



2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA



2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA

La vite prospera nei climi temperati, (climi C, adatti a una buona agricoltura secondo la classificazione dei climi mondiali di Koeppen); in particolare l'area DOC di Custoza si colloca proprio nel cuore di quella grande regione geografica vocata alla coltura della vite che si estende dalla Francia centrale al Nord Africa.

Il regime termo-pluviometrico dell'anno medio (distribuzione lungo l'anno di temperature e precipitazioni) è così descrivibile:

- le temperature manifestano un tipico minimo invernale che cade intorno a gennaio e un massimo estivo intorno a luglio, con un caratteristico ritardo rispetto al minimo e al massimo di radiazione solare, rispettivamente raggiunti il 21 dicembre e il 21 giugno;
- le precipitazioni presentano due massimi, in primavera e autunno, e due minimi, in inverno ed estate. Il minimo invernale è sintomo di vicinanza dell'area centro-europea mentre quello estivo, meno spiccato, è sintomo di mediterraneità.

Il clima dell'area è frutto dell'originale integrazione fra i fattori climatici a macroscale (latitudine, distanza dal Mediterraneo e dall'Oceano Atlantico, grandi strutture circolatorie, ecc.) e fattori climatici locali che agiscono da modulatori. Fra i fattori locali si devono in particolare segnalare i seguenti:

- il rilievo, che genera una vasta gamma di effetti to-

poclimatici quali (i) gli effetti dell'esposizione sul soleggiamento e il riscaldamento diurno delle pendici, (ii) gli effetti di giacitura sull'accumulo notturno di aria fredda e (iii) gli effetti della forma del rilievo sui regimi di brezza;

- l'appartenenza al bacino padano-veneto, grande catino con apertura a est che costituisce un areale di transizione fra quello centro-europeo a clima oceanico e quello sud-europeo a clima mediterraneo;
- la vicinanza di grandi sorgenti di calore e/o umidità quali la Pianura Padana, il Lago di Garda e il Mare Adriatico. Tali aree non sono estranee alla vivace attività temporalesca estiva che è una nota caratteristica dell'ambiente in esame e che presenta vantaggi in termini di rifornimento idrico cui si abbinano possibili problemi di danni da grandine e da erosione del suolo.

Una classificazione di sintesi è utile per l'inquadramento di massima dell'areale viticolo DOC Custoza in termini di mesoclima. In questa sede è stata utilizzata la classificazione di Koeppen rivisitata da Mario Pinna per l'area italiana (Mennella, 1972), secondo la quale l'area presenta un clima di tipo temperato subcontinentale, che si qualifica per:

- temperature medie annue comprese fra 10 e 14,4 °C;

Tabella 2.1 – Principali fattori che determinano il clima dell'area DOC Custoza

<p>LOCALIZZAZIONE ALLE MEDIE LATITUDINI cui si associano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la vicinanza di "regioni sorgenti" di masse d'aria caratteristiche (area artica, area subtropicale, area atlantica e area siberiana) • la circolazione atmosferica (es: grandi correnti occidentali)
<p>APPARTENENZA ALLA REGIONE PADANO-ALPINA (grande catino delimitato dalle catene alpina e appenninica e con un'apertura principale verso est) da cui derivano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • grande stabilità della massa d'aria con conseguente accumulo di grandi quantità di energia in forma di calore e umidità • grande suscettibilità alle instabilizzazioni dovute alle irruzioni di aria fredda in quota da settentrione
<p>STRUTTURA LOCALE DEL RILIEVO (giacitura, pendenza, esposizione) da cui derivano caratteristici effetti topoclimatici su:</p> <ul style="list-style-type: none"> - radiazione solare - temperatura (es: aree di fondovalle e di compluvio con accumulo notturno di aria fredda da cui derivano nebbie, gelate e brinate; pendici caratterizzate da maggiore mitezza) - umidità relativa (es: aree di fondovalle con valori più elevati) - precipitazioni (intensificazioni orografiche di origine locale) - vento (brezze di monte e valle)
<p>COPERTURA DEL SUOLO ad esempio un suolo nudo rispetto a uno coperto da vegetazione si scalda molto di più durante il giorno e si raffredda più velocemente di notte</p>
<p>PRESENZA DI GRANDI MASSE IDRICHE (ALTO ADRIATICO, LAGO DI GARDA) da cui derivano effetti caratteristici quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mitigazione delle temperature (gli estremi si smorzano, per cui le aree litoranee rispetto a quelle della piena Pianura Padana presentano temperature medie più elevate in inverno e più basse in estate) - cessione di umidità all'atmosfera (favorevole ad esempio all'attività temporalesca estiva) - atmosfera più limpida - venti (brezze di mare e di lago)
<p>Da notare che l'Alto Adriatico è un bacino interno relativamente freddo rispetto, ad esempio, al Mar Tirreno, per cui l'effetto mitigante sul clima appare attenuato.</p>

2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA

Figura 2.1 – Il diagramma illustra l'andamento delle temperature minime giornaliere nel corso dell'anno per la stazione di Castelnuovo del Garda. La linea rossa è la media, l'area in verde indica la zona di piena normalità, l'area in giallo indica un'anomalia moderata; i valori fortemente anomali ricadono infine nell'area in arancio. In base a questo schema si può ad esempio giudicare fortemente anomala una minima di -8°C in gennaio o una minima di 10°C a luglio; al contrario minime di -2°C a gennaio o di 18°C a luglio sono da considerare del tutto nella norma. Gli elaborati sono stati eseguiti su pacchetti di 5 giorni (pentadi) con riferimento al periodo 1993–2007 (elaborazione su dati forniti dal servizio meteorologico dell'ARPAV)

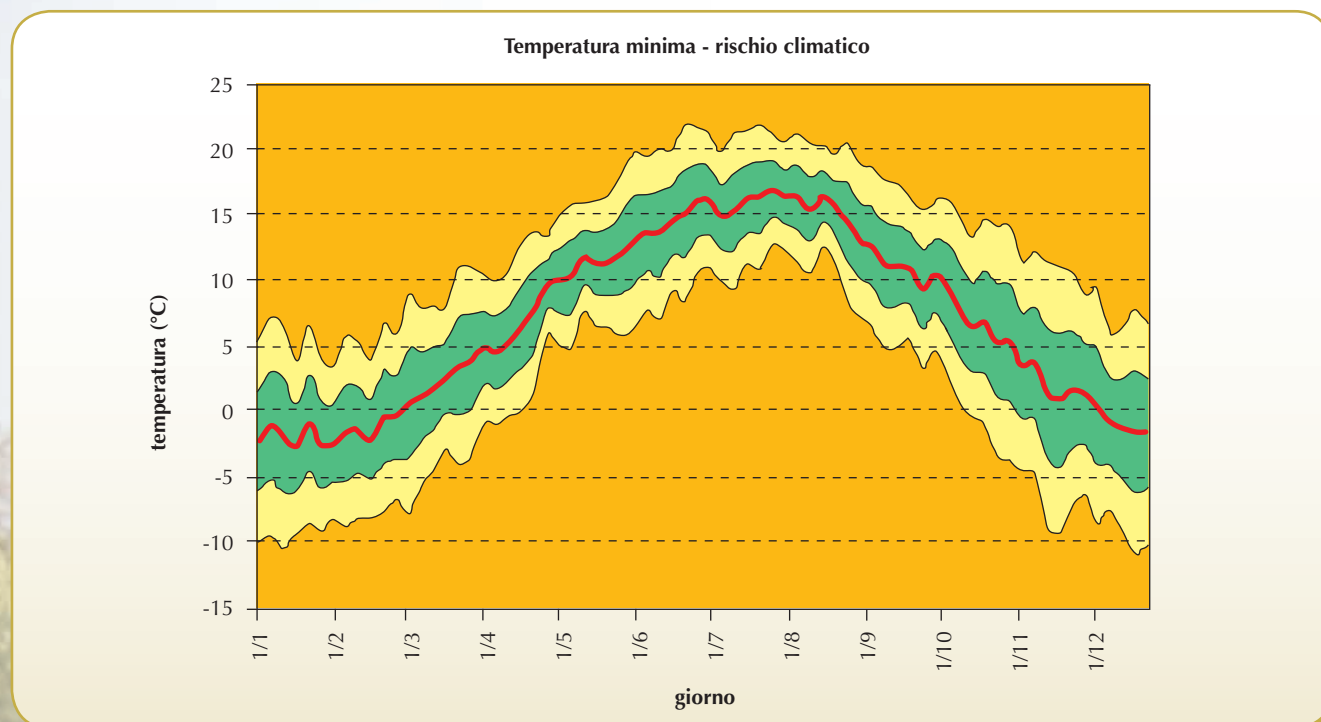


Figura 2.2 – Il diagramma illustra l'andamento delle temperature massime giornaliere nel corso dell'anno per la stazione di Castelnuovo del Garda. La linea rossa è la media, l'area in verde indica la zona di piena normalità, l'area gialla indica un'anomalia moderata; i valori fortemente anomali ricadono infine nell'area in rosso. In base a questo schema si deve giudicare fortemente anomala una massima di 15°C in gennaio o una massima di 39°C a luglio; al contrario minime di 5°C a gennaio o di 32°C ad agosto sono da considerare del tutto nella norma. Gli elaborati sono stati eseguiti su pacchetti di 5 giorni (pentadi) con riferimento al periodo 1993–2007 (elaborazione su dati forniti dal servizio meteorologico dell'ARPAV)

