



### INTRODUZIONE

Le regioni europee dell'area mediterranea sono considerata una degli «hotspots» del cambiamento climatico, per il verificarsi di siccità sempre più gravi (che aumentano il rischio di incendi boschivi, la perdita di biodiversità, e il calo dei raccolti, etc.); i futuri cambiamenti climatici qui si riflettono in condizioni sempre più asciutte e cambi di frequenza, durata e/o intensità degli eventi estremi [1] [2] [3]. Per minimizzare il rischio del cambiamento climatico, è prioritario attuare azioni di adattamento. I dati forniti dai modelli climatici, mostrano limitazioni su scala spaziale essendo più grossolani di quelli richiesti per gli studi di impatto. Questa scheda informativa fornisce risultati su misura per le condizioni climatiche di "Agricola Michele Russo". Tali informazioni possono aiutare i proprietari a valutare gli aspetti della proprietà potenzialmente interessati e ad adottare misure adeguate.

Il clima di "Agricola Michele Russo" è classificato come Csa nella classificazione climatica di Koppen, cioè un clima caldo e temperato, con estati calde e secche [4].

La radiazione intercettata è un fattore determinante nello sviluppo delle colture. Le aree meridionali di Portogallo, Spagna ed Italia presentano l'insolazione più alta in Europa, che può raggiungere i 2200 kWh/m<sup>2</sup> per anno [5] [6]. Si noti, tuttavia, che i parametri topografici, come pendenza e altitudine, determinano una distribuzione irregolare della radiazione solare globale sull'area di studio (vedi figure 1, 2, 3 e 4), dato questo rilevante nella pianificazione dell'uso del suolo.

### TEMPERATURA

La temperatura media annua del sito è di circa 15°C, variabile tra 7 e 24°C, in Gennaio e Luglio/Agosto, rispettivamente.

Negli ultimi decenni, la temperatura media annua ha seguito un trend crescente; Toreti e Desiato (2008), sulla base di documentazione raccolta per l'Italia, hanno registrato un aumento significativo di 0.96°C tra il 1961 ed il 2004 [7].

Le proiezioni per il futuro ottenute dai modelli climatici suggeriscono che tale aumento continuerà nel corso del secolo. Rispetto al periodo di riferimento (1976-2005), è previsto un incremento della temperatura media annua variabile tra +0.9 e +2.4°C fino al 2075, a seconda dello scenario e del periodo di tempo considerato (vedi tabella pagina successiva).

Relativamente alla distribuzione mensile (figura 5), Luglio e Agosto resteranno i mesi più caldi, con temperature massime fino a 34°C; d'altra parte, si prevede che gennaio resterà il mese più freddi (temperatura più bassa di ~4°C).

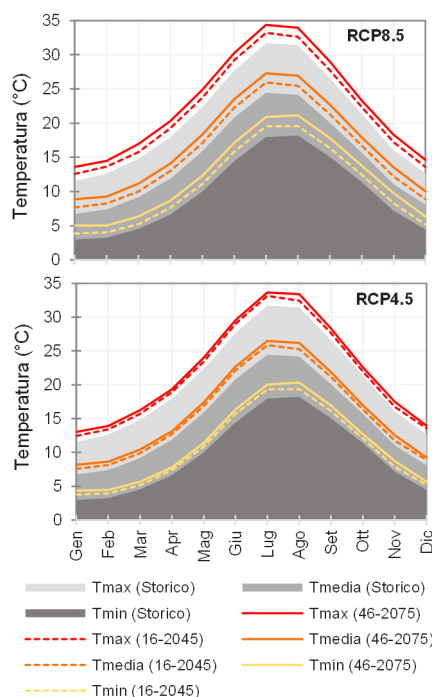


Figura 5 – Temperature mensili: minimo, media e massimo. Proiezioni agli scenari RCP4.5 e 8.5 per breve e lungo termine.

Il danno da stress termico può essere particolarmente costoso se le temperature più elevate si raggiungono durante fasi cruciali dello sviluppo colturale; attenzione crescente è stata rivolta all'analisi degli eventi estremi; numerosi studi, che considerano trends storici e/o proiezioni future, hanno mostrato un incremento delle alte temperature in Italia [8] [9]. Per il sito si prevede un forte aumento del numero di giorni estremamente caldi (Tmax > 35°C), fino a +20 giorni.

### LOCALIZZAZIONE

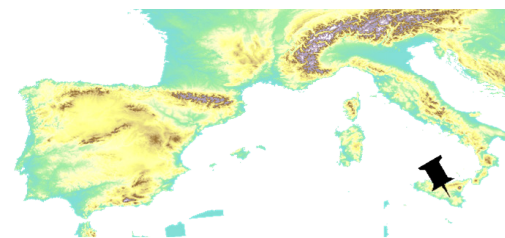


Figura 1 – Localizzazione di "Agricola Michele Russo".

