



**Agenzia Italiana per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile**

AI, manutenzione predittiva e transizione energetica: valutazioni tecnico-economiche

**Girolamo Di Francia Italian National Agency for New
Technologies, Energy and Sustainable Economic Development,
ENEA Portici (NA), Italy**



Agenda



1. **Affidabilità (Reliability);**
2. **L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche;**
3. **Fotovoltaico ed Eolico: guasti ed interruzioni del servizio**
4. **Un modello microeconomico per l'affidabilità del sistema energetico del prossimo futuro;**
5. **Il nodo del lavoro: qualità, quantità, sicurezza;**
6. **Robotica come abilitatore;**
7. **Introduzione alla giornata.**



L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche



- 1) Dipendenza dalle condizioni metereologiche;
- 2) Bassa densità di potenza erogabile per unità di superficie;



L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche



1) Dipendenza dalle condizioni metereologiche;

- A. Crescono gli sforzi computazionali per migliorare le previsioni metereologiche;
- B. Cambia il mercato dell'energia;

1) Bassa densità di potenza producibile per unità di superficie;

- C. Cambia il concetto classico di Ispezione, Manutenzione, Gestione degli impianti di produzione dell'energia;

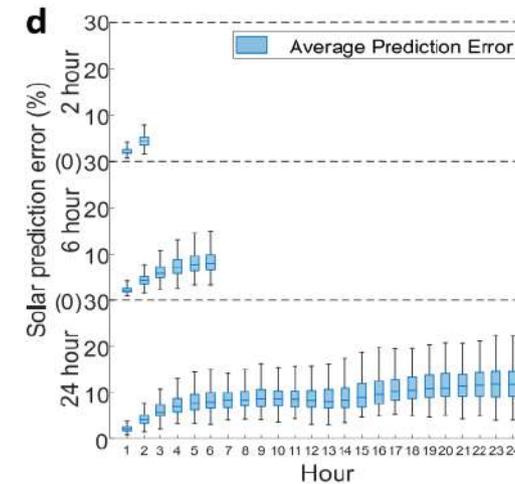
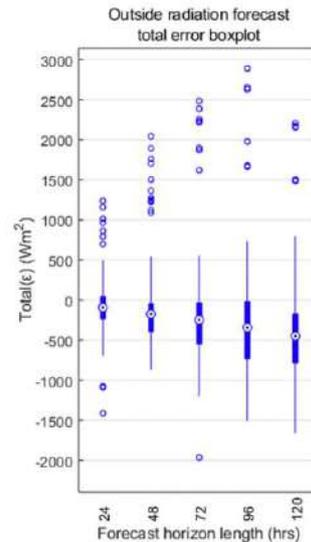


L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche: **A e B**

A- Crescono gli sforzi computazionali per migliorare le previsioni meteorologiche;

1) Dipende
nza dalle
condizio
ni
metereo
logiche;

B- Cambia il mercato dell'energia;



Ref: Wang, J., Chen, L., Tan, Z. *et al.* Inherent spatiotemporal uncertainty of renewable power in China. *Nat Commun* **14**, 5379 (2023).

