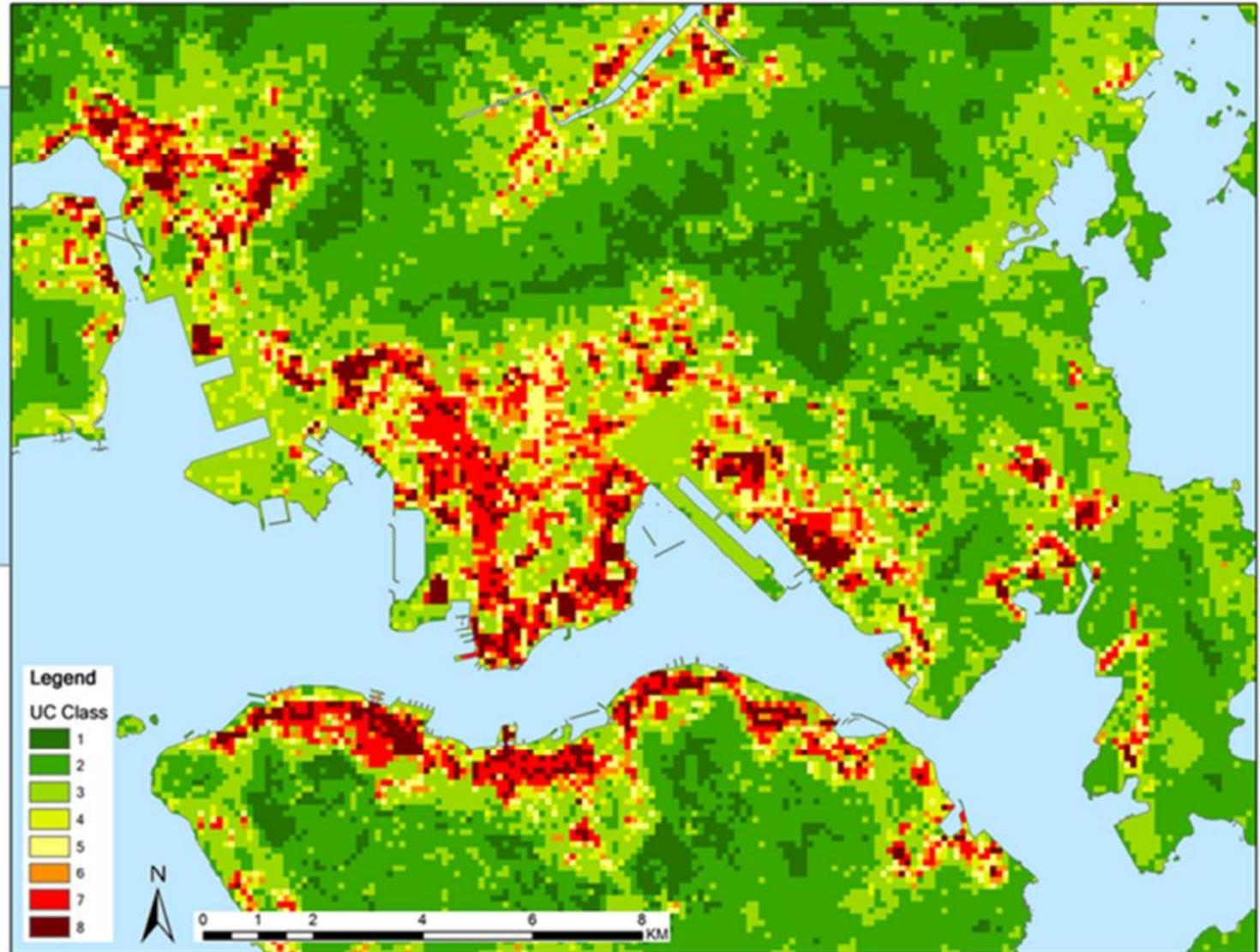
- Αστική μορφή, πυκνότητα, διάχυση
- Εδαφοκάλυψη και χρήσεις γης
- Αστικό πράσινο
- Πληθυσμιακά δεδομένα
- Οικονομικά δεδομένα
- Ποιότητα ζωής
- Βιοποικιλότητα



# Ο κλιματικός χάρτης του Hong Kong

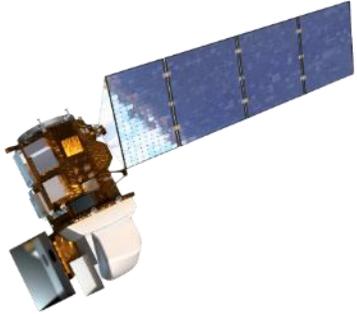


The box indicates  
the enlarged portion  
of the map shown  
on the right →



(Ng et al. 2009)

# Ο κλιματικός χάρτης του Hong Kong



## Δορυφορικά δεδομένα

Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM): ASTER GDEM V2 (30m)

Διαχρονική μεταβολή επιφανειακών θερμοκρασιών: ASTER (90m), Landsat 5 (120m), Landsat 7 (60m)

Ανακλαστικότητα και εκπεμψιμότητα των αστικών επιφανειών: ASTER (30m)

Συγκέντρωση βλάστησης (Δείκτης NDVI από δεδομένα ASTER)