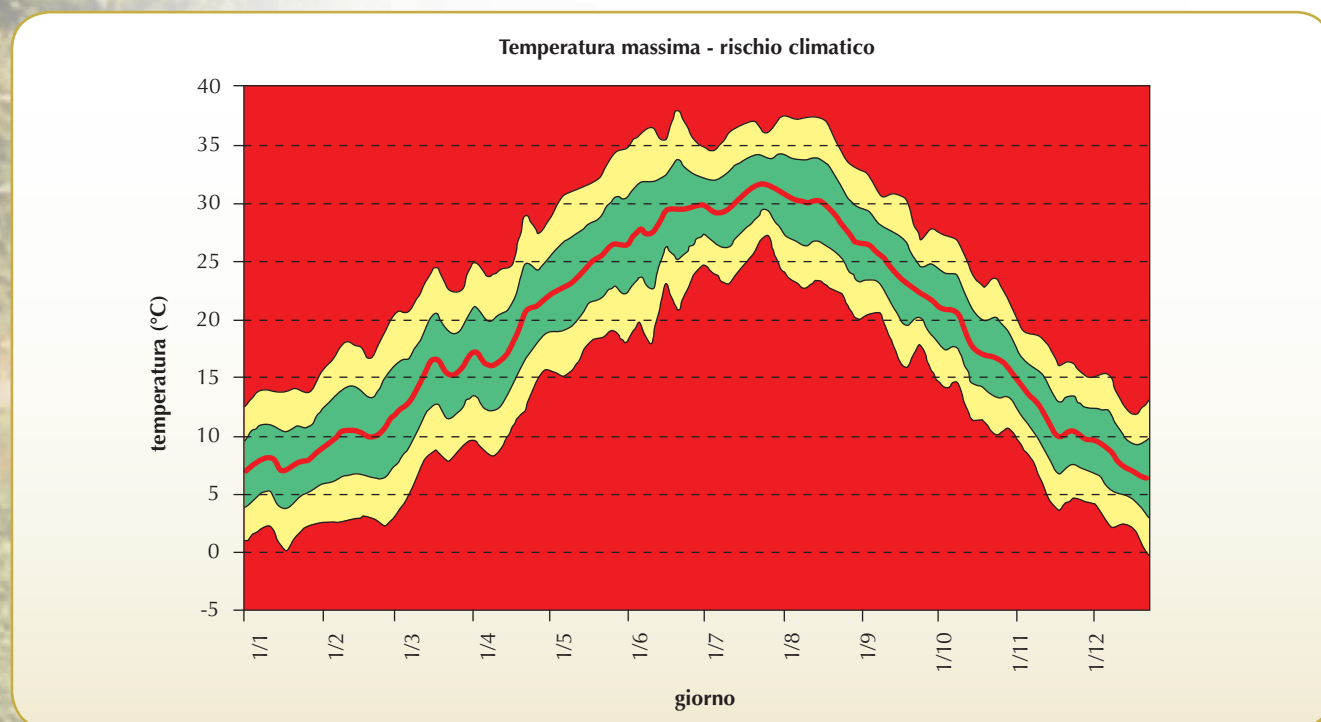
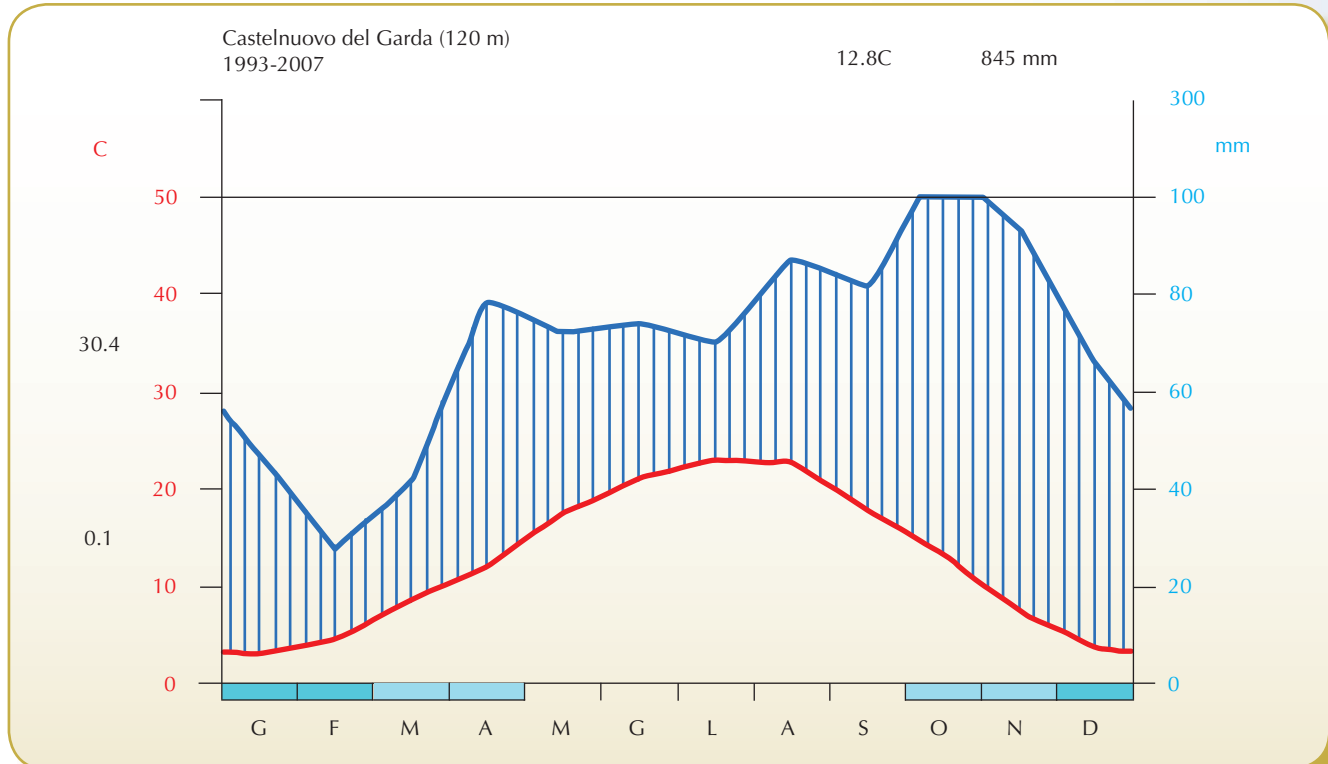


Figura 2.3 – Diagramma di Walter e Lieth per la stazione di Castelnuovo del Garda. La linea blu indica l'andamento delle precipitazioni mensili mentre la linea rossa indica l'andamento delle temperature mensili. Il fatto che la linea delle precipitazioni non scenda mai al di sotto di quella delle temperature indica che nell'anno medio non si verificano periodi di forte aridità. Le fasce azzurre al di sotto dell'asse delle ascisse evidenziano i periodi soggetti a gelate



- media del mese più freddo fra -1 e 3,9 °C;
- da 1 a 3 mesi con medie termiche superiori a 20 °C;
- escursione termica annua (differenza fra temperatura media del mese più freddo e di quello più caldo) di oltre 19 °C.

2.1 LE FONTI DI DATI

I dati climatici alla base di questa indagine provengono dalla rete meteorologica operativa di ARPA Veneto, a cui si è fatto riferimento anche per il recupero dei dati termopluviometrici della rete dell'ex Servizio Idrografico. Il supporto climatologico fornito alle attività di zonazione non si è limitato alla sola indagine agroclimatica di sintesi oggetto di questa relazione, ma si è altresì esteso alla produzione, con l'ausilio di adeguate procedure di spazializzazione, degli elaborati specifici relativi ai vigneti guida per le annate interessate dalla zonazione stessa.

