

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

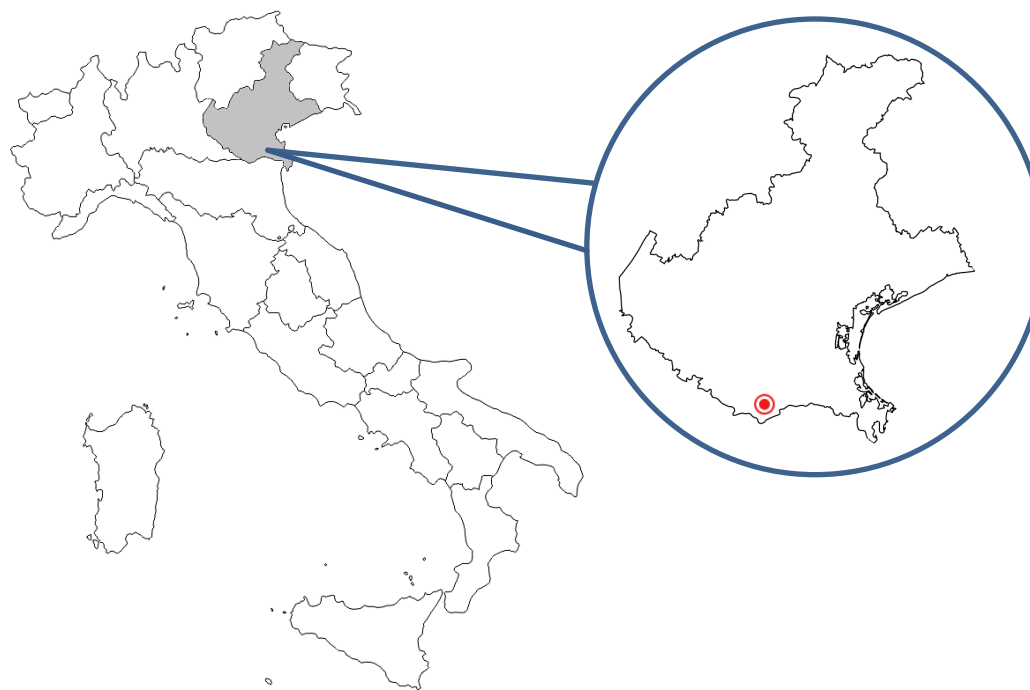
Relazione per la prova finale
***«Profilo orario di generazione di impianti
fotovoltaici: confronto tra simulazione e
dati sperimentali»***

Tutor universitario: Prof. Giuseppe ZOLLINO

Laureando: *Michele CASELLI*

Padova, 22/09/2022

Nel presente studio si sono confrontati i dati di un impianto fotovoltaico esistente con quelli derivanti da simulazioni della produzione oraria di energia elettrica, ottenibili da strumenti online di libero accesso, attraverso l'inserimento di latitudine, longitudine, orientamento e inclinazione dei moduli fotovoltaici.



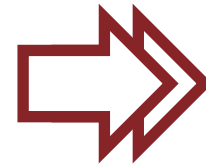
Verificare l'attendibilità delle simulazioni e di individuare le differenze rispetto alla quantità di energia realmente prodotta. Le simulazioni utilizzate sono state realizzate con le applicazioni web PvGIS e Renewable Ninja.

L'analisi riguarda gli anni:

- 2014
- 2015
- 2016
- 2017



Un totale di
17
simulazioni



Analisi:

- Produzione annuale
- Produzione mensile
- **Profilo orario produzione**

Impianto fotovoltaico «a terra»

Potenza di picco 48MWp

Connessione in AT

- (ARG/elt 99/08 smi, Allegato A, art.6 p.to 6.1. lettera a)
- (CEI 0-16 ed. 2009)