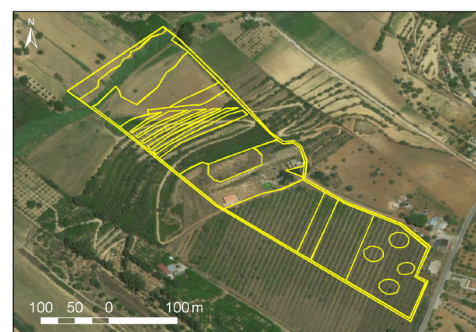


Figura 2 – Ortofoto area di studio.

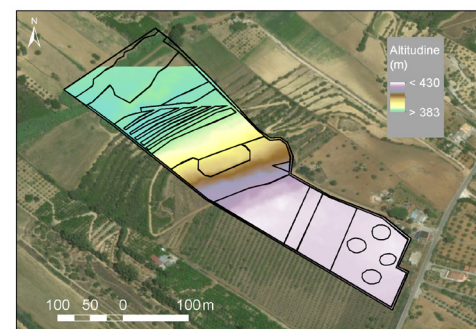


Figura 3 – Mappa orografica.



Figura 4 – Mappa della radiazione solare media annua.

### PROIEZIONI CLIMATICHE

	Storico (1976-2005)	Scenari	Intervallo di tempo	
			2016-2045	2046-2075
Temperatura media (°C)	14.7	RCP4.5	+0.9	+1.5
		RCP8.5	+1.1	+2.4
Temperatura massima (°C)	20.6	RCP4.5	+1.0	+1.6
		RCP8.5	+1.2	+2.4
Temperatura minima (°C)	9.7	RCP4.5	+0.9	+1.5
		RCP8.5	+1.1	+2.4
Numero di giorni estremamente caldi (Tmax. >= 35°C)	13	RCP4.5	+7	+13
		RCP8.5	+8	+20
Evapotraspirazione di riferimento (mm/day)	3.2	RCP4.5	+0.1	+0.1
		RCP8.5	+0.1	+0.3
Precipitazioni cumulate (mm)	561	RCP4.5	-26	-17
		RCP8.5	-32	-38
Numero di giorni con precipitazione (Pr > 1mm)	83	RCP4.5	-4	-6
		RCP8.5	-6	-11
Umidità relativa (%)	66	RCP4.5	-1	0
		RCP8.5	-1	-2
Indice di aridità	0.49	RCP4.5	-0.04	-0.04
		RCP8.5	-0.05	-0.08

Tabella – Anomalie medie annue calcolate rispetto al 1976–2005, per periodi di 30 anni, a breve termine (2016-2045) e a lungo termine (2046-2075), con gli scenari RCP4.5 e 8.5.

**Proiezione Climatica** | Risposta simulata del sistema climatico ad un futuro scenario di emissione o concentrazione di gas a effetto serra e aerosols, generalmente derivata dall'uso di modelli climatici [1].

**Scenario Climatico** | Una rappresentazione plausibile e spesso semplificata del clima futuro, basata su un set coerente di relazioni climatologiche che è stato costruito per indagare le potenziali conseguenze dei cambiamenti climatici legati all'uomo [1].

In questo studio, due Percorsi Rappresentativi di Concentrazione (RCPs) (cioè scenari che includono serie temporali di uso del suolo e di emissioni

e concentrazioni di gas a effetto serra, aerosols e gas chimicamente attivi) sono stati selezionati: RCP4.5 - un percorso di stabilizzazione intermedia in cui il forzante radiativo è stabilizzato approssimativamente a 4.5 W/m<sup>2</sup>; RCP8.5 - in cui il forzante radiativo raggiunge al 2100 valori maggiori di 8.5W/m<sup>2</sup>, continuando ulteriormente a salire per un certo periodo di tempo [10].

**Anomalie** | Differenze del clima futuro (e.g. 2046-2075) rispetto al periodo di riferimento, che in questo caso è 1976-2005.

**Evapotraspirazione di riferimento** | stima il tasso di evapotraspirazione di una coltura erbacea bassa, con altezza

uniforme, copertura totale del suolo ed adeguato stato idrico nel profilo di suolo. Il calcolo è stato effettuato con la funzione FAO-56 Penman-Monteith, che tiene conto di velocità del vento, radiazione solare, umidità relativa e temperatura [11][12].

