

**Politecnico di Bari**  
**Dipartimento di Scienze**  
**dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura**



*La valutazione nella pianificazione degli interventi sul territorio  
per la riduzione del consumo di suolo*

Ing. Francesco Tajani

*Bari, 5 dicembre 2017*

# Obiettivo

*Un'analisi della fattibilità finanziaria  
dell'installazione di micro-turbine eoliche sui tetti  
della città di Bari*

# Fasi della presentazione

- Framework sulle fonti rinnovabili “urbane”
- Ipotesi di base del modello eolico urbano e rappresentazione delle mappe “eoliche” per la città di Bari
- Assunzioni per il modello valutativo adottato
- Costruzione delle mappe valutative per la città di Bari
- Commenti e conclusioni

# La diffusione delle fonti rinnovabili (1)



## La diffusione delle fonti rinnovabili (2)

Energy Information Administration (EIA): a marzo ed aprile 2017 la produzione elettrica statunitense da fonti rinnovabili (in particolare, eolico, fotovoltaico e idroelettrico) ha superato quella nucleare.

European Wind Energy Association ([www.ewea.org](http://www.ewea.org)): l'energia rinnovabile generata dal sistema eolico è destinata a dare il maggior contributo per far fronte agli obiettivi europei, arrivando nel 2020 a coprire il 34% dell'intera quota di energia rinnovabile.

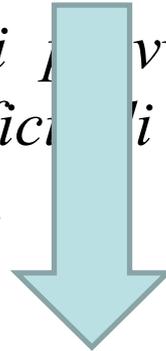
# La diffusione delle fonti rinnovabili (3)

Direttiva 2001/77/CE => D.Lgs. 387/2003

Direttiva 2009/28/CE => D.Lgs. 28/2011

Direttiva 2010/31/UE=> L. 90/2013 e D.M. 26/06/2015

Art. 9: *Gli Stati membri provvedono affinché [...] entro il 31/12/2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano ad energia quasi zero (nZEB).*