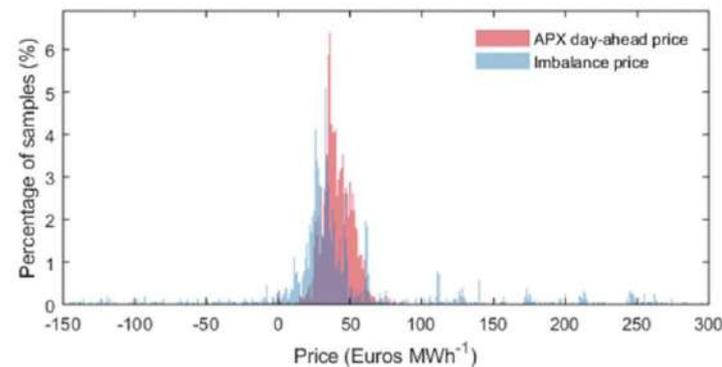


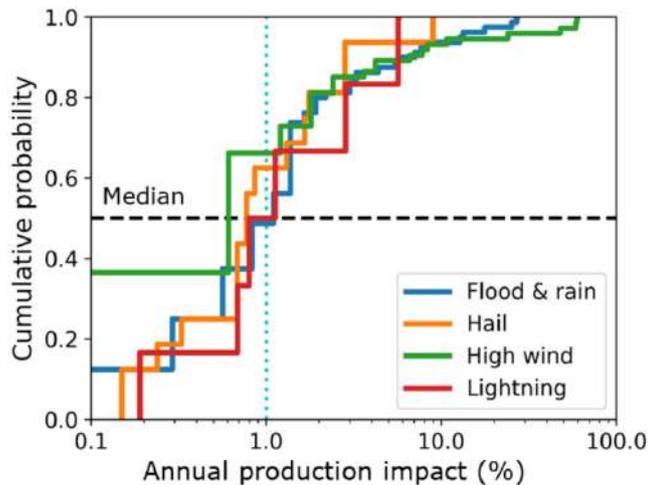
Fig. 7 – A histogram of the market prices on the APX day-ahead and imbalance power markets.

Ref. Henry J. Payne *et al.* Quantifying the role of weather forecast error on the uncertainty of greenhouse energy prediction and power market trading, *Biosystems Engineering*, Volume 224, 2022, Pages 1-15,

L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche: **A e B**

1) Bassa densità di potenza
producibile per unità di superficie;

C. Cambia il concetto classico di Ispezione, Manutenzione, Gestione degli impianti di produzione dell'energia;

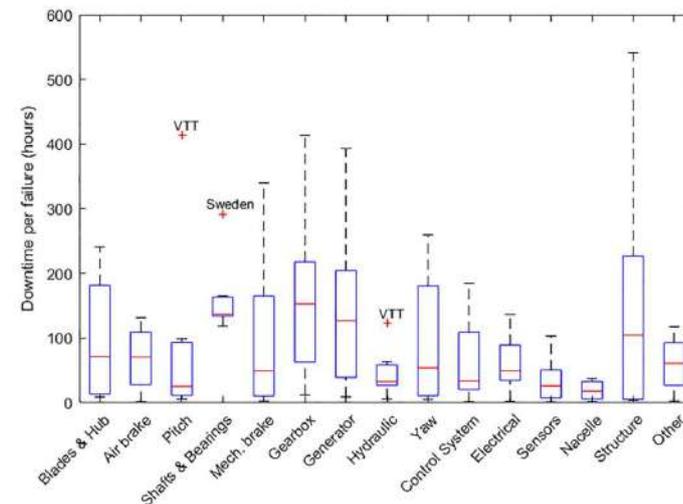


Photovoltaic

Ref. D. C. Jordan, K. Perry, R. White and C. Deline, "Extreme Weather and PV Performance," in IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 13, no. 6, pp. 830-835, Nov. 2023, doi: 10.1109/JPHOTOV.2023.3304357.

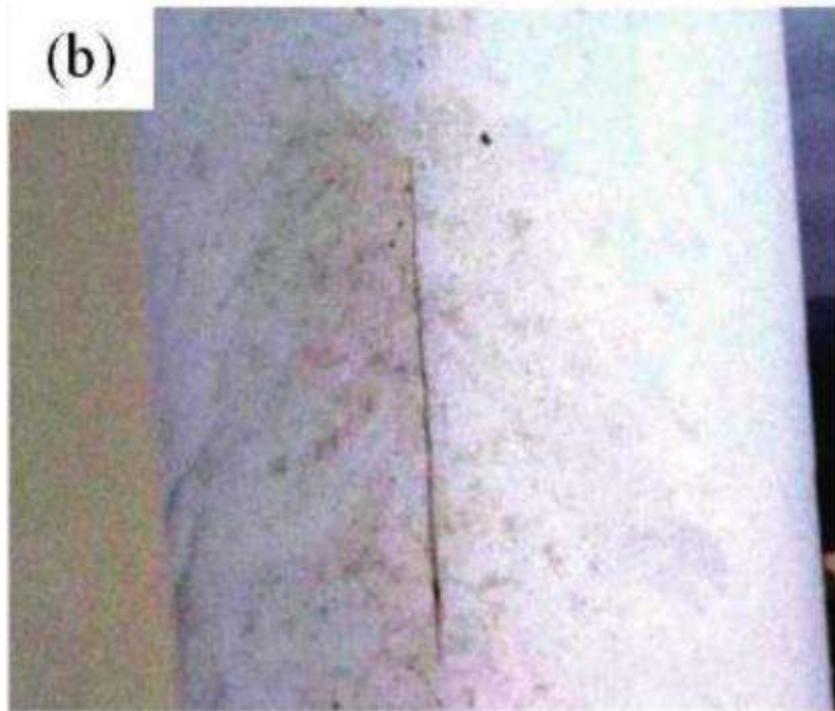
Over the 2008–2022 time range studied, the PV Fleetteam found that the median outage length after an extreme weather event was **two to four days**, resulting in only a **1% median loss in annual performance**. A very small number (12 systems out of 6,400) experienced much longer outages **of two weeks or more**.