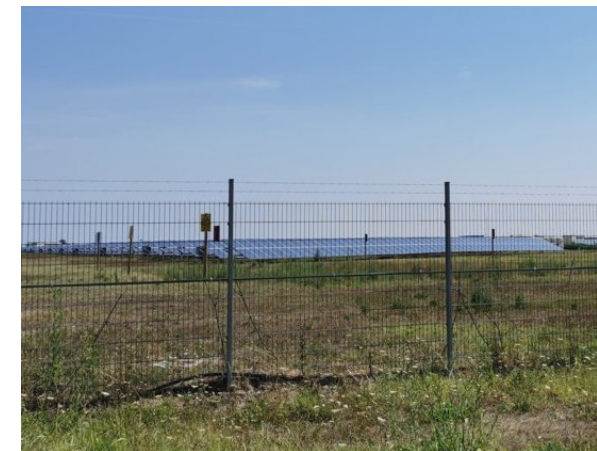
Inquadramento generale

Ubicazione sito comune di Canaro (RO)

- Latitudine: 44.945°N
- Longitudine: 11.655°E

I moduli fv in silicio policristallino

- Orientamento: 0° Sud
- Inclinazione: 35°



Campo fotovoltaico



Cabina primaria

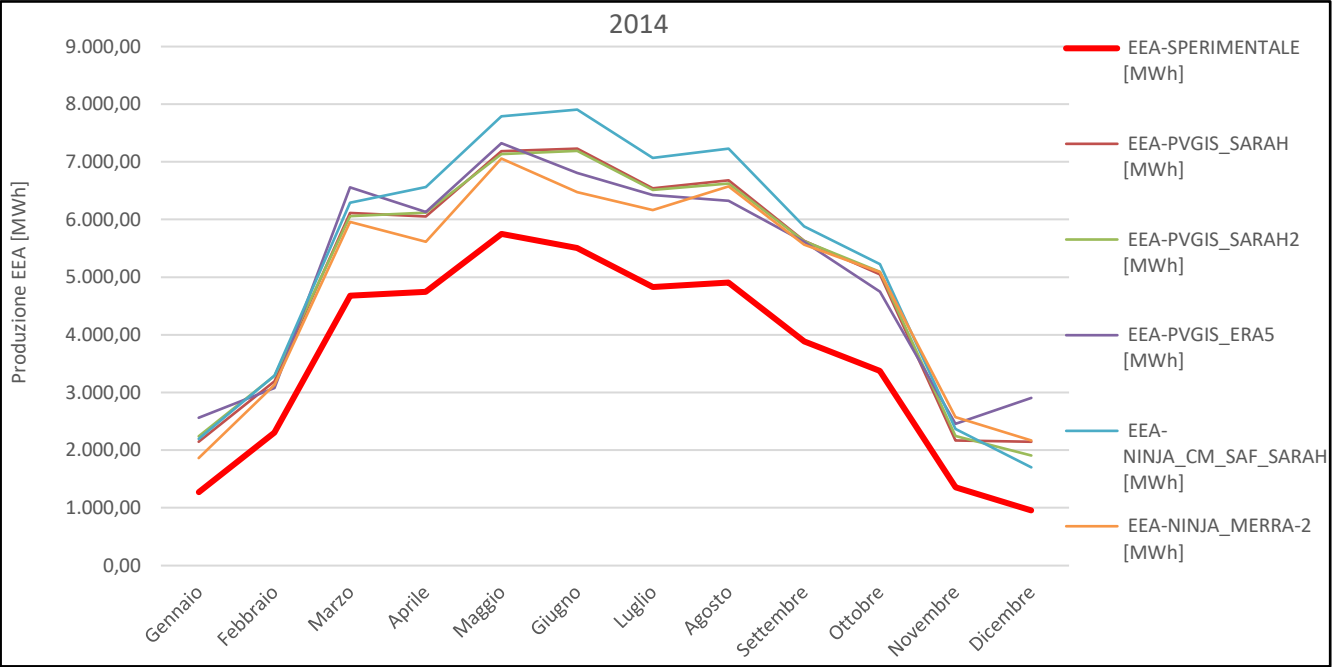
I dati generati dalle simulazioni sono fruibili da due siti web a libero accesso

PvGIS (Photovoltaic Geographical Information System)