2.2 INQUADRAMENTO DELL'INDAGINE

Le indagini agroclimatiche, condotte facendo ricorso a tecniche agrometeorologiche (WMO, 1981), hanno lo scopo di valutare la vocazione alla viticoltura definendo in termini quantitativi sia le risorse climatiche sia le limitazioni imposte dal clima alla coltura della vite.

Indagare il clima di un territorio impone un approccio basato su **scale spaziali** caratteristiche; in Tabella 2.2 si riporta lo schema di classificazione cui ci si è attenuti nel corso del lavoro.

Tabella 2.2 – Classificazione dei climi secondo scale spaziali

Tipo	Dimensione spaziale (valori puramente orientativi)	Esempio
Macroclima	Oltre 500 km	clima europeo, clima mediterraneo
Mesoclima	50-500 km	clima padano, clima insubrico
Clima locale	1-50 km	clima di un versante collinare, di una piccola valle
Microclima	< 1 km	clima di un vigneto

In proposito si deve rilevare che la ricerca ha operato alle seguenti scale:

- **a livello di mesoclima e clima locale**, in modo da evidenziare i tratti agroclimatici salienti che incidono sulla vocazione viticola del territorio oggetto di indagine;
- **a livello di microclima** con livelli di dettaglio tali da scendere fino al singolo vigneto. Da ciò deriva il fatto che tutte le carte termiche, pluviometriche, radiative e di bilancio idrico riportate nel testo sono state basate su dati numerici riferiti a celle unitarie di dimensioni di circa 4 ettari (200 x 200 m).

Occorre peraltro precisare che l'indagine microclimatica presenta tutta una serie di limitazioni, prima fra tutte il fatto

che il maggiore dettaglio pone inevitabilmente in evidenza la variabilità a microscala tipica delle risorse radiative e termiche, rendendo arduo il tracciamento di linee nette di separazione fra territori a differente vocazione, scopo per il quale è da privilegiare l'analisi mesoclimatica.

2.3 VARIABILITÀ TEMPORALE

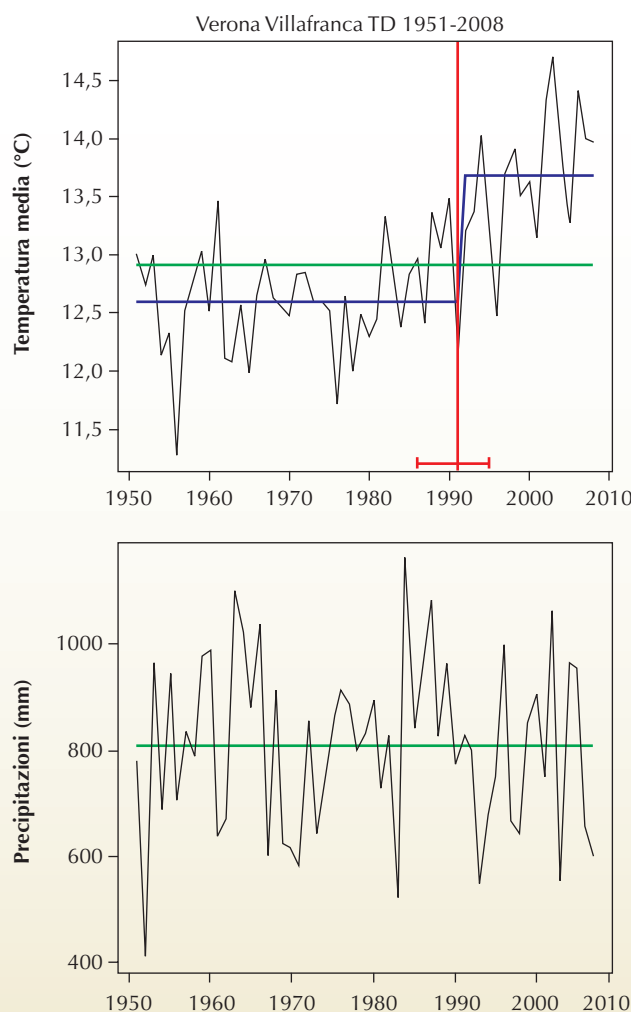
La variabilità del clima influenza in modo rilevante le produzioni agricole e la vocazionalità dei territori (Mariani, 2006). L'area in esame ha manifestato fra gli anni '80 e gli anni '90 del 900 un incremento delle temperature che è frutto di un cambiamento di fase della grande circolazione atlantica (Mariani, 2008). L'analisi statistica della serie 1951-2008 di Verona Villafranca (fonte: ECAD) è illustrata nei due diagrammi in Figura 2.4.

Si noti anzitutto che le temperature medie annue mostra-

no uno "scalino" (change point) che con il 95% di confidenza ricade fra il 1986 e il 1995 (anno più probabile: 1991) e che le temperature medie annue prima e dopo lo "scalino" risultano rispettivamente di 12,6 e 13,7 °C. Le precipitazioni risultano invece stazionarie con un valore medio annuo di 807 mm. Tale andamento è alla base della decisione di adottare in sede di analisi statistica il periodo 1992-2007 per le temperature e il periodo 1951-2007 per le precipitazioni. Ciò allo scopo di fornire:

- una valutazione delle risorse termiche rispondenti alle caratteristiche del clima attuale (a valle dello "scalino" del 1991);
- una valutazione delle risorse pluviometriche che abbracci un periodo sufficientemente ampio per cogliere la grande variabilità interannuale che si associa alla stazionarietà temporale complessiva delle precipitazioni.

Figura 2.4 – Analisi di discontinuità eseguita sulle temperature medie annue (in alto) e le precipitazioni totali annue (in basso) per la stazione di Verona Villafranca (fonte dei dati: ECAD). Per le temperature si noti la discontinuità del 1991 (linea rossa verticale) con medie annue che salgono da 12,6 °C (media del periodo 1951-1991 – linea blu bassa) a 13,7 °C (media del periodo 1992-2008 – linea blu alta). Al contrario le precipitazioni risultano stazionarie con valore medio annuo (linea verde) di 807 mm



2.4 CARATTERI TERMOPLUVIOMETRICI

Il clima dell'area DOC Custoza si caratterizza per la presenza di estati calde ma non afose e di inverni relativamente freddi, mentre le precipitazioni si distribuiscono lungo l'anno in modo abbastanza omogeneo.

L'analisi delle temperature medie mensili mostra una media annua di 12,5-14 °C, con temperature medie estive di 22-24 °C e medie invernali di 6-8 °C; il mese mediamente più freddo è gennaio, con una media delle minime intorno a -1 °C e una media delle medie di 2-5 °C. Il mese più caldo è invece luglio con medie comprese fra 23 e 25 °C.

Il superamento primaverile della soglia di 10 °C nelle temperature medie ha mediamente luogo nella terza decade di marzo e la discesa autunnale al di sotto di tale soglia fra la prima e la seconda decade di novembre, per cui la stagione di crescita della vite ha durata media di 220-235 giorni.

La temperatura media di ottobre (fra 13,5 e 15,5 °C) è abbondantemente al di sopra del limite di 10 °C, che può essere considerato il limite europeo per la viticoltura commerciale (Lamb, 1966).

Le precipitazioni medie annue sono comprese fra 800 e 950 mm, con un regime pluviometrico a due massimi (il principale in autunno e il secondario in primavera) e due minimi (il principale in inverno e il secondario in estate).

La zona DOC è un'area interna soggetta a un limitato influsso climatico del Mediterraneo, come attesta il minimo pluviometrico secondario nel mese di luglio. L'elevata piovosità estiva fa ritenere tuttavia improprio parlare di mediterraneità per l'area in esame.