Wind



L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche: C

- C. Cambia il concetto classico di Ispezione, Manutenzione, Gestione degli impianti di produzione dell'energia;



shutterstock.com · 2096508967



L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche: C



1) **Bassa densità di potenza
producibile per unità di
superficie;**

Vantaggi Space Granularity

- Nodal prize
- Produce near need

Svantaggi Space Granularity
• O&M

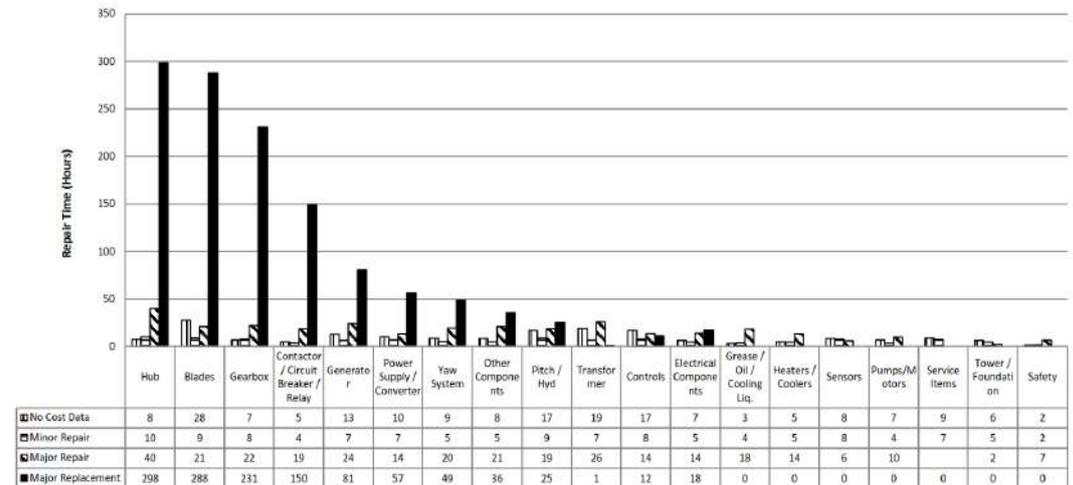
TABLE 11 EXAMPLES FOR FAULT CLASSES AND CORRESPONDING MINIMUM RESPONSE TIMES

FAULT CLASS	FAULT CLASS DEFINITION	RESPONSE TIME GUARANTEE
Fault class 1	The entire plant is off, 100% power loss.	4 daytime hours
Fault class 2	More than 30% power loss or more than 300 kW _p down.	24 hours
Fault class 3	0%-30% power loss	36 hours

NOTE: Fault classes and the corresponding Response Time guarantees APPLIED even if the duration of the respective power loss is less than the corresponding Response Time guarantee, provided that the power loss may occur again.

Production PV >98% su base annuale

Production Wind in the 97-98% range.