## Επίγεια μετεωρολογικά δεδομένα από δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών

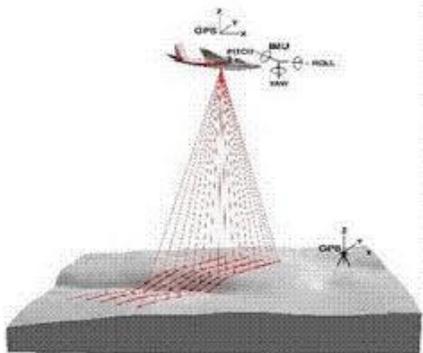
Πεδίο ταχυτήτων αέρα

Σχετική υγρασία

Θερμοκρασία αέρα

Νεφοκάλυψη

Ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος από ουράνιο θόλο



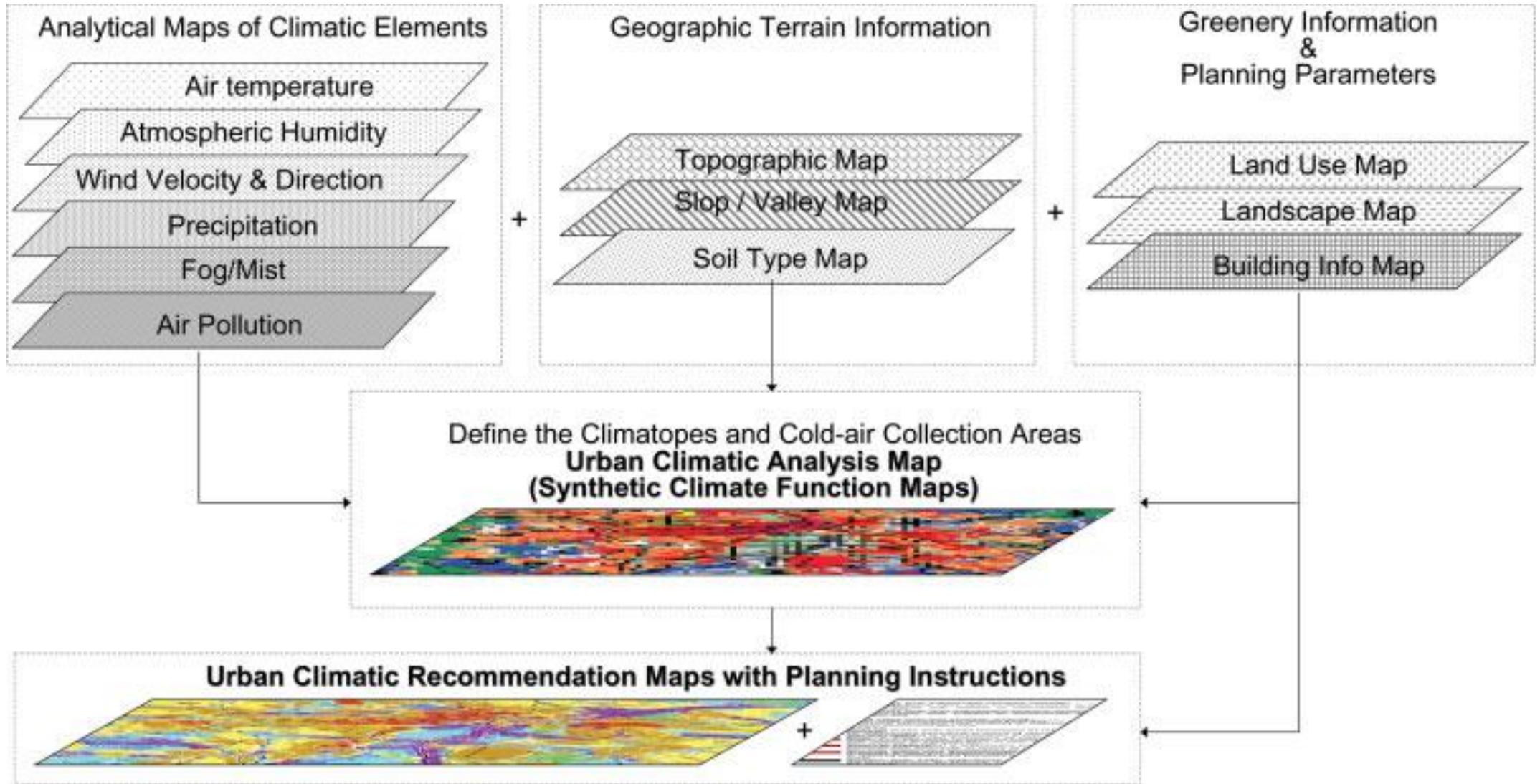
## Εναέριες παρατηρήσεις LiDAR (30cm)

Ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας πόλης για προσομοιώσεις ανέμου/ακτινοβολίας

Μορφομετρικοί αστικοί δείκτες (Συντελεστής Θέασης Ουρανού, Δείκτης επιφάνειας όψεων,