- SARAH (2014 – 2015 – 2016)
- SARAH2 (2014 – 2015 – 2016 – 2017)
- ERA5 (2014 – 2015 – 2016 – 2017)

Renewables Ninja

- CM SAF SARAH (2014 – 2015)
- MERRA-2 (2014 – 2015 – 2016 – 2017)



Confronto tra dati di produzione dell'impianto fotovoltaico e delle simulazioni del 2014

2014					
	PVGIS_SARAH	PVGIS_SARAH2	PVGIS_ERA5	N_CMSAF_SARAH	N_MERRA-2
Ore funzionamento con scostamento ± 10%	413	450	397	423	343
% su ore anno	5%	5%	5%	5%	4%
Ore funzionamento con scostamento ± 20%	790	789	721	836	689
% su ore anno	9%	9%	8%	10%	8%
Ore funzionamento con scostamento ± 30%	1.137	1.128	1.026	1.179	1.032
% su ore anno	13%	13%	12%	13%	12%

Analisi oraria relativa al 2014

SPERIMENTALE [kWh anno]	PVGIS_SARAH [kWh anno]	PVGIS_SARAH2 [kWh anno]	PVGIS_ERA5 [kWh anno]	N_CMSAF_SARAH [kWh anno]	N_MERRA-2 [kWh anno]
907,60	1.252,69	1.250,77	1.269,43	1.323,24	1.213,10