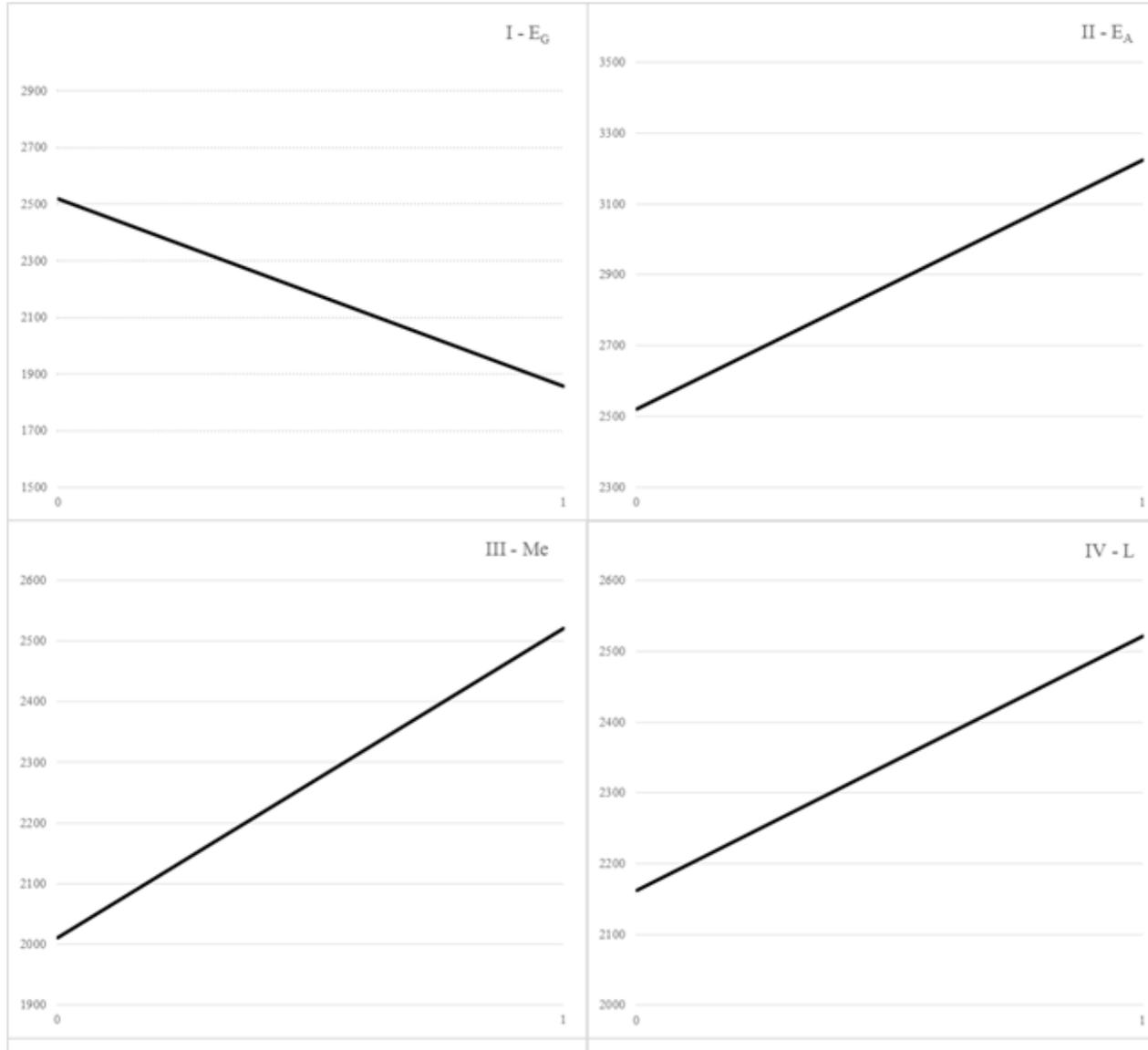


Protocollo ITACA  
APE



Catasto Energetico  
Nazionale (SIAPE)

# L'apprezzamento della componente energetica nella città di Bari



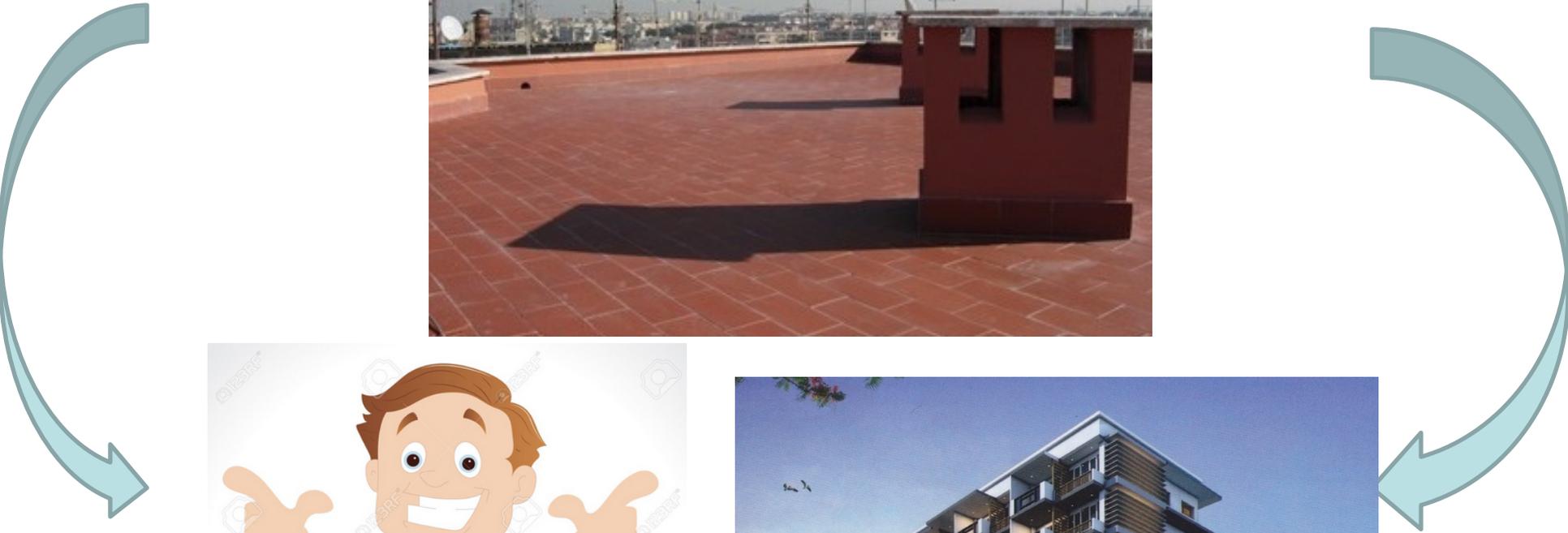
# Turbine eoliche: impianti classici vs. micro-turbine urbane