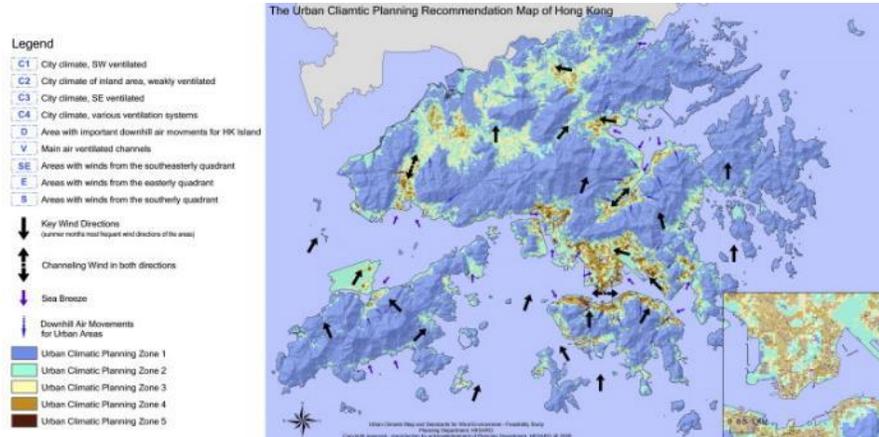
Συντελεστής Δόμησης, Ποσοστό κάλυψης, Μήκος Τραχύτητας ( $z_0$ ))

# Ο κλιματικός χάρτης του Hong Kong

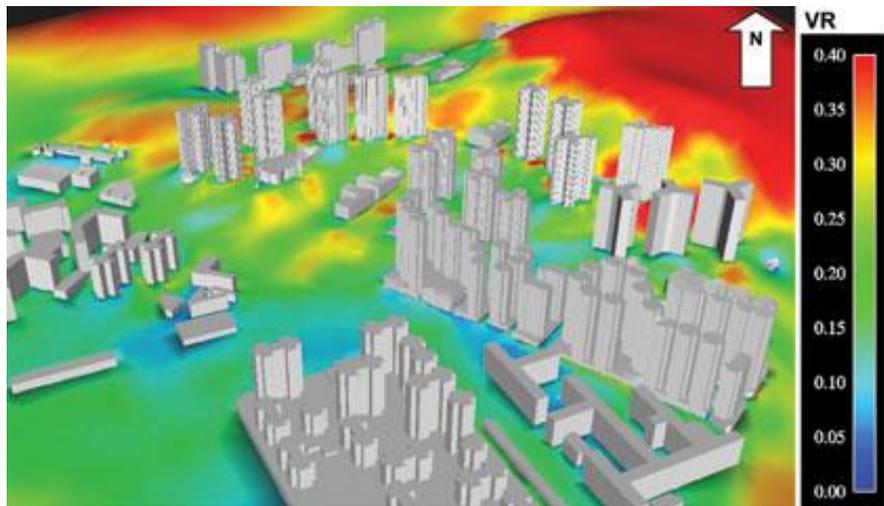


(Ren, Ng, Katzschner, 2010)

# Ο κλιματικός χάρτης του Hong Kong



(Ng et al., 2009)



(www.housingauthority.gov.hk, 2018)

Χάραξη **πολιτικών** αστικής περιβαλλοντικής αναζωογόνησης για θερμικά επιβαρυμένες περιοχές.

Τοπική εξειδίκευση περιβαλλοντικών **όρων δόμησης**.

Μελέτες αστικού **μικροκλίματος** και **φυσικού φωτισμού** για μεγάλα έργα.

Εκτίμηση επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής στη **θερμική άνεση** και στην **υγεία**

**Αξιολόγηση Αστικού Εξαερισμού** (Air Ventilation Assessment – AVA): Υποχρεωτικές προσομοιώσεις ανέμου με CFD για αδειοδότηση σε συγκεκριμένες περιοχές.

# το ηλιακό κτηματολόγιο του Cambridge

<https://www.mapdwell.com/en/solar/cambridge>

**solarsystem**  
rapheal

HIGH YIELD

Discover Your Potential  
Select a System  
Get Solar!

Search in Cambridge, MA

Get Solar!

work with the sun®

Cambridge, MA

Full Stats  
Upload System

Twitter Facebook Google+ LinkedIn Email

OPACITY

ABOUT RESOURCES

**CAMBRIDGE**  
CDD@344

COMMUNITY DEVELOPMENT DEPARTMENT  
344 Broadway

IMPERIAL

Google

LICENSED & COPYRIGHTED TECHNOLOGY (R)

# το ηλιακό κτηματολόγιο του Cambridge

<https://www.mapdwell.com/en/solar/cambridge>

Your High-Yield Solar Potential ?

260kW

0.00 0.80 0.97

418 k Trees Planted  
180 t Carbon Offset  
44 Homes Powered

Configure below or expand full metrics.