**Indice di Aridità** | una misura dell'acqua disponibile. Secondo l'UNEP (1992), tale indice è il rapporto tra le precipitazioni e l'evapotraspirazione potenziale su base annua [13]; quest'ultima nel presente studio è considerata equivalente all'evapotraspirazione di riferimento.

Il clima è classificato in iper-arido (<0.03), arido (0.03-0.2), semi-arido (0.2-0.5), asciutto sub-umido (0.5-0.65), e umido (>0.65).



### PRECIPITAZIONE

La precipitazione media annua è di circa 560 mm, di cui l'80% cade tra Settembre e Maggio (~45 a 60 mm per mese), con un minimo in estate (~30 mm per mese).

Durante gli ultimi decenni, un lento decremento delle precipitazioni medie annue è stato registrato in Italia [14] [15]. I piccoli cambi nelle precipitazioni medie possono rappresentare il risultato di un incremento relativamente alto della probabilità di eventi piovosi estremi [16] [17] [18], in particolare durante l'autunno e l'inverno [19].

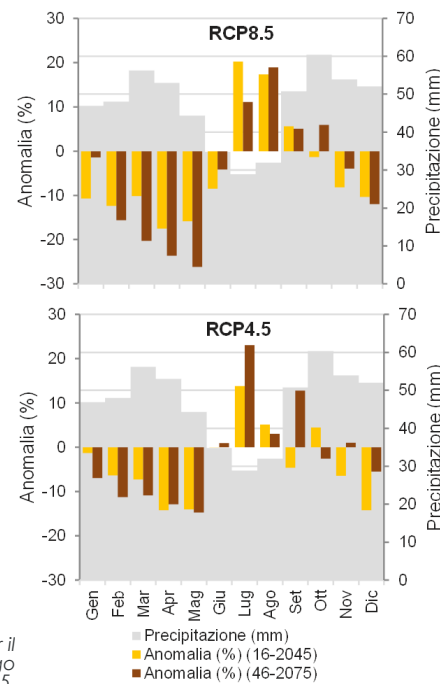
Per il futuro, i modelli climatici stimano anche una tendenza al decremento delle precipitazioni annuali. La riduzione può raggiungere circa i 40 mm (~7%), e 11 giorni di pioggia in meno all'anno.

Relativamente alle medie mensili,

trends positivi si alternano a trends negativi in dipendenza dallo scenario e dal periodo di tempo considerati (figura 6). Tuttavia, in generale anomalie negative si attendono principalmente in primavera, mentre anomalie positive si prevedono in estate e meno marcate in autunno. Questi cambi nella distribuzione stagionale delle precipitazioni impattano sulla disponibilità dell'acqua, richiedendo misure preventive come l'anticipazione della semina per le colture primaverili.

Condizioni asciutte (bassi valori dell'Indice di Aridità) si prevedono fino alla fine del XXI secolo nel sud Europa [20] [21]. In accordo con i valori medi previsti per l'Indice di aridità a lungo termine, il clima di "Agricola Michele Russo" resterà semi-arido (0.2-0.5), anche se condizioni più secche tenderanno a intensificarsi.

Figura 6 – Precipitazioni medie mensili per il periodo storico; anomalie nel breve e lungo termine, per gli scenari RCP4.5 e 8.5.



Questa scheda fornisce un riassunto dei possibili cambi previsti nel clima di "Agricola Michele Russo". Le proiezioni coprono il periodo dal 2016 al 2075, mostrando tuttavia medie a 30 anni, in modo tale che sia identificato il segnale del cambiamento climatico e non la variabilità naturale del clima. Le anomalie sono calcolate rispetto ad un periodo di riferimento dal 1976 al 2005.

Le informazioni si basano sui Modelli Climatici Regionali (RCMs) attualmente disponibili (nello specifico, CLMcom-CCLM4-8-17, CNRM-ALADIN53, SMHI-RCA4, DMI-HIRHAM5, KNMI-RACMO22E, IPSL-INERIS-WRF331F, MPI-CSC-REMO2009), utilizzati AR5 (Fifth Assessment Report) dell'IPCC. Questi RCMs sono stati forzati con i Modelli Climatici Globali (GCMs) (cioè CNRM-CERFACS-CNRM-CM5, ICHEC-EC-EARTH, IPSL-IPSL-CM5A-MR, MPI-M-MPI-ESM-LR, NCC-NorESM1-M). I cambi previsti sono stati quindi realizzati utilizzando l'output delle simulazioni di un ampio gruppo di modelli (dodici combinazioni RCM-GCM) coinvolgendo così una ampia varietà di istituzioni, parametri e sensibilità climatiche. Le simulazioni hanno una risoluzione spaziale di 0.11° x 0.11° (~12.5 km). Per maggiori informazioni sui modelli climatici, visita <http://www.cordex.org>.