Art. 1122-bis c.c.: [...] è consentita l'installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili [...] sul lastrico solare.



# Questioni valutative connesse all'installazione di micro-turbine eoliche urbane



# Micro-turbine eoliche sui tetti della città di Bari: ragioni di una performance “interessante”

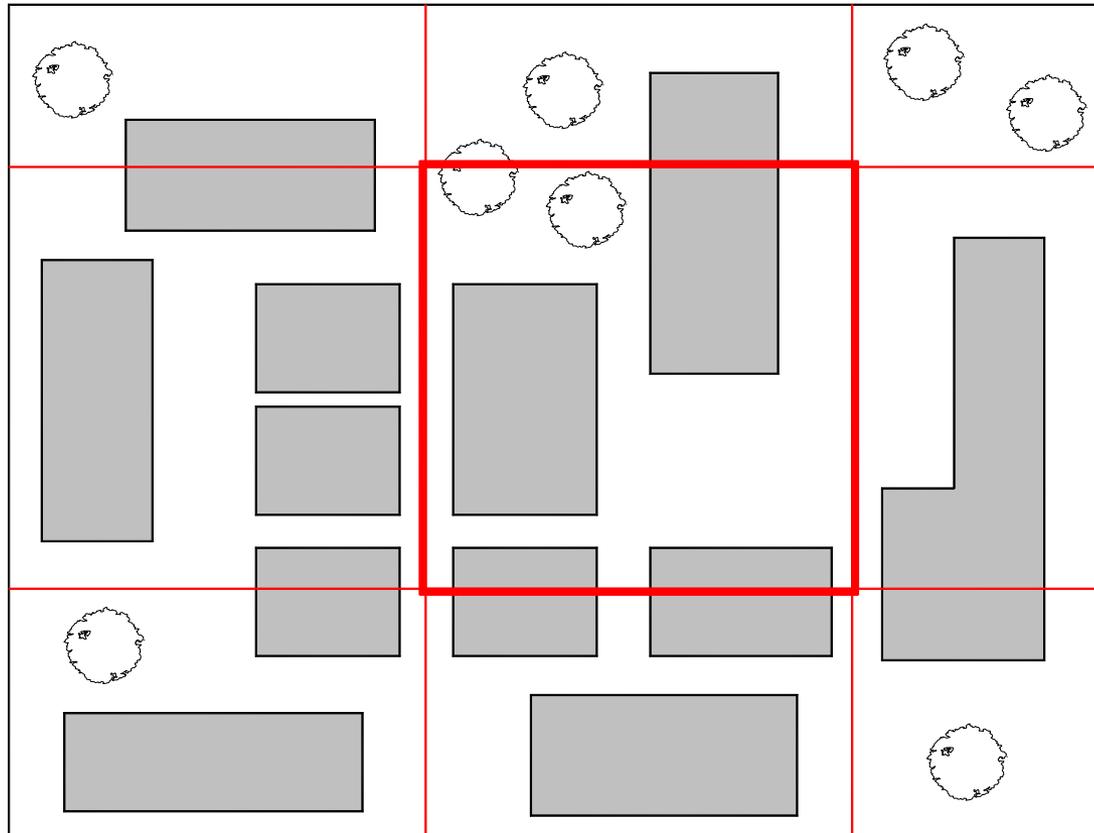


- localizzazione caratterizzata da una buona distribuzione della velocità del vento;
- diffusione di coperture piani degli edifici;
- appropriata conformazione urbana per questa tipologia di fonti rinnovabili;
- pianificazione regionale volta a favorire la diffusione di fonti rinnovabili (es. L.R. 14/2009 “Piano Casa”: fotovoltaico anche in zona “A”)