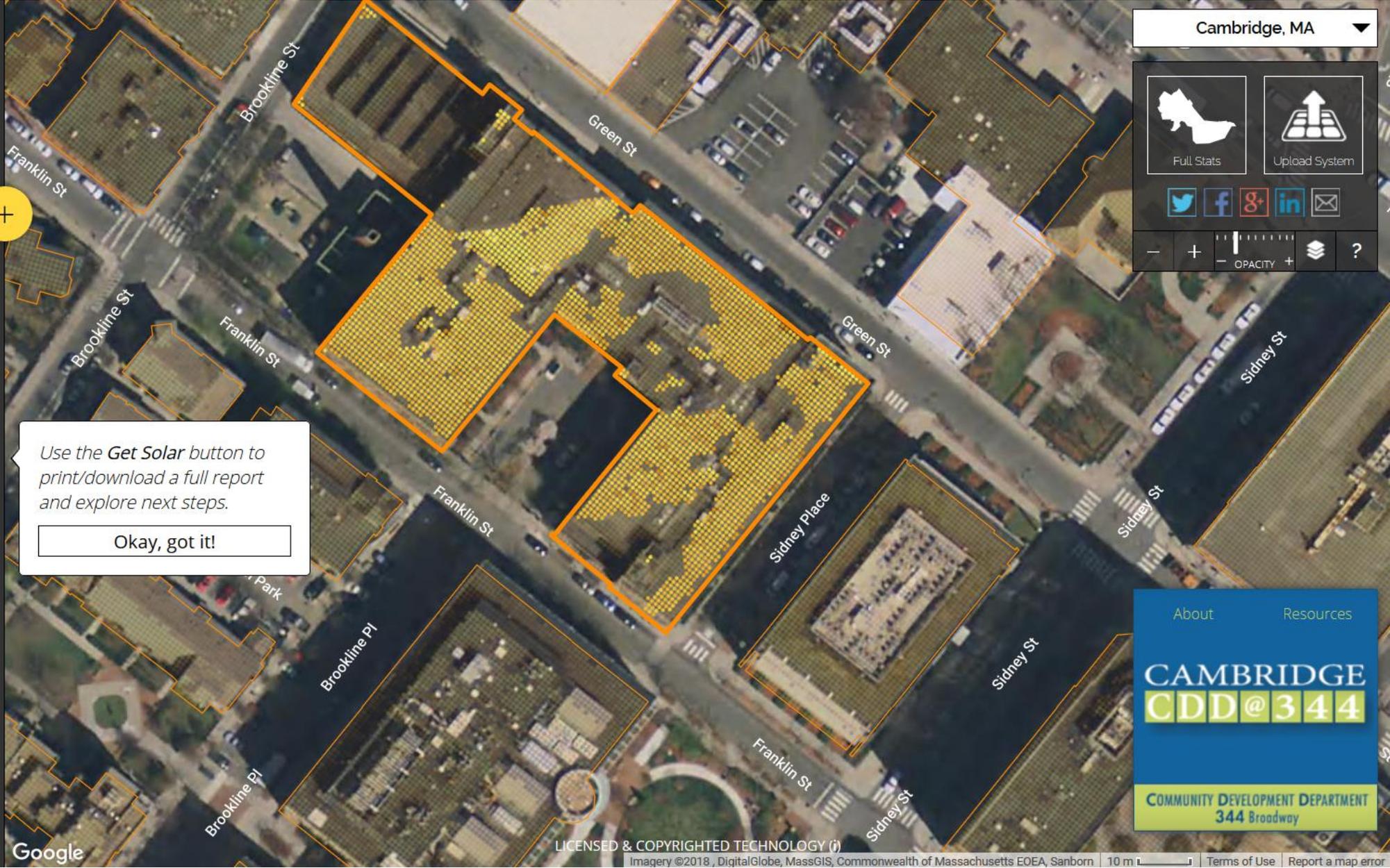
129 Franklin St  
Cambridge, MA 02139

DEFAULT SAVE USE DRAW

Get Solar!

work with the sun®

IMPERIAL



# το ηλιακό κτηματολόγιο του Cambridge

<https://www.mapdwell.com/en/solar/cambridge>

**Your Configuration**

**38kW SYSTEM SIZE**

+ .51 MIN    + .92 AVG    + 1.00 MAX

589 Trees Planted    25.3 T Carbon Offset    6.3 Homes Powered

**\$91.9k** Cost    **\$12.8k** Revenue

8 - year payback

129 Franklin St  
Cambridge, MA 02139

Get Solar!

work with the sun<sup>®</sup>

**Design your system:**

Polygon Draw over the roof to select desired system area(s)

Toggle Modify your selection by clicking on individual dot(s)

Click the Install Button to print/download a report and explore next steps.

Okay, got it!

Cambridge, MA

Full Stats    Upload System

Twitter    Facebook    Google+    LinkedIn    Email

OPACITY

Franklin St    Green St    Sidney Place    Auburn Park    Brookline Pl

Google

LICENSED & COPYRIGHTED TECHNOLOGY (i)

Imagery ©2018, MassGIS, Commonwealth of Massachusetts EOFA, Sanborn, 5 mi

EN ES    IMPERIAL

About    Resources

**CAMBRIDGE**  
**CDD@344**

COMMUNITY DEVELOPMENT DEPARTMENT  
344 Broadway

Solar Electric Potential Report

129 Franklin St  
Cambridge, MA 02139

Financials

Building Type	Residential	
System Size	Cost per Watt	Total Cost
238.46kW	× \$ 3.50	= \$ 834,604
Federal Tax Credit	\$ (250,381)	
State Tax Credit	\$ (1,000)	
Other Deductions	\$ 0	
Cost to Owner	\$ 583,223	
Generation Value	\$ 4,416	
SMART (under 25kW AC)	\$ 0	
SMART (over 25kW AC)	\$ 2,430	
SMART (Low Income)	\$ 0	
Average Monthly Revenue	\$ 6,846	
Average Yearly Revenue	\$ 82,152	
Payback Period	8 years, 0 months	
Net Present Value (20y / 5%)	\$ 450,682	
Return (IRR / 20y)		