Produzione annuale unitaria relativa al 2014

Produzione EE annua Reale = 43.564,88 MWh

PvGIS-SARAH = 60.128,92 MWh → 27,5%

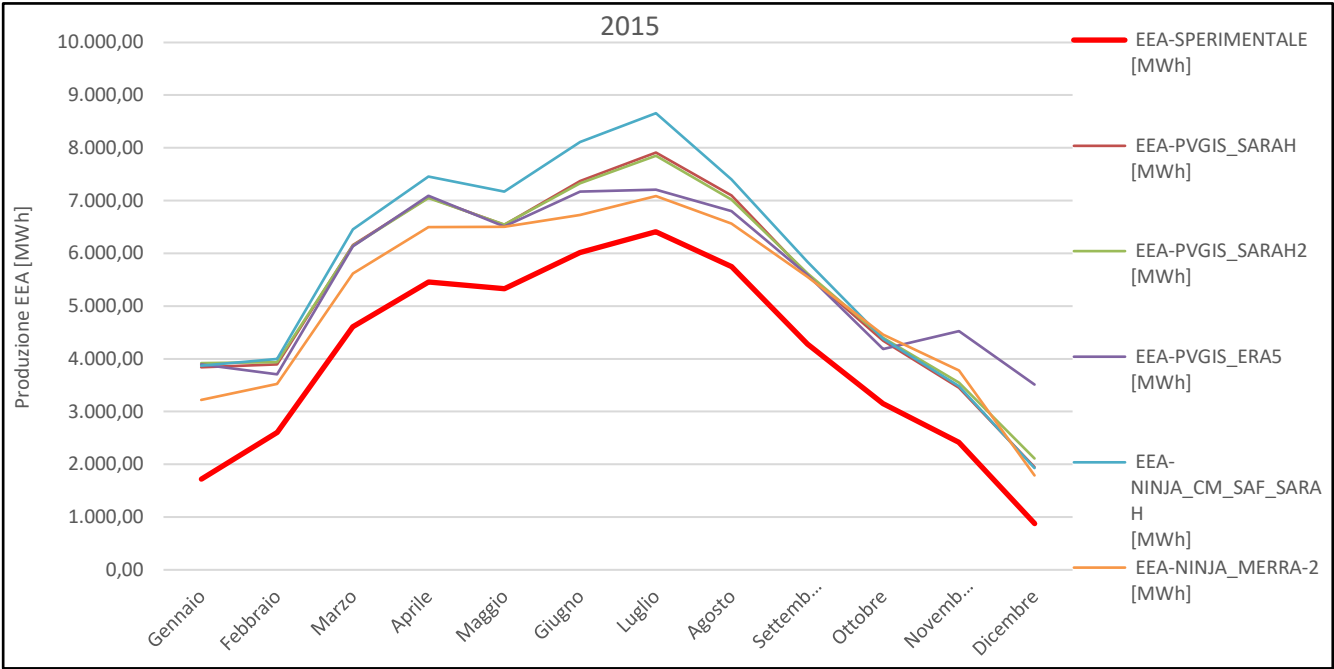
PvGIS-SARAH2 = 60.037,09 MWh → 27,4%

PvGIS-ERA5 = 60.932,57 MWh → 28,5%

RN-CM SAF SARAH = 63.515,62 MWh → 31,4%

RN-MERRA-2 = 58.228,70 MWh → 25,2%

Valutazione della quantità di ore dove la differenza tra dato sperimentale e quello simulato rientra in un range del ±10%, ±20% e ±30%



Confronto tra dati di produzione dell'impianto fotovoltaico e delle simulazioni del 2015

2015					
	PVGIS_SARAH	PVGIS_SARAH2	PVGIS_ERA5	N_CMSAF_SARAH	N_MERRA-2
Ore funzionamento con scostamento ± 10%	484	481	379	502	412
% su ore anno	6%	5%	4%	6%	5%
Ore funzionamento con scostamento ± 20%	880	870	745	945	816
% su ore anno	10%	10%	9%	11%	9%
Ore funzionamento con scostamento ± 30%	1.235	1.231	1.055	1.286	1.186
% su ore anno	14%	14%	12%	15%	14%

Analisi oraria relativa al 2015

SPERIMENTALE [kWh anno]	PVGIS_SARAH [kWh anno]	PVGIS_SARAH2 [kWh anno]	PVGIS_ERA5 [kWh anno]	N_CMSAF_SARAH [kWh anno]	N_MERRA-2 [kWh anno]
1.012,62	1.358,63	1.363,97	1.381,64	1.432,29	1.277,27