# Modello eolico urbano

## discretizzazione del territorio della città di Bari

L'intero territorio della città di Bari è stato ripartito tramite un reticolo di 12.288 maglie quadrate (100 m x 100 m)



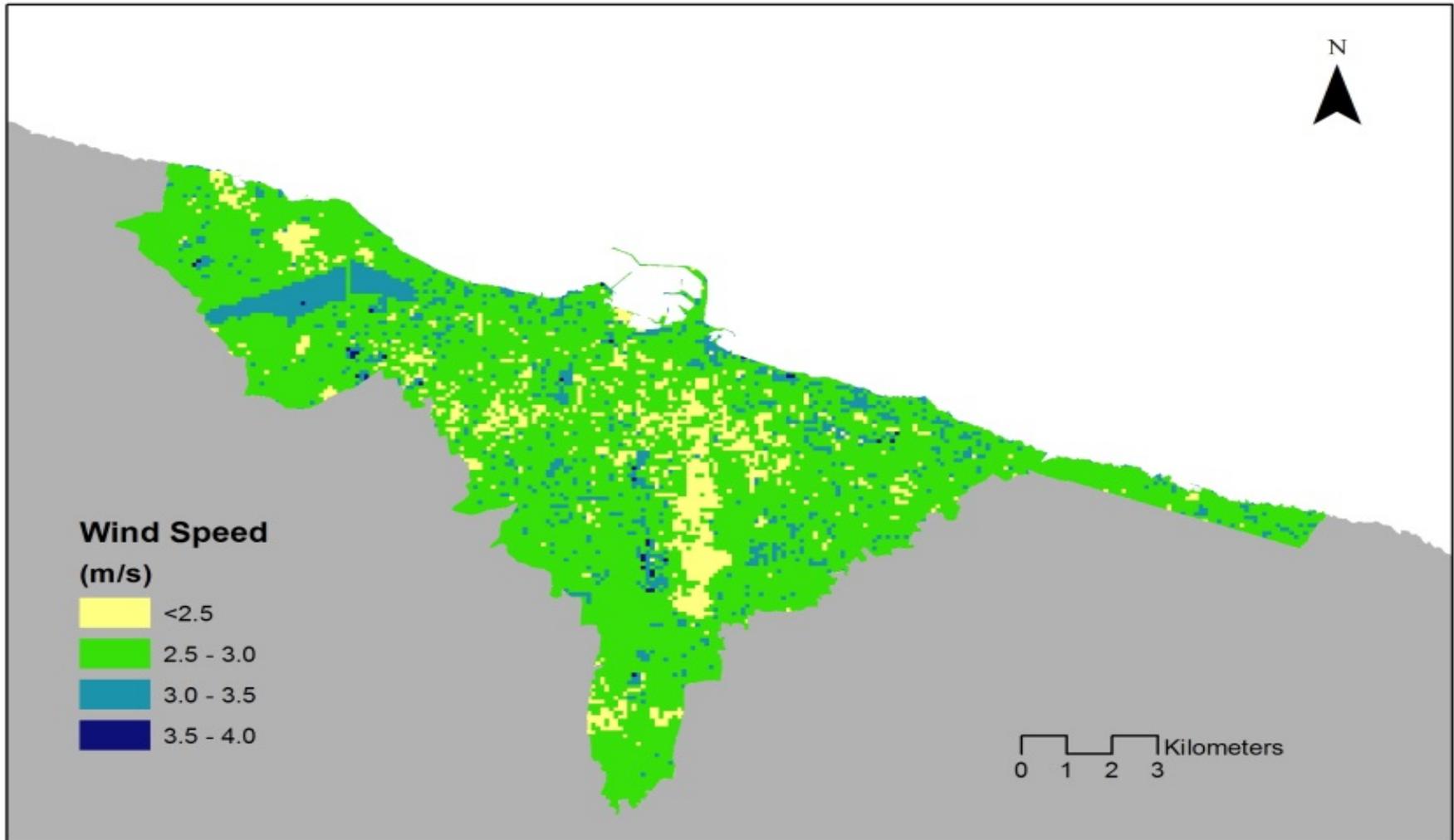
# La tipologia di micro-turbina considerata