238kW System Size

Payment Calculator

Loan	\$ 583,223.16	Rate %	5.00
Down	\$ 0	Years	10
Monthly Payment	\$ 6,185.99		

System Specs

Optimize Panel Tilt	<input checked="" type="checkbox"/>
System Size (kW)	238.46
Average SAI	0.89
Panel Efficiency	18.0%
Electricity Output (kWh/yr)	291,150
PV System Area (sqft)	14,259.7
Number of Panels	811
Panel Peak Rating (Wp)	294
Total Roof Area (sqft)	60,231
PV System Roof Usage	23.7%

Carbon Offsets

CO <sub>2</sub> Offset (US tons)	163
Carbon Capture (trees)	3,792
60-Watt Lightbulb (days)	202,228
Air Conditioning (hours)	195,071
Driving Distance (mi)	292,822
Flying Distance (mi)	606,190

Note: All equivalencies per year.

3.79 k Trees Planted

163 T Carbon Offset

40 Homes Powered

\$ 583 k Cost

8 - year payback

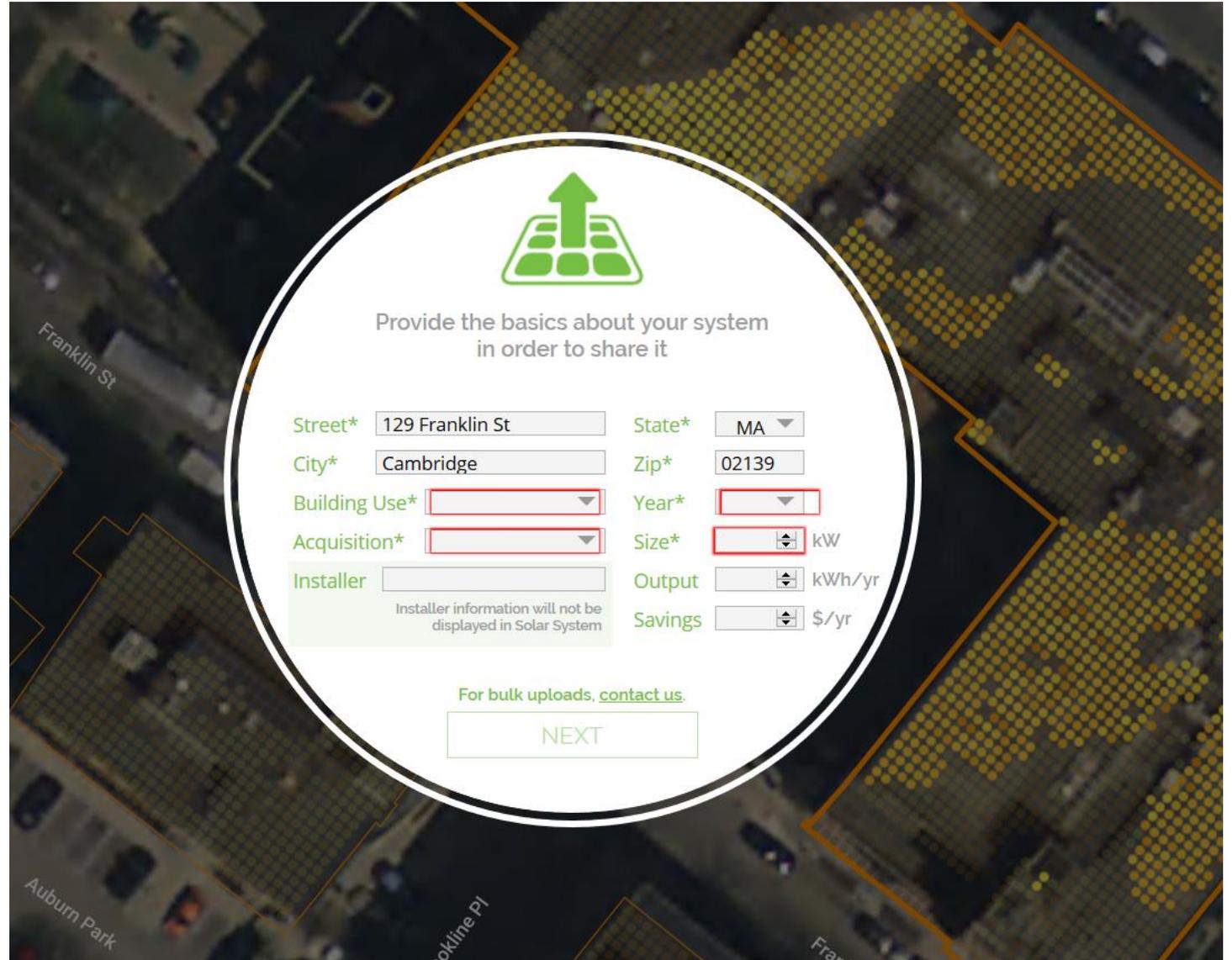
\$ 82.2 k Revenue

Important: Check with your utility for net-metering conditions and limitations.