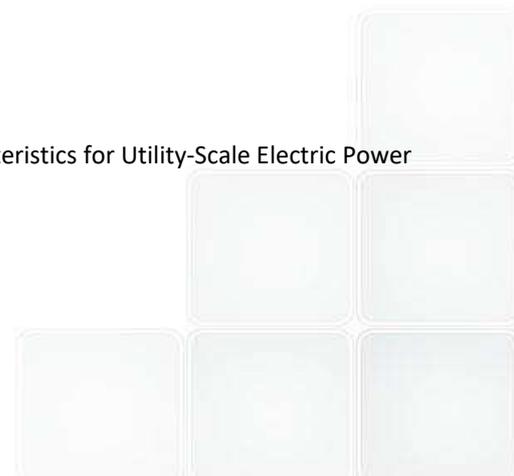


L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche: C



Plant Tech.	Δcapex* (\$/kW 2024/2020) (%)	Δopex* (\$/kW*yr 2024/2020) (%)
Gas	+119	+81
PV	+2	+18
WIND	+5	+12

- **Le variazioni sono calcolate al netto del tasso di inflazione cumulato e, per il gas, anche al netto dei costi variabili.**
(Case: Best Plants)



L'affidabilità delle Energie Rinnovabili: caratteristiche specifiche: C



Nel caso del PV ci si attende un aumento dei costi O&M 14.2%/yr fino al 2030.

Le ragioni possibili sono:

- **Costo del lavoro**
- **Affidabilità degli impianti**

Ref. : Solar PV Operations and Maintenance Market– Forecast (2024-2030)”, by IndustryARC



Robotic Predictive Maintenance: SoA

Wind



FIGURE 4: ON-BLADE DEPLOYMENT.

Cieslak, C, Shah, A, Clark, B, & Childs, P. "Wind-Turbine Inspection, Maintenance and Repair Robotic System." *Proceedings of the ASME Turbo Expo 2023: Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Volume 14: Wind Energy*. Boston, Massachusetts, USA. June 26–30, 2023. V014T37A004. ASME. <https://doi.org/10.1115/GT2023-101713>10.1109/ACCESS.2019.2957013.

Hydro

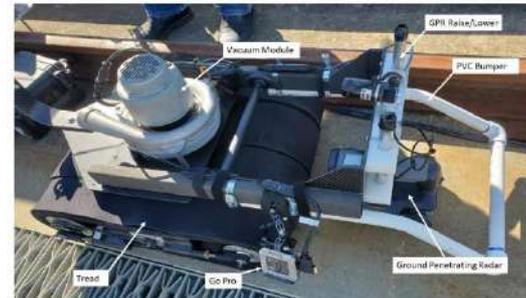


Figure 3. Photograph of crawler with GPR integrated.

Bigman, D.P. Evaluating the Feasibility of Robotic Crawler Deployed Ground Penetrating Radar to Assess Repairs of a Concrete Hydroelectric Dam Spillway in Alabama, USA. *Water* 2023, 15, 1858. <https://doi.org/10.3390/w15101858>

PV



Fig 5. Image of the first prototype of the PV Array Inspection Robot placed on a PV array.

M. Y. Vazquez Nieves, A. M. Colón González and J. L. Braid, "Modular, Array-Mounted Photovoltaic Inspection Robot," 2023 IEEE 50th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), San Juan, PR, USA, 2023, pp. 1-4, doi:10.1109/PVSC48320.2023.10359594

Power lines

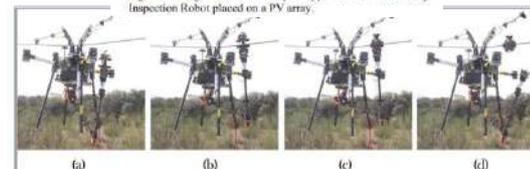


Figure 8.4. Real world experiment tests case: installation of a recharging station on a power line. (a) Approaching, (b) tool inserting, (c) clamping, (d) releasing. A video of this process can be seen at <http://y2u.be/kvChEYhnxy>.

Ollero, (2024). Chapter 8. Application of Intelligent Aerial Robots to the Inspection and Maintenance of Electrical Power Lines. 10.1561/9781638282839.ch8.

- **Non può esserci transizione energetica senza IA;**
- **Non può esserci transizione energetica senza approcci di Ispezione, Gestione e Manutenzione radicalmente diversi da quelli oggi in essere;**



Introduzione alla giornata



Grazie