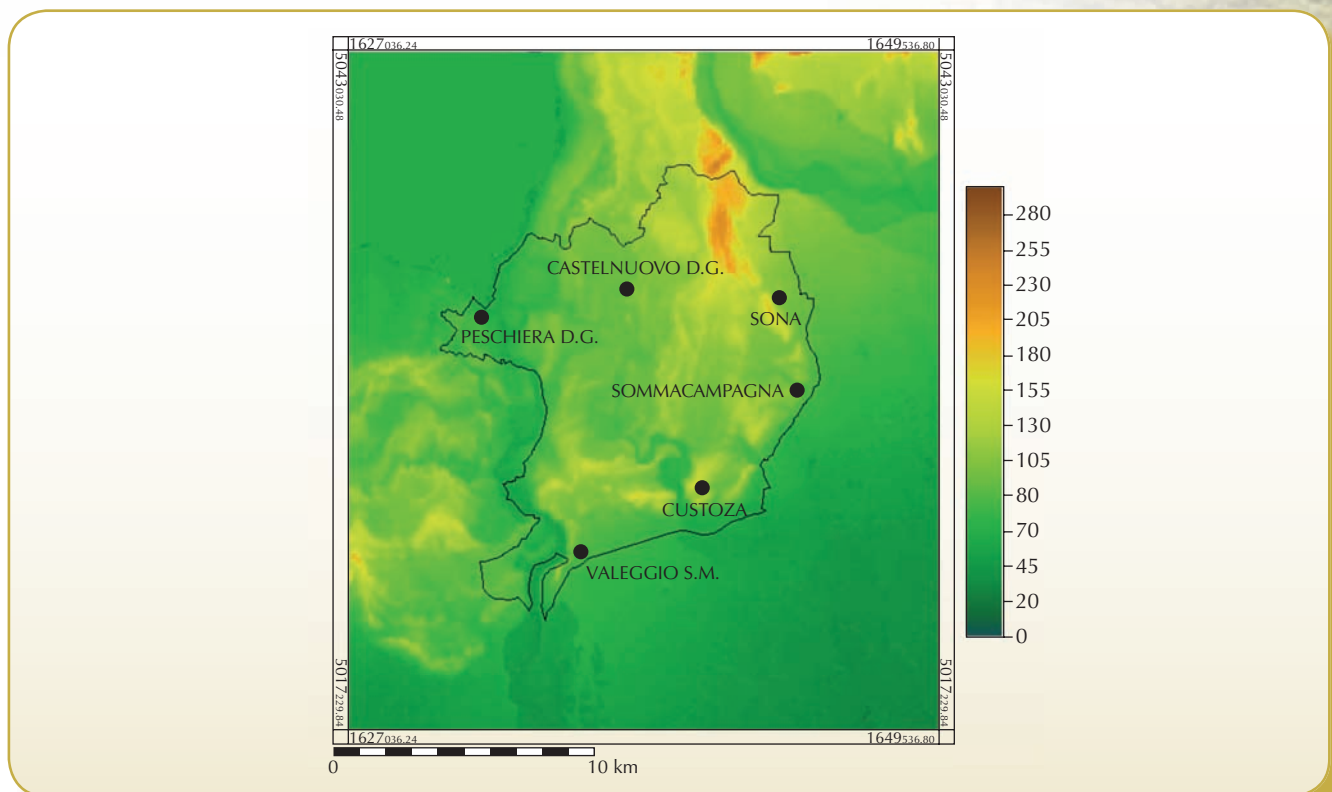
2.5 LA TEMPERATURA DELL'ARIA E L'ANALISI DELLE RISORSE TERMICHE

La temperatura dell'aria nel vigneto è frutto di tre principali categorie di fenomeni:

- il bilancio energetico della chioma e del terreno (fenomeno a microscala);
- apporti di masse d'aria calda o fredda da aree vicine - brezze di monte/valle, brezze di lago (fenomeno a scala locale);
- apporti di masse d'aria calda o fredda dalle "regioni sorgenti" indicate in Tabella 2.1 (fenomeno a macroscala).

Nel presente lavoro l'analisi del campo termico si è fondata su un algoritmo di spazializzazione che utilizza come variabili correlate alla temperatura dell'aria l'esposizione e la quota, ricavate da un modello digitale del terreno (Figura 2.5). In pratica con riferimento a una generica cella xy a temperatura incognita si è provveduto a omogeneizzare in termini di quota ed esposizione tutti i valori noti.

Figura 2.5 – Modello digitale del terreno (DTM) utilizzato per l'analisi agroclimatica. Il DTM è composto di celle elementari di 200 x 200 m e le altitudini sono espresse in metri



2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA

L'omogeneizzazione è stata eseguita applicando opportuni gradienti altitudinali ed esposizionali ottenuti per regressione lineare temperatura-quota e temperatura-esposizione che evidenziano l'ottima correlazione esistente fra quota e temperatura media mensile, il che da un lato indica la qualità accettabile dei dati utilizzati e dall'altro garantisce la possibilità di ottenere una spazializzazione realistica del dato. Si osserva inoltre che il gradiente medio espresso in °C/100 m è più basso nei mesi invernali per effetto dello smorzamento dovuto all'accumulo d'aria fredda nei fondivalle.

Il gradiente esposizionale utilizzato per le elaborazioni del presente lavoro è riportato in Tabella 2.3.

I risultati dell'analisi spaziale delle temperature annue e mensili per le principali località dell'area DOC di Custoza sono riassunti nella Tabella 2.4. Le carte di sintesi delle temperature medie delle minime e delle massime

sono invece riportate in Figura 2.6. Si osservi la variabilità dei valori termici frutto della disomogeneità territoriale indotta principalmente dall'orografia.



Tabella 2.3 – Gradiente esposizionale. Ogni esposizione viene accreditata di un certo guadagno o di una certa perdita termica rispetto alle esposizioni est od ovest, che non sono considerate soggette a perdite o guadagni (Mariani, 2002)

	N	NNE-NNO	NE-NO	ENE-ONO	E-O	ESE-OSO	SE-SO	S
Tx = media delle massime	-1,2	-1	-0,8	-0,5	0	0,5	0,8	1,2
Tn = media delle minime	-1	-0,8	-0,6	-0,4	0	0,4	0,6	1
Td = media delle medie	-1,1	-0,9	-0,7	-0,45	0	0,45	0,7	1,1

Tabella 2.4a – Temperature medie delle massime mensili e annue per le principali località dell'area DOC Custoza (periodo di riferimento: 1992-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Sommacampagna	1644363	5029970	7,2	9,8	14,6	18,3	24,2	27,9	30,1	29,7	24,6	18,8	12,2	7,7	18,7
Custoza	1640607	5026706	7,1	9,7	14,6	18,4	24,3	27,9	30,1	29,8	24,7	18,8	12,1	7,7	18,8
Villafranca di Verona	1644227	5023942	7,4	10,1	15,1	18,8	24,7	28,3	30,5	30,2	25,1	19,2	12,4	7,9	19,1
Valeggio sul Mincio	1636119	5023750	7,3	9,9	14,7	18,4	24,3	28,1	30,3	29,9	24,7	18,9	12,3	7,8	18,9
Peschiera del Garda	1632191	5033170	7,8	10,2	14,7	18,4	24,3	28,2	30,3	29,8	24,6	19,0	12,5	8,1	19,0
Castelnuovo Veronese	1637719	5033400	7,4	9,8	14,5	18,1	24,2	28,1	30,2	29,7	24,5	18,9	12,4	7,9	18,8
Sona	1642857	5033514	7,2	9,6	14,2	17,9	23,8	27,7	29,9	29,4	24,2	18,6	12,1	7,7	18,5
Bussolengo	1644742	5036937	7,6	9,9	14,5	18,1	24,0	27,9	30,0	29,5	24,3	18,7	12,3	8,0	18,7
Pastrengo	1640712	5039502	7,3	9,5	14,0	17,7	23,6	27,6	29,7	29,2	24,0	18,4	12,1	7,8	18,4
Lazise	1636085	5040167	7,9	10,1	14,6	18,4	24,2	28,1	30,3	29,6	24,5	18,8	12,5	8,2	18,9
Media generale			7,4	9,9	14,6	18,2	24,1	28,0	30,1	29,7	24,5	18,8	12,3	7,9	18,8
Minimo assoluto			7,1	9,5	14,0	17,7	23,6	27,6	29,7	29,2	24,0	18,4	12,1	7,7	18,4
Massimo assoluto			7,9	10,2	15,1	18,8	24,7	28,3	30,5	30,2	25,1	19,2	12,5	8,2	19,1