**IMPORTANT NOTICE** Mapdwell® Solar System™ is no substitute to an on-site assessment performed by a certified professional. Mapdwell Solar System is a remote evaluation tool, based on topographical surveys, information models, and simulation methodologies, and results may be unavailable or inaccurate due to issues including, but not limited to, partial sample obsolescence, excess of vegetation or non-modeled obstructions, incomplete or corrupted databases, incomplete or corrupted GIS layers, undetectable partial obstructions based on survey resolution, and force majeure. Mapdwell LLC does not guarantee the accuracy of the data or the applicability of the information provided by the Solar System platform.

# το ηλιακό κτηματολόγιο του Cambridge

<https://www.mapdwell.com/en/solar/cambridge>



# HEAT (Home Energy Assessment Technologies)

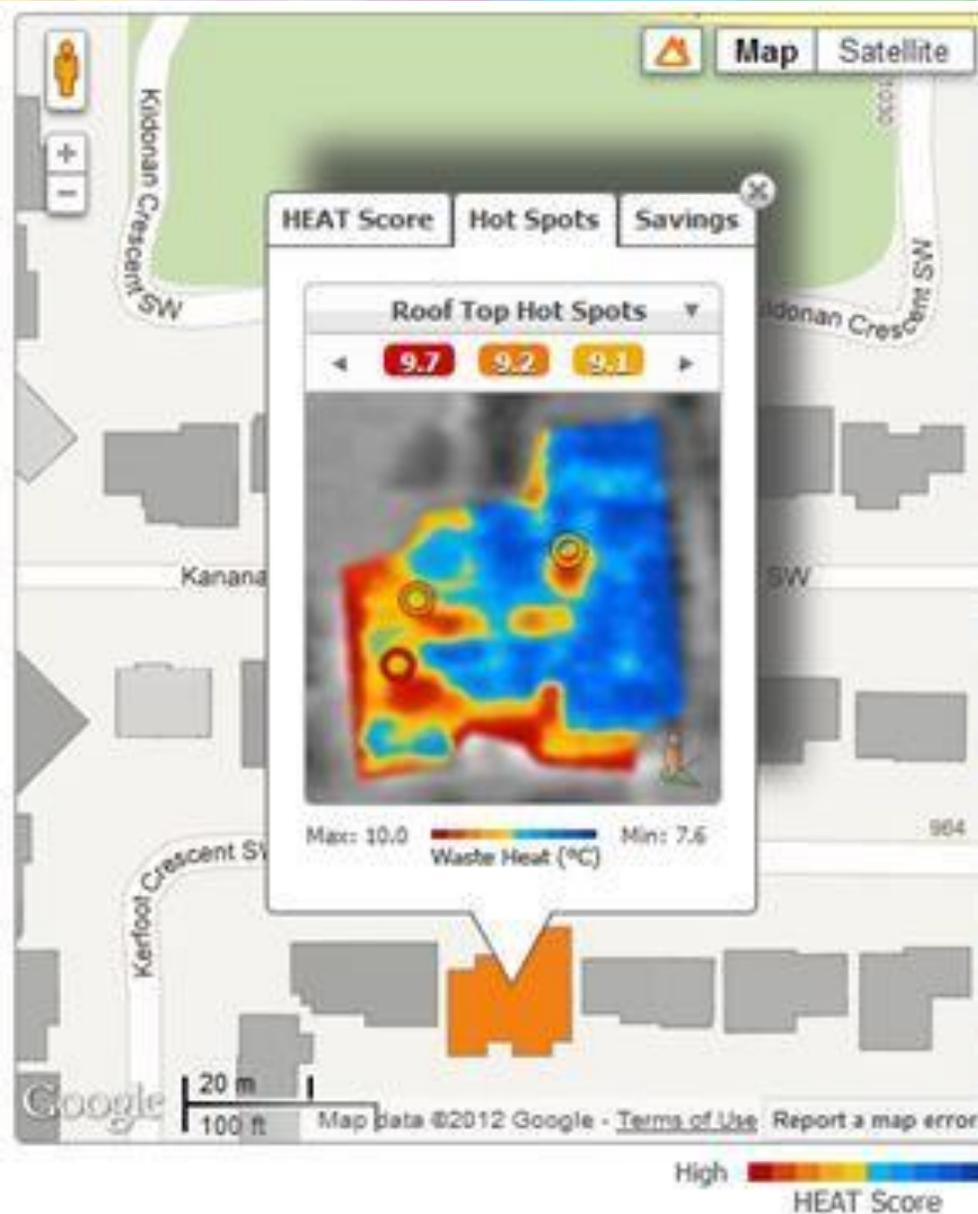
Στόχος: η δημιουργία μιας δωρεάν πλατφόρμας οπτικοποίησης της θέσης και του μεγέθους των **θερμικών απωλειών κτιρίων** στο Κάλγκαρυ του Καναδά.

Χρησιμοποιεί την **τεχνολογία εναέριας θερμογραφίας TABI** (Thermal Airborne Broadband Imager) που προσφέρει ακρίβεια  $1\text{m}^2$  και  $0.1^\circ\text{C}$ .

Η γεωχωρική πλατφόρμα εντοπίζει **hotspots** θερμικών απωλειών συσχετίζοντας πολύγωνα κτιρίων και θερμική εικόνα με τεχνικές **pattern recognition**.

Η πλατφόρμα μπορεί να:

- προτείνει **τοπικές λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας**
- εκτιμήσει το κόστος των παρεμβάσεων με απλές ενεργειακές προσομοιώσεις



## Η μοίρα αρκετών φιλόδοξων έργων:



## HEAT (Home Energy Assessment Technologies)

Hmm. We're having trouble finding that site.