An horizontal axis wind turbine  
(HAWT)

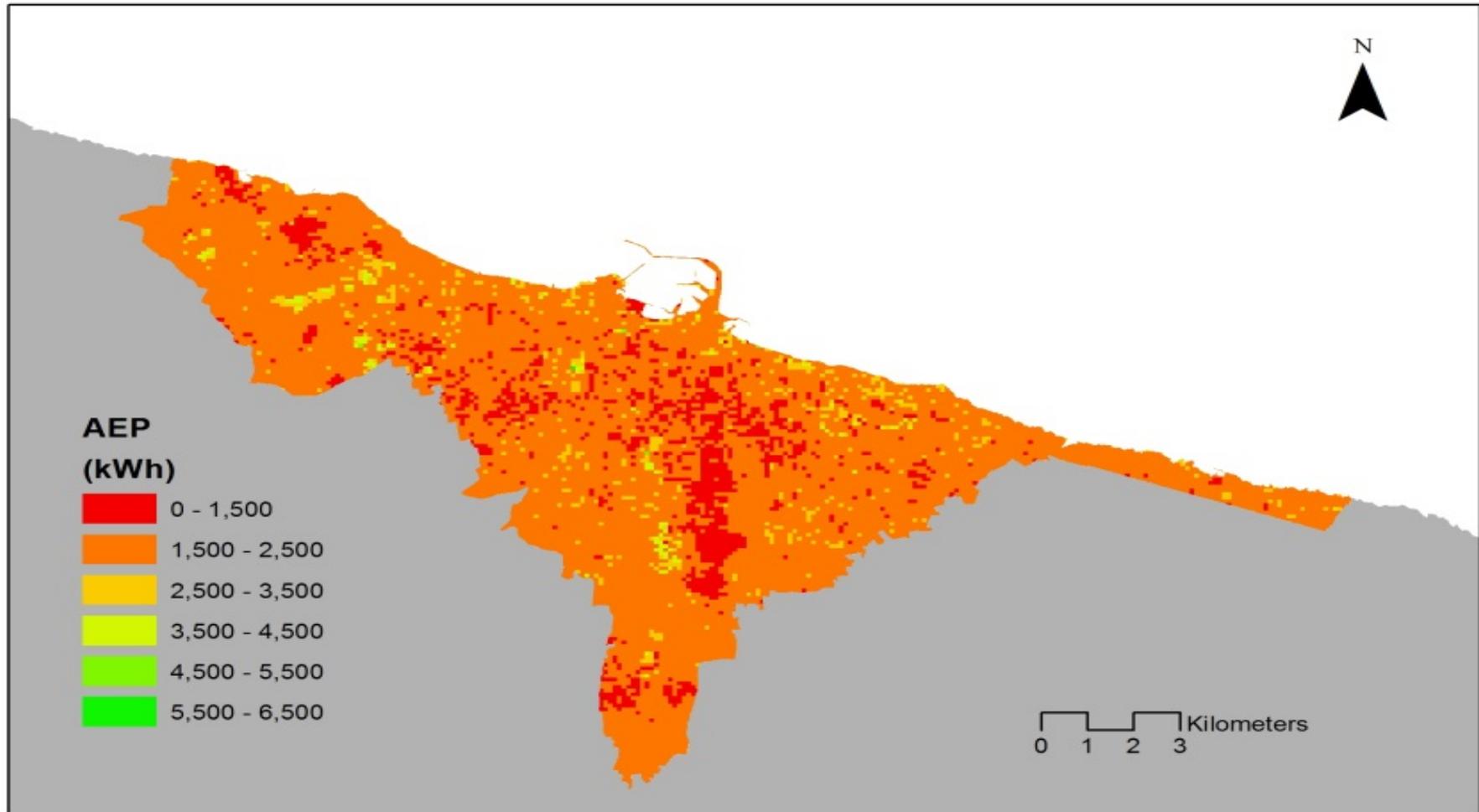


Nominal power [kW]	3
Rotor diameter [m]	5
Swept area [m <sup>2</sup> ]	19.6
Propeller blades [n]	3
Cut-in speed [m/s]	2.5
Nominal speed [m/s]	8
Cut-out speed [m/s]	20
Maximum speed tolerated [m/s]	40
Total weight [kg]	250
Height of the tower [m]	8
Influence area [m <sup>2</sup> ]	177
Price of the turbine [€]	2,500