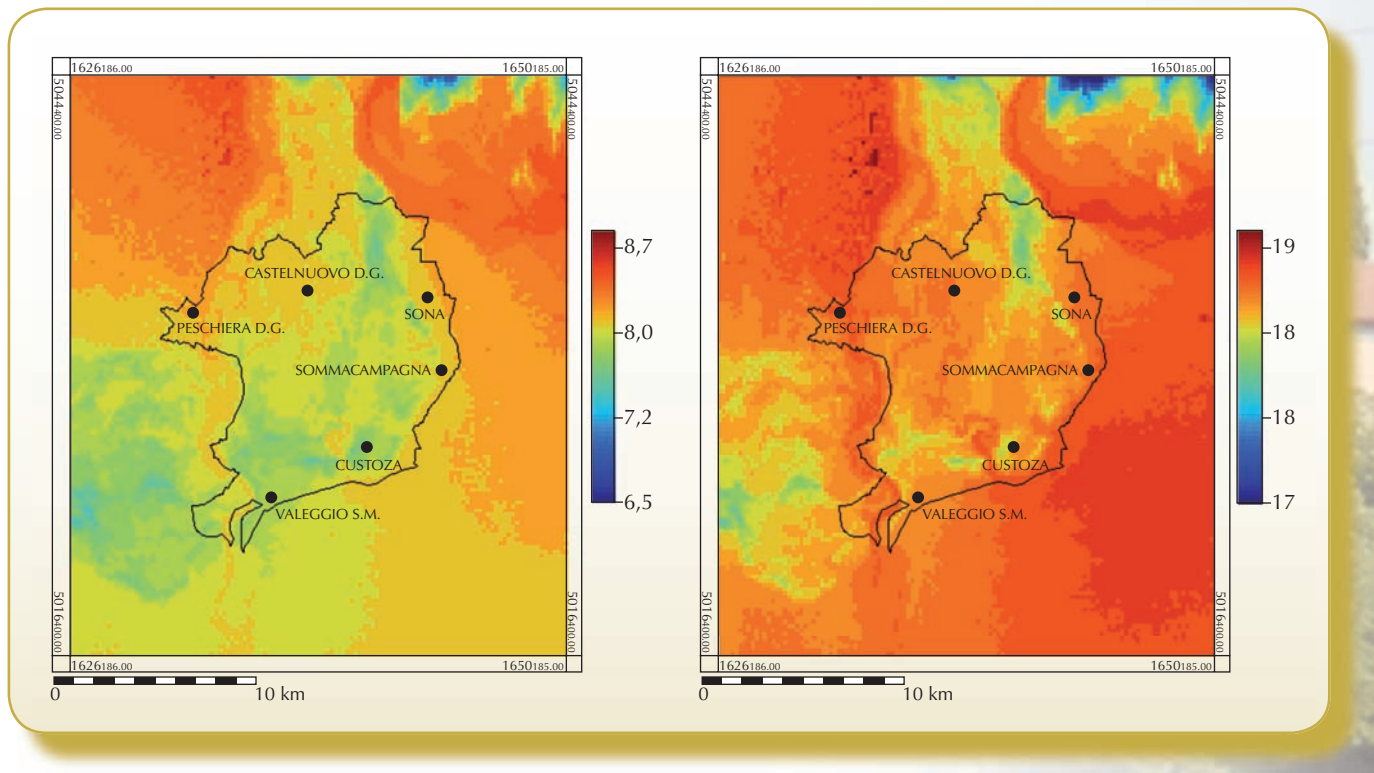
Tabella 2.4b – Temperature medie delle minime mensili e annue per le principali località dell'area DOC Custoza (periodo di riferimento: 1992-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Sommacampagna	1644363	5029970	-1,1	-0,6	3,1	6,8	11,6	15,0	16,6	16,5	12,2	8,6	3,7	0,1	7,7
Custoza	1640607	5026706	-1,3	-0,8	2,9	6,6	11,4	14,8	16,4	16,3	12,0	8,5	3,6	0,0	7,5
Villafranca di Verona	1644227	5023942	-1,0	-0,5	3,2	6,9	11,7	15,1	16,7	16,6	12,3	8,8	3,9	0,2	7,8
Valeggio sul Mincio	1636119	5023750	-1,0	-0,4	3,3	7,0	11,8	15,2	16,8	16,7	12,4	8,8	3,9	0,3	7,9
Peschiera del Garda	1632191	5033170	-0,7	0,0	3,6	7,4	12,1	15,5	17,2	17,0	12,6	9,0	4,0	0,4	8,2
Castelnuovo Veronese	1637719	5033400	-1,8	-1,3	2,4	6,4	11,2	14,4	16,1	15,9	11,5	7,8	2,9	-0,5	7,1
Sona	1642857	5033514	-1,3	-0,8	2,9	6,7	11,4	14,7	16,4	16,3	11,9	8,3	3,4	-0,1	7,5
Bussolengo	1644742	5036937	-0,7	0,0	3,6	7,3	12,0	15,3	17,1	16,9	12,6	9,0	3,9	0,4	8,1
Pastrengo	1640712	5039502	-0,6	0,1	3,6	7,2	12,0	15,3	17,1	17,0	12,8	9,1	4,1	0,6	8,2
Lazise	1636085	5040167	0,4	1,2	4,7	8,3	13,1	16,4	18,3	18,2	13,9	10,2	5,0	1,5	9,3
Media generale			-0,9	-0,3	3,3	7,1	11,8	15,2	16,9	16,7	12,4	8,8	3,8	0,3	7,9
Minimo assoluto			-1,8	-1,3	2,4	6,4	11,2	14,4	16,1	15,9	11,5	7,8	2,9	-0,5	7,1
Massimo assoluto			0,4	1,2	4,7	8,3	13,1	16,4	18,3	18,2	13,9	10,2	5,0	1,5	9,3

Tabella 2.4c – Temperature medie delle medie mensili e annue per le principali località dell'area DOC Custoza (periodo di riferimento: 1992-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Sommacampagna	1644363	5029970	3,1	4,6	8,9	13	17,9	21,5	23,4	23,1	18,4	13,7	8,0	3,9	13,2
Custoza	1640607	5026706	2,9	4,5	8,8	13	17,9	21,4	23,3	23,1	18,4	13,7	7,9	3,9	13,2
Villafranca di Verona	1644227	5023942	3,2	4,8	9,2	13	18,2	21,7	23,6	23,4	18,7	14,0	8,2	4,1	13,5
Valeggio sul Mincio	1636119	5023750	3,2	4,8	9,0	13	18,1	21,7	23,6	23,3	18,6	13,9	8,1	4,1	13,4
Peschiera del Garda	1632191	5033170	3,6	5,1	9,2	13	18,2	21,9	23,8	23,4	18,6	14,0	8,3	4,3	13,6
Castelnuovo Veronese	1637719	5033400	2,8	4,3	8,5	12	17,7	21,3	23,2	22,8	18,0	13,4	7,7	3,7	13,0
Sona	1642857	5033514	3,0	4,4	8,6	12	17,6	21,2	23,2	22,9	18,1	13,5	7,8	3,8	13,0
Bussolengo	1644742	5036937	3,5	5,0	9,1	13	18,0	21,6	23,6	23,2	18,5	13,9	8,1	4,2	13,4
Pastrengo	1640712	5039502	3,4	4,8	8,8	12	17,8	21,5	23,4	23,1	18,4	13,8	8,1	4,2	13,3
Lazise	1636085	5040167	4,2	5,7	9,7	13	18,7	22,3	24,3	23,9	19,2	14,5	8,8	4,9	14,1
Media generale			3,3	4,8	8,9	13	18,0	21,6	23,5	23,2	18,5	13,8	8,1	4,1	13,4
Minimo assoluto			2,8	4,3	8,5	12	17,6	21,2	23,2	22,8	18,0	13,4	7,7	3,7	13,0
Massimo assoluto			4,2	5,7	9,7	13	18,7	22,3	24,3	23,9	19,2	14,5	8,8	4,9	14,1

Figura 2.6 – Valori medi annui delle temperature minime e massime per il periodo 1992-2007. Nel caso delle massime l'area presenta valori compresi tra 18 e 19,5 °C, mentre nel caso delle minime l'area presenta valori compresi tra 7,5 e 9,5 °C