Produzione annuale unitaria relativa al 2015

Produzione EE annua Reale = 48.605,83 MWh

PvGIS-SARAH = 65.214,34 MWh → 25,5%

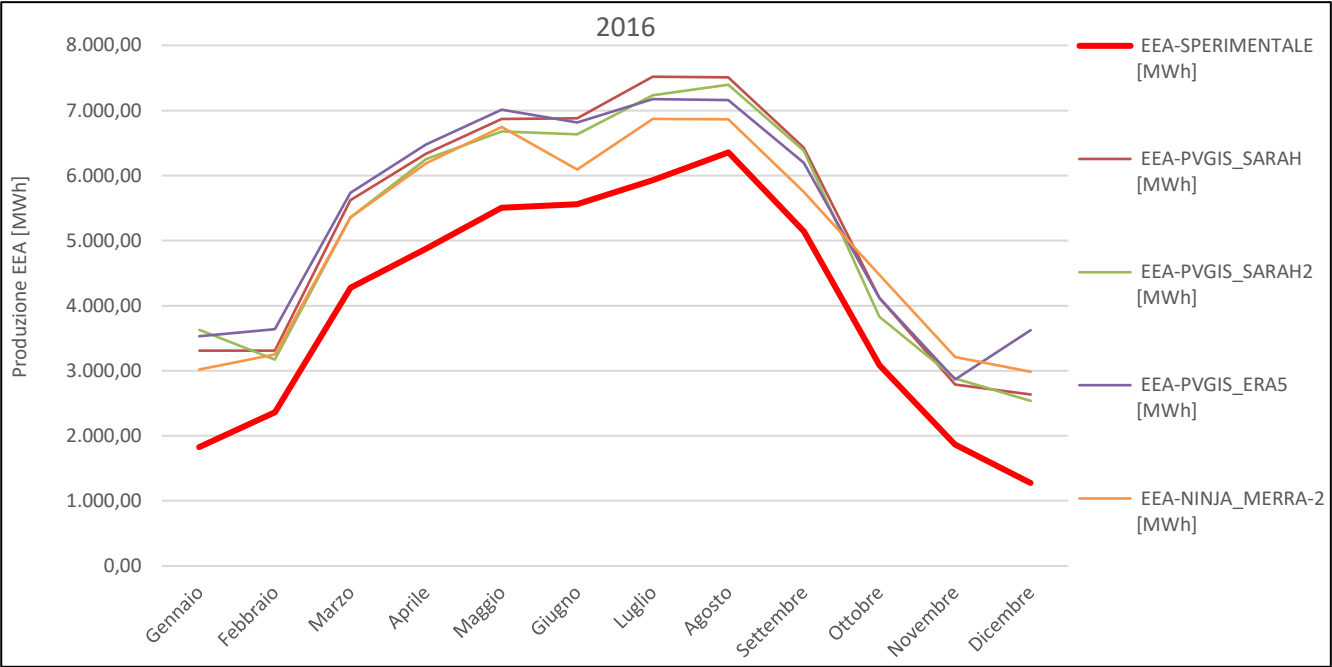
PvGIS-SARAH2 = 65.470,47 MWh → 25,8%

PvGIS-ERA5 = 66.318,92 MWh → 26,7%

RN-CM SAF SARAH = 68.749,82 MWh → 29,3%

RN-MERRA-2 = 61.309,15 MWh → 20,7%

Valutazione della quantità di ore dove la differenza tra dato sperimentale e quello simulato rientra in un range del ±10%, ±20% e ±30%



Confronto tra dati di produzione dell'impianto fotovoltaico e delle simulazioni del 2016

2016					
	PVGIS_SARAH	PVGIS_SARAH2	PVGIS_ERA5	N_CMSAF_SARAH	N_MERRA-2
Ore funzionamento con scostamento ± 10%	490	509	388	0	263
% su ore anno	6%	6%	4%	0%	3%
Ore funzionamento con scostamento ± 20%	870	927	730	0	539
% su ore anno	10%	11%	8%	0%	6%
Ore funzionamento con scostamento ± 30%	1182	1316	1057	0	794
% su ore anno	13%	15%	12%	0%	9%