# La mappa di velocità annuale media del vento



# La mappa di produzione annua di energia

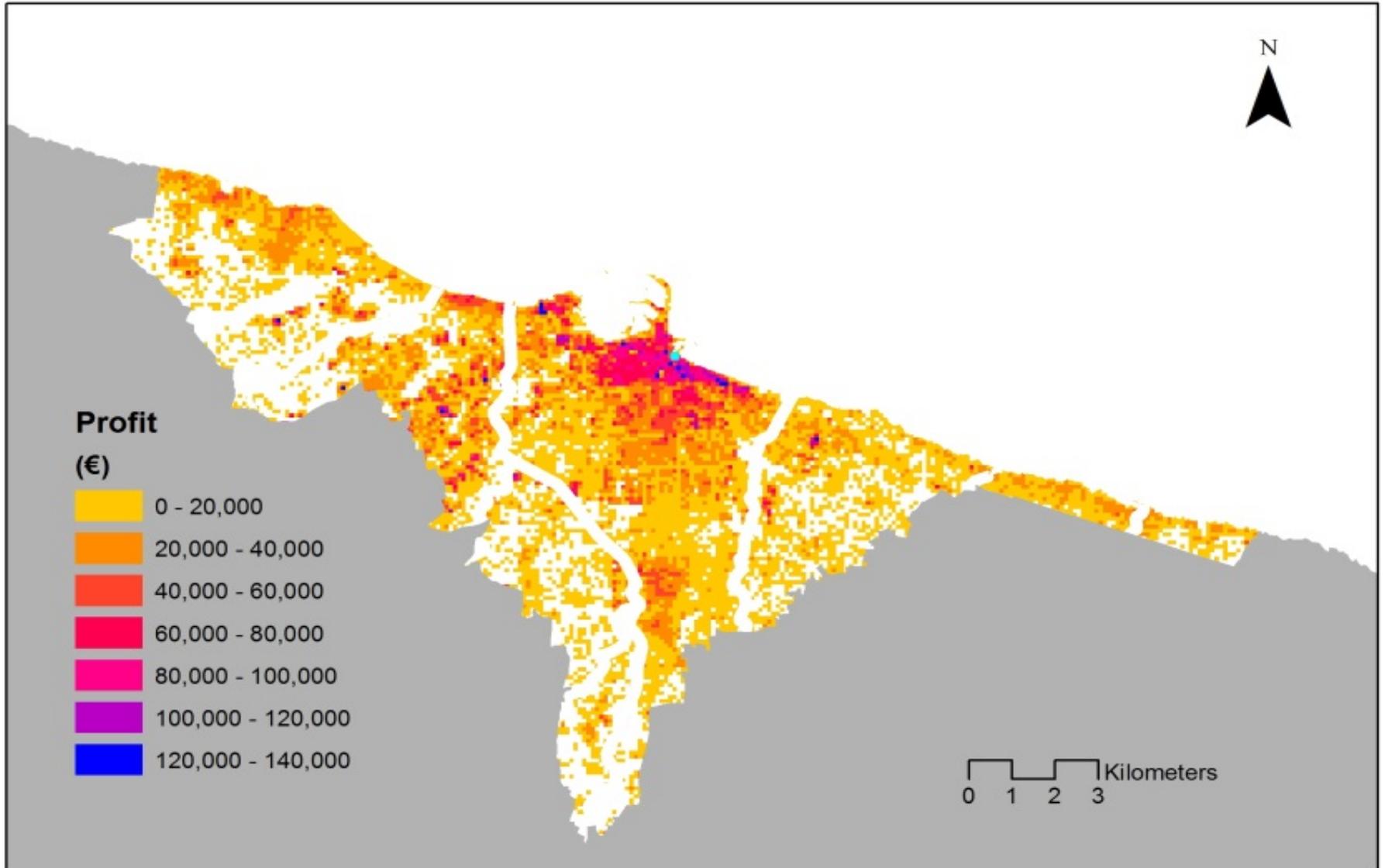


# La stima del valore del diritto di superficie

$$V_{s,m} = \left\{ [R_m - (K_{man,m} + K_{ass,m} + K_{IMU,m} + P_m)] \frac{(1+r)^n - 1}{r \cdot (1+r)^n} \right\} - Q_{amm,m} \frac{(1+r)^w - 1}{r \cdot (1+r)^w}$$