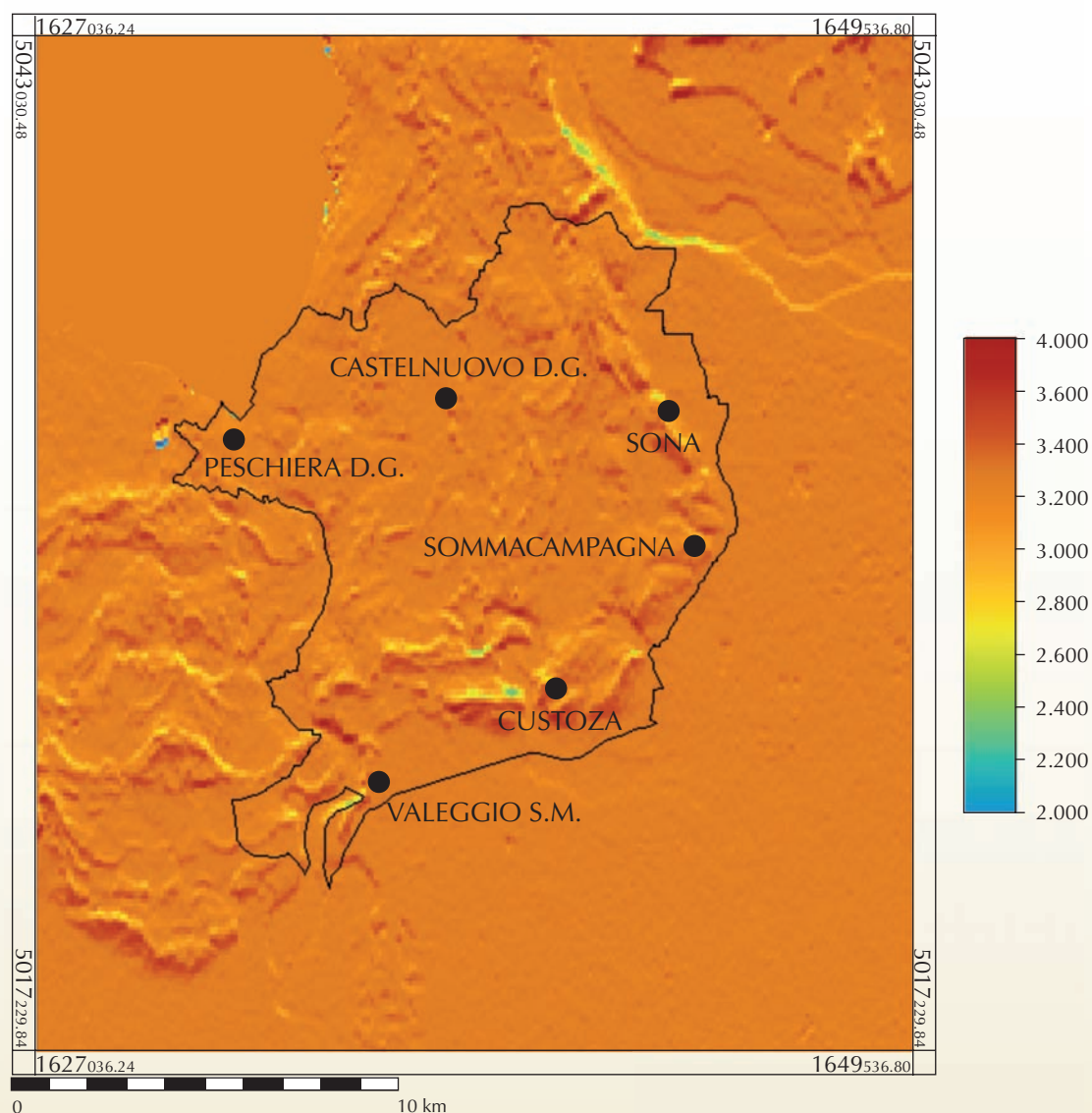
2.6 LA RADIAZIONE SOLARE

La radiazione solare è necessaria per il processo fotosintetico e dunque si rivela essenziale per l'attività vegetativa della vite e per l'accumulo di zuccheri nel grappolo. L'analisi della radiazione utile per la fotosintesi è stata condotta con un apposito modello in grado di ricavare la radiazione fotosinteticamente attiva potenziale (PPAR), cioè la radiazione che si renderebbe disponibile in assenza di copertura nuvolosa (cielo sereno). Tale radiazione teorica consente di valutare la vocazione del ter-

ritorio in esame nell'ipotesi che la copertura nuvolosa si ripartisca in modo omogeneo sullo stesso, ipotesi che si rivela accettabile nel caso di un'area di estensione relativamente ridotta come quella della DOC Custoza.

I dati riferiti all'intero anno consentono una valutazione quantitativa delle potenzialità climatiche in termini di energia solare disponibile per il processo fotosintetico. I valori di PPAR sono riportati in Figura 2.7, che ne illustra la distribuzione spaziale per il territorio nel suo complesso, e in Tabella 2.7 che riporta i valori stimati per i centri comunali.

Figura 2.7 – Valori annuali di radiazione fotosinteticamente attiva potenziale (PPAR) per l'area DOC Custoza



2.7 LE PRECIPITAZIONI

Il regime delle precipitazioni mensili dell'area (Figura 2.8) mostra un massimo principale autunnale e uno secondario primaverile, oltre a un minimo principale invernale e uno secondario estivo. Il mese mediamente meno piovoso è febbraio e il più piovoso ottobre.

Dal punto di vista climatico il minimo precipitativo invernale è interpretabile come un segnale centro-europeo legato all'attenuarsi della circolazione atlantica tipico dell'inverno mentre il minimo precipitativo estivo è un segnale di mediterraneità.

Dal punto di vista circolatorio si osserva che i periodi a piovosità abbondante e prolungata, tipici della fase autunnale e primaverile, sono da attribuire al flusso perturbato meridionale associato alle depressioni che in tale periodo influenzano l'area e alle quali essa risulta particolarmente esposta.

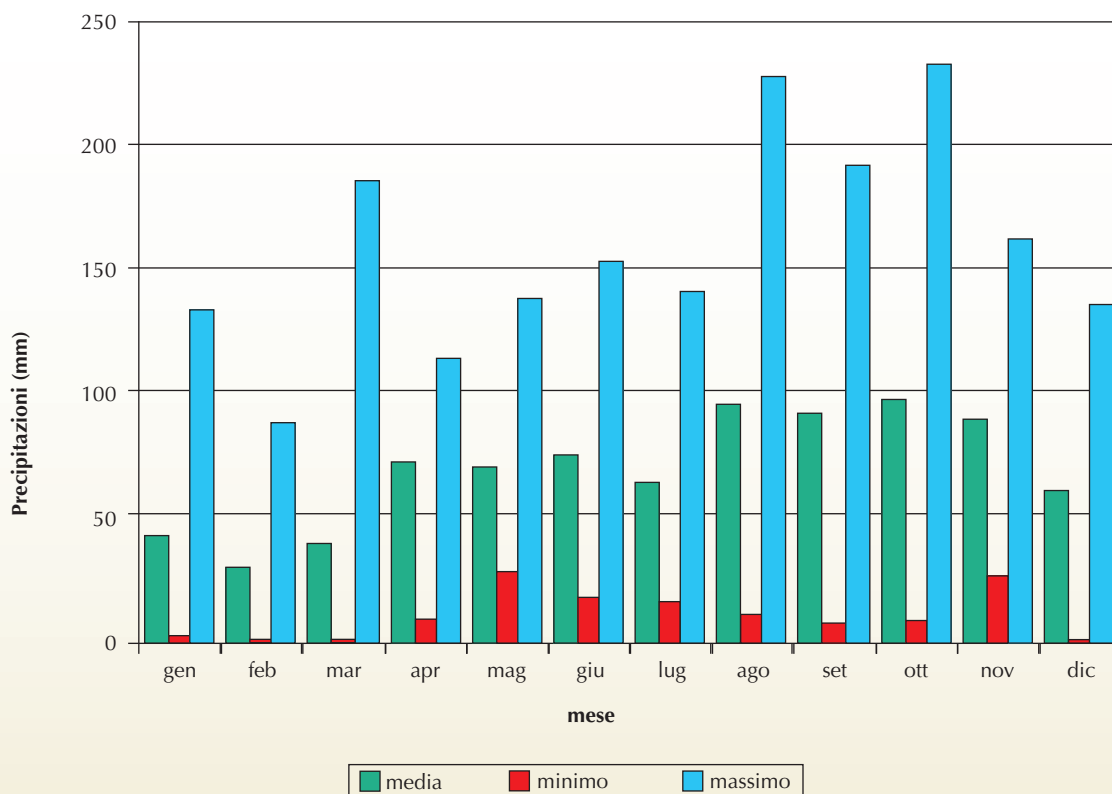
Il periodo da luglio a settembre presenta una piovosità relativamente elevata e riconducibile soprattutto a feno-

meni temporaleschi che danno apporti idrici alquanto irregolari nello spazio e nel tempo e che sono per di più soggetti a significativi fenomeni di ruscellamento, il che rende l'acqua precipitata solo parzialmente fruibile da parte della vite.

All'innesco dell'attività temporalesca concorrono la sottostante pianura e il Lago di Garda che sono importanti sorgenti di calore e umidità per i bassi strati.