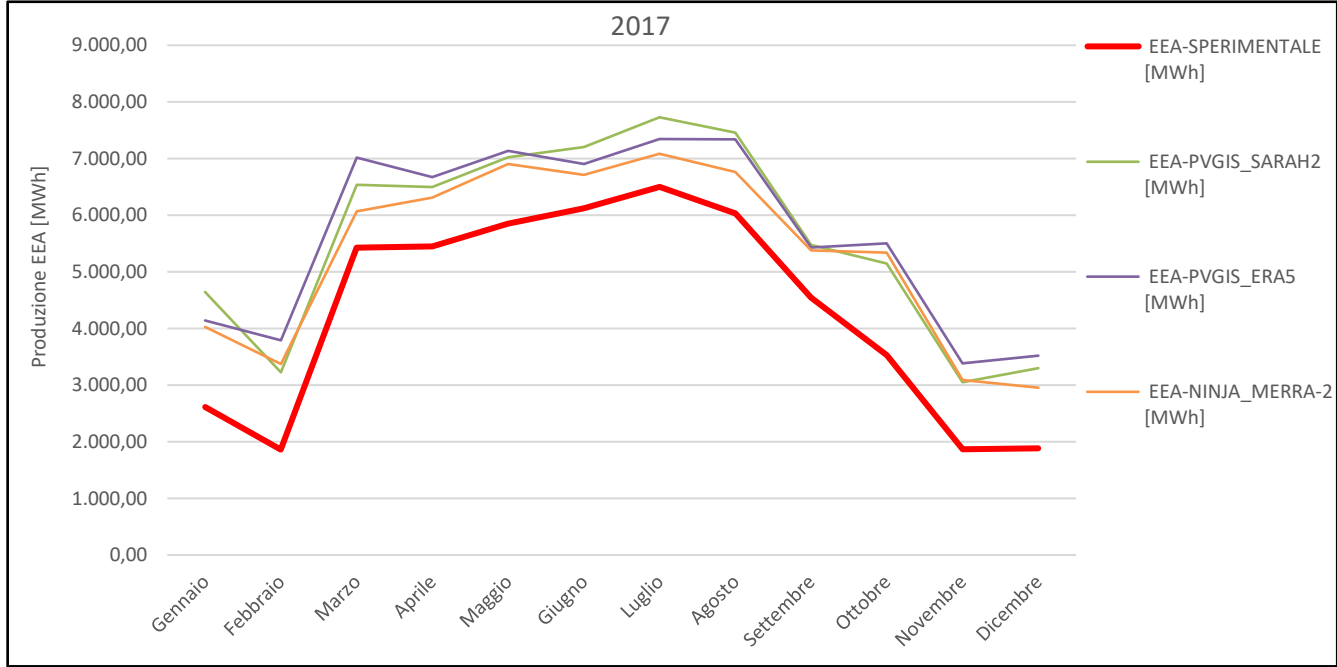
Analisi oraria relativa al 2016

SPERIMENTALE [kWh anno]	PVGIS_SARAH [kWh anno]	PVGIS_SARAH2 [kWh anno]	PVGIS_ERA5 [kWh anno]	N_CMSAF_SARAH [kWh anno]	N_MERRA-2 [kWh anno]
1.001,25	1.319,28	1.291,12	1.340,73	-	1.266,89

Produzione annuale unitaria relativa al 2016

Produzione EE annua Reale = 48.059,99 MWh
PvGIS-SARAH = 63.325,37 MWh → 24,1%
PvGIS-SARAH2 = 61.973,94 MWh → 22,5%
PvGIS-ERA5 = 64.354,99 MWh → 25,3%
RN-CM SAF SARAH = NP
RN-MERRA-2 = 60.810,86 MWh → 21,0%

Valutazione della quantità di ore dove la differenza tra dato sperimentale e quello simulato rientra in un range del ±10%, ±20% e ±30%



Confronto tra dati di produzione dell'impianto fotovoltaico e delle simulazioni del 2017

2017					
	PVGIS_SARAH	PVGIS_SARAH2	PVGIS_ERA5	N_CMSAF_SARAH	N_MERRA-2
Ore funzionamento con scostamento ± 10%	-	536	396	-	443
% su ore anno	0%	6%	5%	0%	5%
Ore funzionamento con scostamento ± 20%	-	971	801	-	861
% su ore anno	0%	11%	9%	0%	10%
Ore funzionamento con scostamento ± 30%	-	1.360	1.161	-	1.228
% su ore anno	0%	16%	13%	0%	14%

Analisi oraria relativa al 2017

SPERIMENTALE [kWh anno]	PVGIS_SARAH [kWh anno]	PVGIS_SARAH2 [kWh anno]	PVGIS_ERA5 [kWh anno]	N_CMSAF_SARAH [kWh anno]	N_MERRA-2 [kWh anno]
1.076,82	-	1.401,99	1.420,54	-	1.333,75