We can't connect to the server at [www.wasteheat.ca](http://www.wasteheat.ca).

**If that address is correct, here are three other things you can try:**

- Try again later.
- Check your network connection.
- If you are connected but behind a firewall, check that Firefox has permission to access the Web.

<http://www.wasteheat.ca/>

Try Again

## Smartcitizen kit

Πλατφόρμα περιβαλλοντικής παρακολούθησης ανοικτών πόρων και χαμηλού κόστους για την εμπλοκή των πολιτών στην έρευνα.

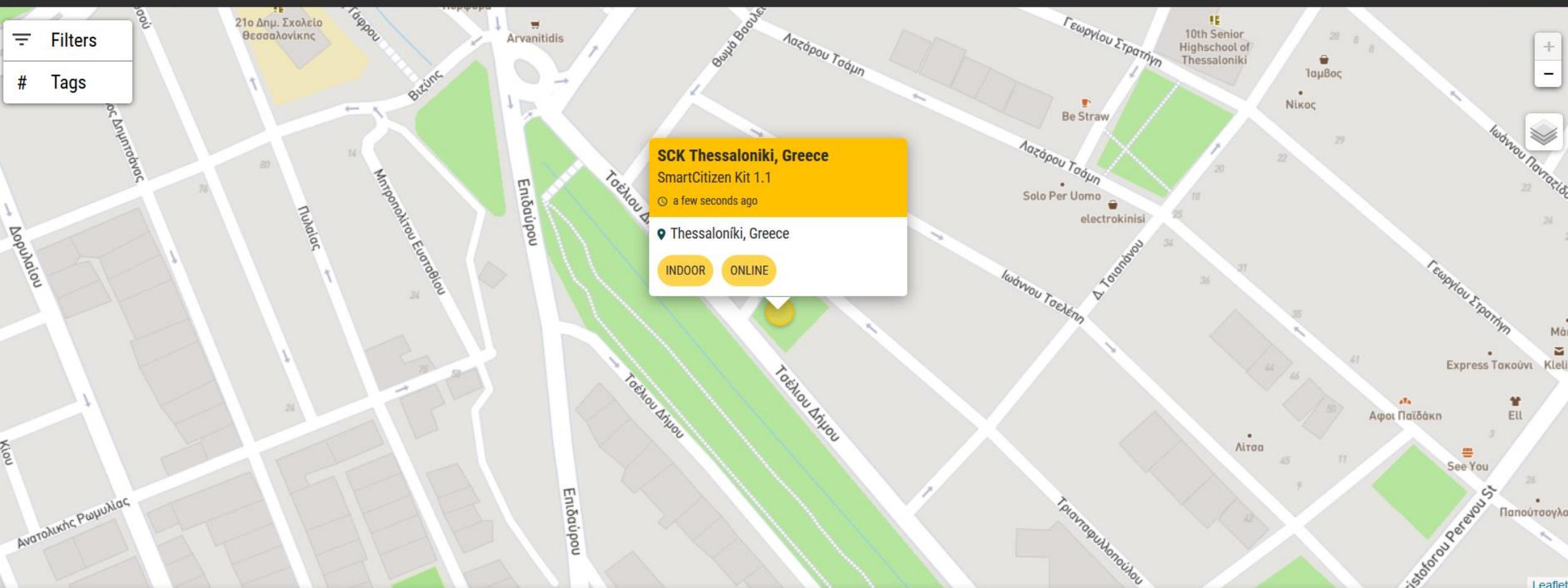
Επιτυχές kickstarter του Fab Lab Barcelona (αναπτύσσεται από το 2011)

Η πλατφόρμα αποτελείται από:

- Arduino με αισθητήρες (πχ: ένταση ήχου, φωτός, θερμοκρασία αέρα, σχ. υγρασία, ταχύτητα ανέμου, δίκτυα WiFi, CO, NO<sub>2</sub>)
- Διαδικτυακή πλατφόρμα οπτικοποίησης δεδομένων (PC / Mobile)
- Rest API (διαλειτουργικότητα)

[smartcitizen.me](http://smartcitizen.me)





**SCK Thessaloniki, Greece**  
SmartCitizen Kit 1.1  
a few seconds ago  
Thessaloniki, Greece  
INDOOR ONLINE



# iSCAPE (Improving the Smart Control of Air Pollution in Europe)

[iscapeproject.eu/](http://iscapeproject.eu/)

Χρήση του SmartCitizen Kit για υποστήριξη:

- Βιοκλιματικού σχεδιασμού υπαίθριων χώρων
- Καταπολέμηση αέριας μόλυνσης
- Συμμετοχή των πολιτών στην ανάλυση και το σχεδιασμό