La Figura 2.9 mostra la distribuzione delle precipitazioni medie annue nel territorio in esame per il periodo 1951-2007. Tale carta è stata ottenuta spazializzando i valori totali di precipitazione media annua delle stazioni dell'area con un algoritmo di Kriging ordinario. La carta evidenzia che l'area del Custoza presenta un caratteristico gradiente longitudinale con un incremento graduale delle precipitazioni da sudest verso nordovest. Più in particolare, da un minimo di poco più di 800 dell'estremo margine sudorientale del territorio si giunge a un massimo di meno di 950 mm al limite settentrionale. Il gradiente sudest-nordovest è frutto della lenta risalita

Figura 2.8 – Regime pluviometrico medio mensile per la stazione di Castelnuovo del Garda (1992-2007). Per ogni mese vengono presentati il valore medio (verde), minimo assoluto (rosso) e il massimo assoluto (azzurro). Le precipitazioni in ordinata sono espresse in millimetri



2. CARATTERIZZAZIONE AGROCLIMATICA

orografica che ha luogo in presenza di situazioni circolatorie di tipo sciroccale (precipitazioni da fronte caldo in cui l'orografia accentua la naturale tendenza delle masse d'aria mediterranea a salire scorrendo su masse d'aria più fredde pre-esistenti). Una concausa di tale gradiente

è l'intensificazione dell'attività temporalesca estiva stimolata dall'orografia.

Le precipitazioni medie mensili (mm) e il numero medio di giorni piovosi mensili per le principali località del Custozza sono riportati nelle Tabelle 2.5 e 2.6.

Figura 2.9 – Precipitazione media annua del periodo 1951-2007 per l'area DOC Custozza (mm). La piovosità si accresce gradualmente da sudest verso nordovest

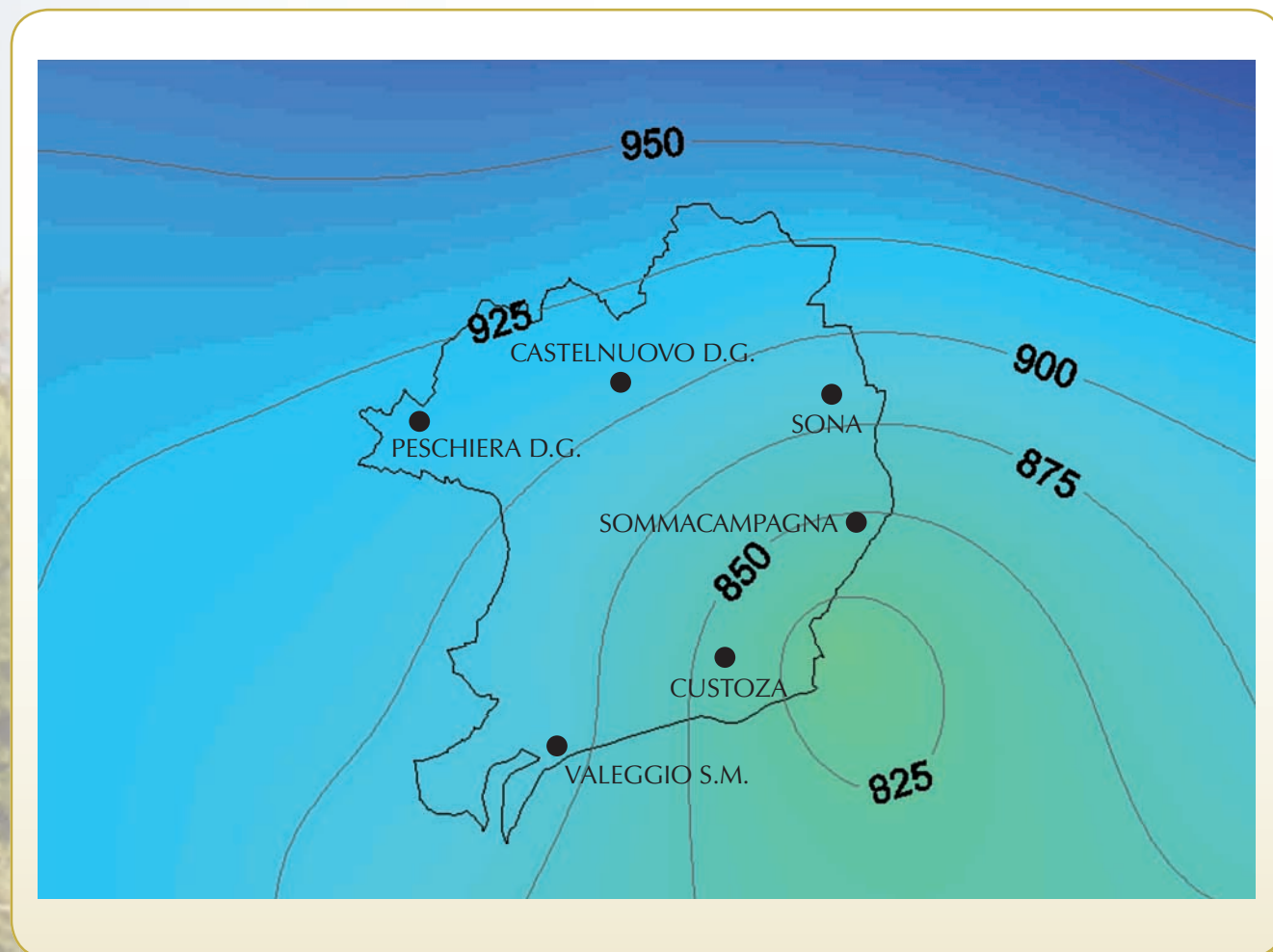


Tabella 2.5 – Precipitazioni medie mensili e annue in millimetri per le principali località dell'area DOC Custozza. Est% indica la percentuale della precipitazione annua che cade nel semestre caldo - da 1 aprile a 30 settembre (periodo di riferimento: 1992-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno	Est%
Sommacampagna	1644363	5029970	43	32	43	78	76	70	69	91	98	91	92	61	843	57,1
Custoza	1640607	5026706	42	31	42	76	71	67	67	88	97	86	87	59	813	57,3
Villafranca di Verona	1644227	5023942	41	31	41	75	68	66	67	87	97	83	84	59	797	57,5
Valeggio sul Mincio	1636119	5023750	42	31	42	76	76	69	68	89	95	89	89	60	827	57,2
Peschiera del Garda	1632191	5033170	45	33	45	80	83	75	69	95	98	98	100	62	883	56,6
Castelnuovo Veronese	1637719	5033400	45	32	43	75	76	76	64	97	95	91	95	61	849	56,8
Sona	1642857	5033514	45	32	44	79	81	74	69	95	97	96	99	62	874	56,7
Bussolengo	1644742	5036937	46	32	45	80	85	73	73	96	96	101	102	62	889	56,5
Pastrengo	1640712	5039502	44	31	44	78	85	73	69	93	95	100	101	60	876	56,5
Lazise	1636085	5040167	42	31	43	77	86	72	67	90	94	100	100	59	860	56,5
Media generale			44	32	43	77	79	71	68	92	96	94	95	60	851	56,9
Minimo assoluto			41	31	41	75	68	66	64	87	94	83	84	59	792	57,2
Massimo assoluto			46	33	45	80	86	76	73	97	98	101	102	62	898	56,8

Tabella 2.6 – Numero medio di giorni piovosi mensili e annui per le principali località dell'area DOC Custoza. Est% indica la percentuale dei giorni annui con precipitazione che si verifica nel semestre caldo - da 1 aprile a 30 settembre (periodo di riferimento: 1992-2007)

Località	Coordinata x	Coordinata y	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno	Est%
Sommacampagna	1644363	5029970	5,7	4,5	5,2	9,8	9,0	9,1	7,1	8,3	7,9	8,3	8,3	7,3	91	56,6
Custoza	1640607	5026706	5,6	4,5	5,0	9,5	8,4	8,5	6,2	7,7	7,5	7,9	8,1	7,1	86	55,6
Villafranca di Verona	1644227	5023942	5,5	4,3	4,9	9,5	7,7	8,3	5,6	7,3	7,3	7,7	8,0	7,2	83	54,8
Valeggio sul Mincio	1636119	5023750	5,6	4,4	5,1	9,7	9,2	9,0	7,2	8,2	8,0	8,4	8,3	7,3	90	56,8
Peschiera del Garda	1632191	5033170	5,8	4,4	5,1	9,7	9,6	9,3	8,1	8,7	8,1	8,6	8,5	7,4	93	57,3
Castelnuovo Veronese	1637719	5033400	5,5	4,2	4,7	9,3	8,4	7,9	6,1	7,5	7,5	7,9	8,5	7,1	85	55,2
Sona	1642857	5033514	5,8	4,5	5,1	9,7	9,4	9,5	7,7	8,6	8,1	8,6	8,5	7,5	93	57,0
Bussolengo	1644742	5036937	5,7	4,5	5,0	10,1	9,7	9,5	7,8	8,9	8,2	8,6	8,5	7,6	94	57,6
Pastrengo	1640712	5039502	5,6	4,3	5,2	9,8	9,6	8,9	7,7	8,1	8,1	8,3	8,1	7,1	91	57,4
Lazise	1636085	5040167	5,4	4,1	5,0	9,3	8,9	8,1	6,9	7,9	7,7	8,1	8,1	7,0	87	56,5
<i>Media generale</i>			5,6	4,4	5,0	9,6	9,0	8,8	7,0	8,1	7,8	8,3	8,3	7,3	89	56,5
<i>Minimo assoluto</i>			5,4	4,1	4,7	9,3	7,7	7,9	5,6	7,3	7,3	7,7	8,0	7,0	82	55,0
<i>Massimo assoluto</i>			5,8	4,5	5,2	10,1	9,7	9,5	8,1	8,9	8,2	8,6	8,5	7,6	95	57,5

2.8 GLI INDICI BIOCLIMATICI

La tabella 2.7 sintetizza i valori degli indici bioclimatici calcolati per le principali località dell'area del Custoza.