Produzione annuale unitaria relativa al 2017

Produzione EE annua Reale = 51.687,15 MWh

PvGIS-SARAH = NP

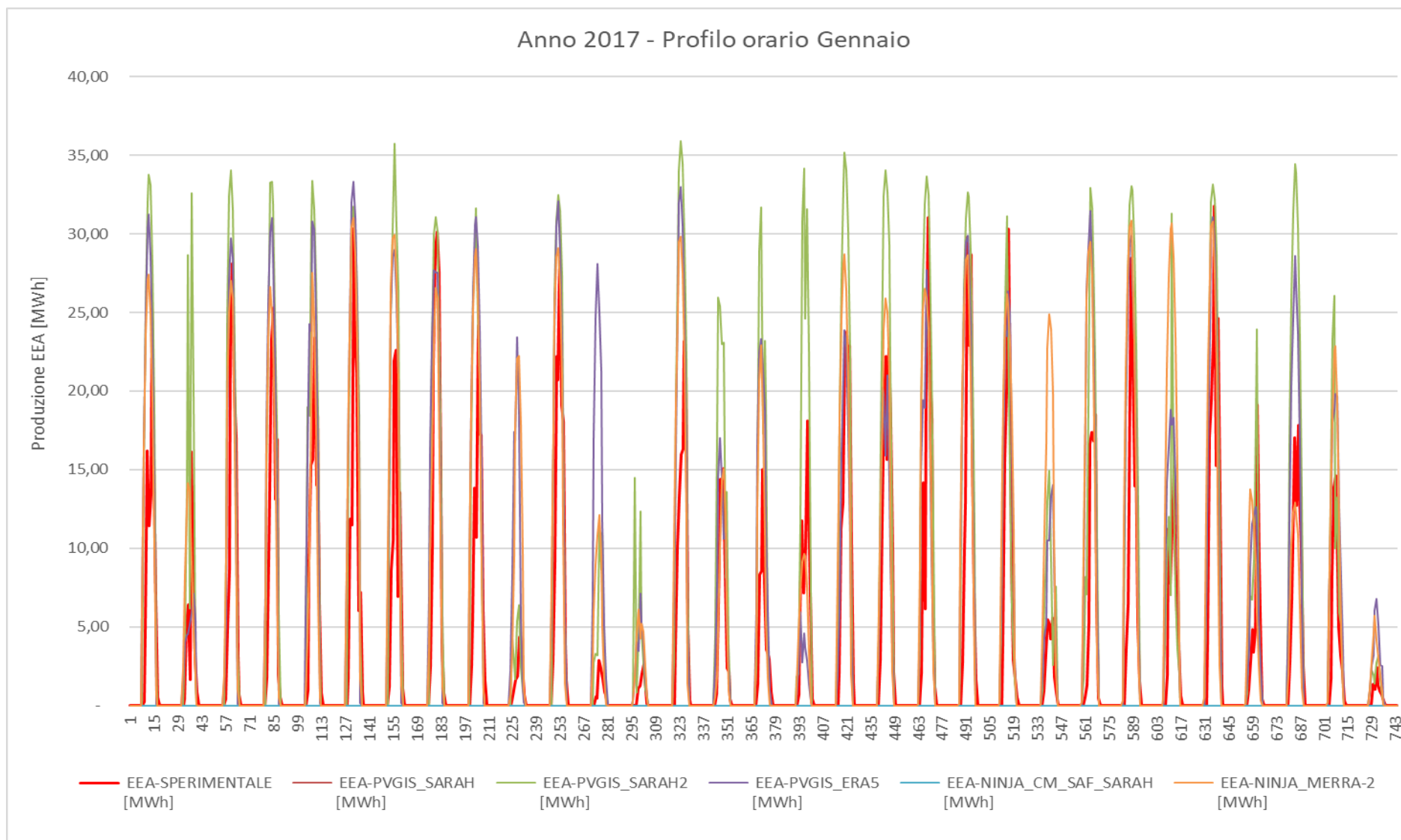
PvGIS-SARAH2 = 67.295,38 MWh → 23,2%

PvGIS-ERA5 = 68.185,81 MWh → 24,2%

RN-CM SAF SARAH = NP

RN-MERRA-2 = 64.019,95 MWh → 19,3%

Valutazione della quantità di ore dove la differenza tra dato sperimentale e quello simulato rientra in un range del ±10%, ±20% e ±30%



Da quanto emerso dallo studio, gli applicativi online non risultano strumenti affidabili per una previsione oraria, né tantomeno sulla produzione mensile e annuale. Tuttavia, dalle foto aeree risalenti al 03/2020, si notano interventi di sostituzione dei moduli fotovoltaici e da una visita in loco effettuata nel corso del presente anno, è emerso che l'impianto è oggetto di interventi di manutenzione straordinaria di ammodernamento tecnologico. In considerazione di ciò, per rendere attendibili i risultati del presente studio è necessario condurre l'analisi su altri siti nel medesimo periodo, e confrontarne i dati.