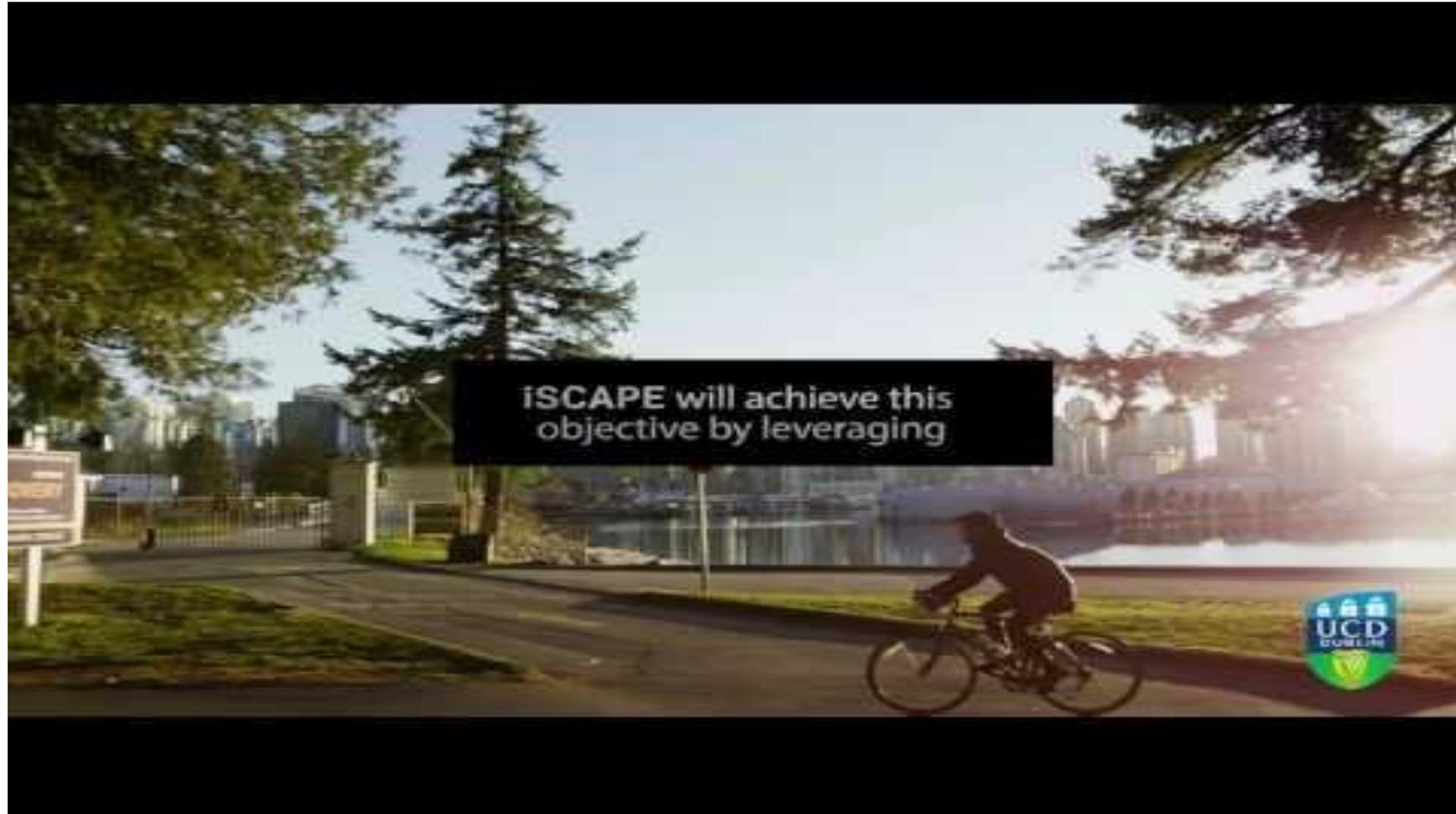
Το iSCAPE χρηματοδοτήθηκε μέσω του Horizon 2020

Δημιουργήθηκαν έξι Living Labs (Ζωντανά Εργαστήρια) σε Bologna, Bottrop, Dublin, Guildford, Hasselt, and Vantaa.



# iSCAPE (Improving the Smart Control of Air Pollution in Europe)

[iscapoproject.eu/](http://iscapoproject.eu/)



<https://www.youtube.com/watch?v=WGFUpuYHakY>

# SMURBS

## ERA-PLANET

SMart URBan Solutions for  
Air Quality, Disasters and City Growth

a smart-city project



Urban Resilience through Earth Observation

## SMart URBan Solutions for air quality, disasters and city growth - SMURBS

Ενταγμένο στο Horizon 2020 υπό τη διαχείριση του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (2017-2020)

βράβευση ERA-PLANET για τον τομέα «Έξυπνες Πόλεις και Ανθεκτικές Κοινωνίες».

- Παρατήρηση ατμοσφαιρικής μόλυνσης σε πραγματικό χρόνο και δημιουργία μοντέλων πρόγνωσης.
- Εκτίμηση ρίσκου καταστροφών και αποτίμηση ζημιών.
- Συγχώνευση δεδομένων από:
  - δορυφορικά εναέρια και επίγεια μέσα
  - προσομοιώσεις
- Εμπλοκή πολιτών στην έρευνα (IoT/Crowdsourcing)

Χρησιμοποιεί το Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS), Land Monitoring (CLMS) και Emergency Management (EMS)

Το μεγάλο στοίχημα για τις έξυπνες πόλεις:

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών Παρατήρησης Γης και Γεωχωρικής Ανάλυσης

στη διακυβέρνηση των πόλεων

στο σχεδιασμό των πόλεων

στην καθημερινότητα των κατοίκων των πόλεων