Per gli scopi di questo studio, ogni scenario RCM e RCP è considerato con la stessa probabilità in quanto non esiste un modo preciso per valutare le prestazioni degli stessi in un clima che non si è ancora realizzato.

La mappa della radiazione solare media annua globale è stata creata sulla base degli strumenti di analisi della radiazione solare presenti nell'estensione ArcGIS Spatial Analyst del software ArcGIS 10.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] IPCC, "Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, 2013.
- [2] IPCC, "Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, 2014.
- [3] N. S. Diffenbaugh and F. Giorgi, "Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble," *Clim. Change*, vol. 114, pp. 813–822, 2012.
- [4] F. Rubel and M. Kottek, "Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification," *Meteorol. Zeitschrift*, vol. 19, no. 2, pp. 135–141, 2010.
- [5] C. Perpiña Castillo, F. Batista e Silva, and C. Lavalle, "An assessment of the regional potential for solar power generation in EU-28," *Energy Policy*, vol. 88, pp. 86–99, 2016.
- [6] S. Rodrigues, M. B. Coelho, and P. Cabral, "Suitability Analysis of Solar Photovoltaic farms: A Portuguese Case Study," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, pp. 243–254, 2017.
- [7] A. Toreti and F. Desiato, "Temperature trend over Italy from 1961 to 2004," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 91, pp. 51–58, 2008.
- [8] C. Simolo, M. Brunetti, M. Maugeri, T. Nanni, and A. Speranza, "Understanding climate change-induced variations in daily temperature distributions over Italy," *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 115, p. D22110, 2010.
- [9] M. Beniston, D. B. Stephenson, O. B. Christensen, C. A. T. Ferro, C. Frei, S. Goyette, K. Halsnaes, T. Hoff, K. Jylhä, B. Koffi, J. Palutikof, R. Schöll, T. Semmler, K. Woth, "Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections," *Clim. Change*, vol. 81, pp. 71–95, 2007.
- [10] R. Moss, M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J. F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakicenovic, B. O'Neill, R. Pichs, K. Riahi, S. Rose, P. Runci, R. Stouffer, D. van Vuuren, J. Weyant, T. Wilbanks, J. P. van Ypersele, and M. Zurek, "Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts and Response Strategies," Technical Summary. IPCC, Geneva, p. 25, 2008.
- [11] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, "Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage." FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998.
- [12] D. Guo, S. Westra, and H. R. Maier, "An R package for modelling actual, potential and reference evapotranspiration," *Environ. Model. Softw.*, vol. 78, pp. 216–224, 2016.
- [13] UNEP, "World Atlas of Desertification." Edward Arnold, p. 69, 1992.
- [14] M. Brunetti, M. Maugeri, F. Monti, and T. Nanni, "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series," *Int. J. Climatol.*, vol. 26, pp. 345–381, 2006.
- [15] M. Brunetti, T. Caloiero, R. Coscarelli, G. Gullà, T. Nanni, and C. Simolo, "Precipitation variability and change in the Calabria region (Italy) from a high resolution daily dataset," *Int. J. Climatol.*, vol. 32, pp. 57–73, 2012.
- [16] A. L. Zollo, V. Rillo, E. Bucchignani, M. Montesarchio, and P. Mercogliano, "Extreme temperature and precipitation events over Italy: Assessment of high-resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios," *Int. J. Climatol.*, vol. 36, pp. 987–1004, 2016.
- [17] E. Coppola and F. Giorgi, "An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations," *Int. J. Climatol.*, vol. 30, pp. 11–32, 2010.
- [18] G. Nikulin, E. Kjellström, U. Hansson, G. Strandberg, and A. Ullerstig, "Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations," *Tellus A Dyn. Meteorol. Oceanogr.*, vol. 63, pp. 41–55, 2011.
- [19] T. Colombo, V. Pelino, S. Vergari, P. Cristofanelli, and P. Bonasoni, "Study of temperature and precipitation variations in Italy based on surface instrumental observations," *Glob. Planet. Change*, vol. 57, pp. 308–318, 2007.
- [20] J. Huang, H. Yu, X. Guan, G. Wang, and R. Guo, "Accelerated dryland expansion under climate change," *Nat. Clim. Chang.*, vol. 6, no. 2, pp. 166–171, 2016.
- [21] A. Dai, "Increasing drought under global warming in observations and models," *Nat. Clim. Chang.*, vol. 3, no. 1, pp. 52–58, 2013.