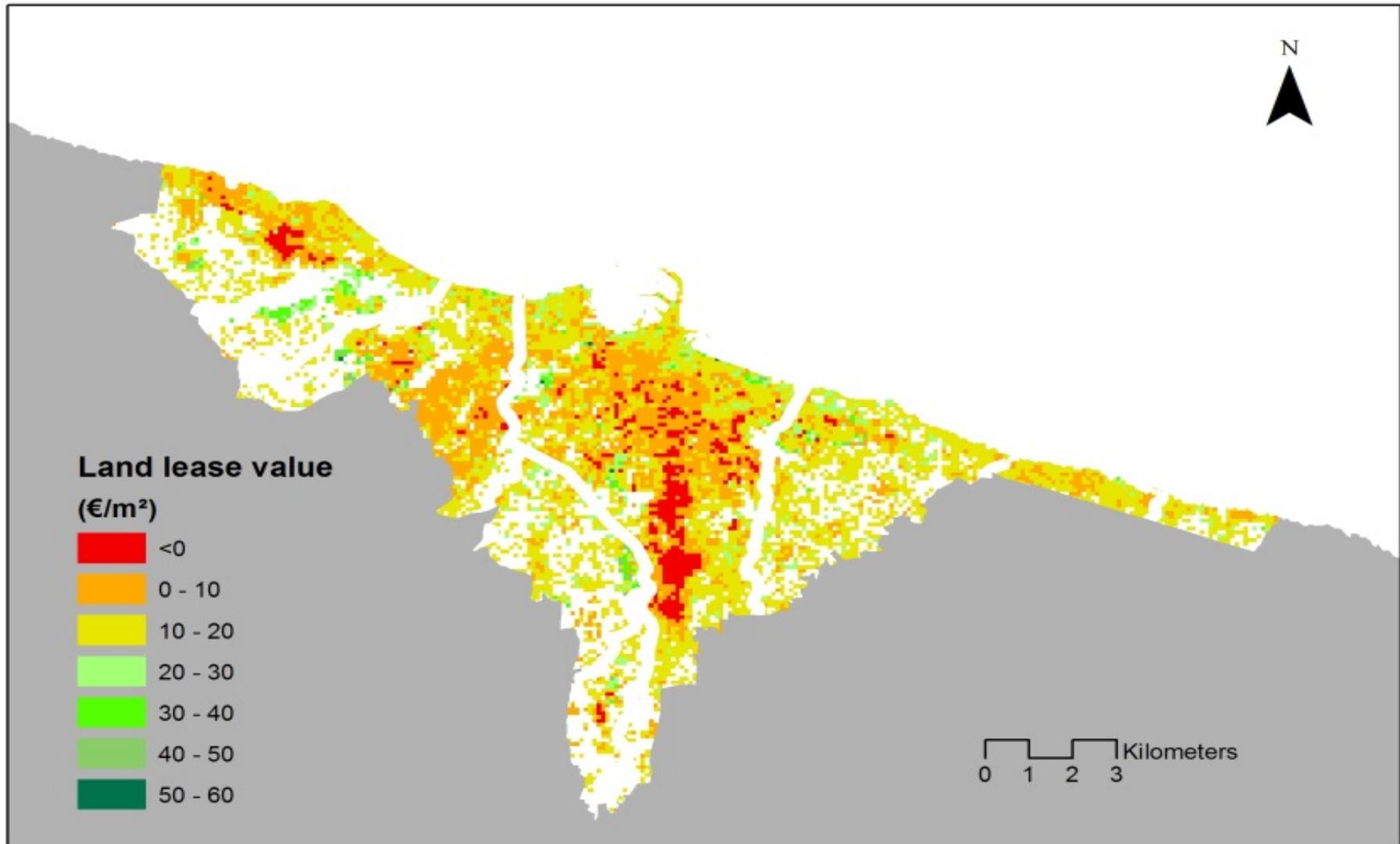
$V_{s,m}$	valore del diritto di superficie relativo alla maglia $m$
$t_f$	tariffa incentivante stabilita da normativa (DM 6/07/2012)
$AEP_m$	produzione annua di energia relativa alla maglia $m$
$N_m$	numero di aerogeneratori installabili nella maglia $m$
$R_m = t_f \cdot AEP_m \cdot N_m$	ricavi annuali afferenti alla maglia $m$
$k_p$	costo di acquisto di un singolo aerogeneratore
$K_{p,m} = k_p \cdot N_m$	costo di acquisto totale dell'impianto, relativo alla maglia $m$
$K_{acc,m} = 20\% \cdot K_{p,m}$	costi accessori per la realizzazione dell'impianto della maglia $m$
$r' = 5,50\%$	tasso di finanziamento del prestito bancario
$w = 10\text{years}$	periodo di ammortamento del prestito bancario
$Q_{amm,m} = (K_{p,m} + K_{acc,m}) \cdot \frac{r' \cdot (1+r')^j}{(1+r')^j - 1}$	quota di ammortamento relativa alla maglia $m$ ( $j = 1, \dots, 10$ )
$K_{man,m} = 1,80\% \cdot K_{p,m}$	costo di manutenzione annuale dell'impianto, relativo alla maglia $m$
$K_{ass,m} = 0,70\% \cdot K_{p,m}$	costo di assicurazione annuale dell'impianto, relativo alla maglia $m$
$K_{IMU,m}$	imposta patrimoniale annuale gravante sull'impianto, relativa alla maglia $m$
$P_m = 30\% \cdot R_m$	profitto annuale dell'investitore relativamente alla maglia $m$

# Mappa valutativa “Profitto totale dell’investitore”



# Mappa valutativa

## “Valore unitario del diritto di superficie”



# Conclusioni (1)

## *Vantaggi*

- supporto valutativo per gli operatori (pubblici e privati) interessati ad usufruire di fondi comunitari rivolti ad investimenti su fonti rinnovabili;
- identificazione delle aree caratterizzate da una maggiore convenienza finanziaria nell'installazione di micro-turbine eoliche urbane;
- fonte di giudizi economici motivati e contestualizzati per l'investitore (concessionario) e il condominio (concedente).

## Conclusioni (2)

### *Prospettive*

- applicazione del modello ad altri contesti territoriali;
- definizione di rendite catastali perequate alla produttività eolica di zona (rendite “eoliche”) e costruzione di microzone eoliche;
- identificazione, mediante modelli econometrici, dei parametri aerodinamici che influenzano maggiormente la fattibilità finanziaria dell’investimento in micro-turbine eoliche.

### *Condizioni per un efficientamento energetico da fonti rinnovabili*

- caratteristiche climatiche/urbanistiche adeguate
- “sburocratizzazione” del processo abilitativo
- sistema di incentivazione tariffaria/agevolazioni fiscali  
attrattivo

# Main references

- Grimmond, C.S.B., Oke, T.R.: *Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form*. Journal of Applied Meteorology 38 (9), 1262-1292 (1999)
- Heath, M.A., Walshe, J.D., Watson, S.J.: *Estimating the potential yield of small building-mounted wind turbines*. Wind Energy 10 (3), 271-287 (2007)
- Menanteau, P., Finon, D., Lamy, M.L.: *Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy*. Energy Policy 31, 799-812 (2003)
- MET Office: *Small-scale wind energy*. Technical Report, <http://www.carbontrust.com>
- Morano, P., Tajani, F., Locurcio, M.: *GIS application and econometric analysis for the verification of the financial feasibility of roof-top wind turbines in the city of Bari (Italy)*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 70, 999-1010 (2017)
- Raupach, M.R., Antonia, R.A., Rajagopalan, S.: *Rough-wall turbulent boundary layers*. Applied Mechanics Reviews 44 (1), 1-25 (1991)