Tabella 2.7 – Indici bioclimatici calcolati per le principali località dell'area DOC Custoza (periodo di riferimento per gli indici termici ed evapotraspirativi: 1992-2007)

Località	Altezza	Coordinata x	Coordinata y	gddW	HI	ET0	ETM	d10ini	d10fin	dd>10	PPAR	hh_sun
Sommacampagna	121	1644363	5029970	1878	2409	1003	559	85	308	223	3238	4310
Custoza	125	1640607	5026706	1862	2409	1011	564	85	308	223	3220	4230
Villafranca di Verona	54	1644227	5023942	1940	2481	1013	565	82	309	227	3206	4450
Valeggio sul Mincio	88	1636119	5023750	1918	2441	993	555	83	309	226	3213	4417
Peschiera del Garda	68	1632191	5033170	1949	2454	987	550	81	310	228	3393	3991
Castelnuovo Veronese	130	1637719	5033400	1816	2382	1025	570	87	306	219	3366	3901
Sona	169	1642857	5033514	1819	2354	993	554	87	307	220	3264	4072
Bussolengo	127	1644742	5036937	1909	2406	981	547	83	309	226	3275	4264
Pastrengo	192	1640712	5039502	1875	2360	956	534	85	309	224	3189	3334
Lazise	76	1636085	5040167	2055	2492	936	524	78	313	235	3029	3654
<i>Media generale</i>	141	1644497	5046933	1905	2411	973	543	83	309	225	3105	3881
<i>Minimo assoluto</i>	115	1641450	5029970	1816	2327	853	473	78	306	219	3189	3129
<i>Massimo assoluto</i>	191	1647619	5057869	2055	2492	1025	570	87	313	235	3393	4450

Legenda: coordinata x e coordinata y = coordinate Gauss Boaga, gddW = indice di Winkler (°C); HI = indice di Huglin; ET0 = evapotraspirazione da coltura di riferimento (mm); ETM = evapotraspirazione massima annua (mm); dd>10 = numero medio di giorni con temperatura media superiore a 10 °C; d10ini = giorno dell'anno di superamento in salita della soglia di 10 °C; d10fin = giorno dell'anno di superamento in discesa della soglia di 10 °C; PPAR = Radiazione fotosinteticamente attiva potenziale, e cioè in assenza di nubi; hh_sun = ore di sole potenziali, e cioè in assenza di nubi.



Indici a base termica

Per l'analisi delle risorse termiche si sono adottati sia l'indice di Winkler (somma termica a base 10 °C riferita al periodo da 1 aprile a 31 ottobre) sia l'indice eliotermico di Huglin HI.

Tanto per l'indice di Winkler che per quello di Huglin

sono state redatte carte (Figure 2.10 e 2.11) che ne illustrano la distribuzione spaziale per il territorio nel suo complesso. Per una corretta interpretazione dei dati ottenuti si riportano nelle Tabelle 2.8a e 2.8b i valori degli indici di Huglin e Winkler caratteristici di alcune aree viticole rinomate a livello italiano e mondiale.

Figura 2.10 – Indice di Winkler per l'area DOC Custoza (periodo di riferimento: 1993-2007)

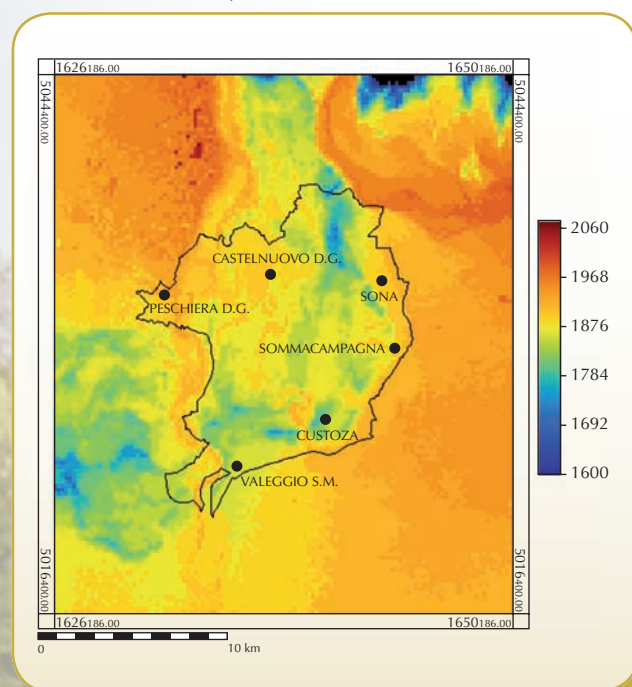


Figura 2.11 – Indice di Huglin per l'area DOC Custoza (periodo di riferimento: 1993-2007)

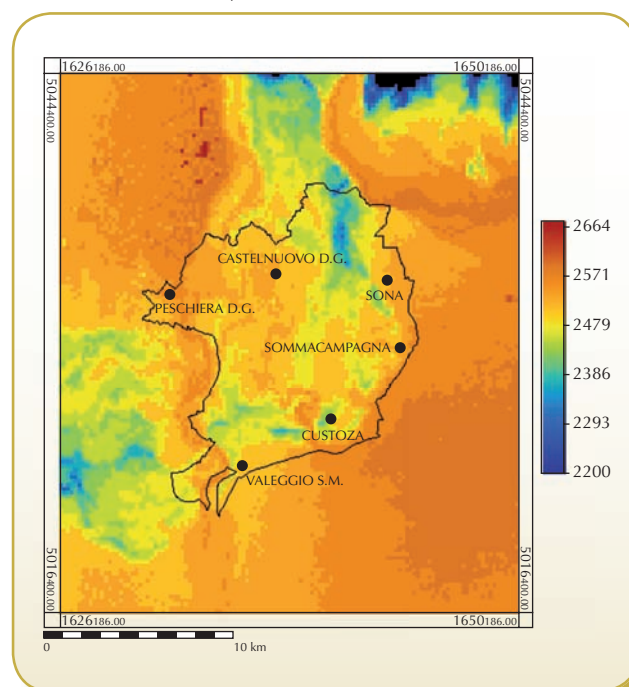


Tabella 2.8a – Valori medi degli indici di Huglin e di Winkler ricavati per alcune importanti zone viticole italiane ed europee (Huglin, 1986; Egger et al., 1997; Dettori & Filigheddu, 1997; Mariani, dati non pubblicati)

Stazione	Stato	Latitudine	Indice di Winkler	Indice di Huglin
Reims	Fr	49 N	958	1550
Angers	Fr	48 N	1069	1650
Tours	Fr	47 N	1126	1690
Dijon	Fr	47 N	1133	1710
Cognac	Fr	46 N	1282	1780
Toulouse	Fr	44 N	1377	1950
Bordeaux	Fr	45 N	1480	2100
Montpellier	Fr	43 N	1798	2250
Verona (Vr)	It	45 N	1697	2250
Piemonte – DOCG Barolo	It	45 N	1750	2180
Bari (Ba)	It	41 N	2021	2407
Castagneto Carducci (Li)	It	44 N	1747	2444
Chianti Classico senese	It	43 N	1639	2155
Montalcino (Si)	It	43 N	2257	2442
Barcelona	E	41 N	1975	2350
Cadiz	E	36 N	2119	2428
Cordoba	E	38 N	2466	3120
Athènes	Gr	38 N	2329	2950
Kecskemet	H	47 N	1412	2060
Odessa	Ucr.	46 N	1401	1850

Tabella 2.8b – Valori medi degli indici di Huglin e di Winkler ricavati per alcune importanti zone viticole extraeuropee (Huglin, 1986)

Stazione	Stato	Latitudine	Indice di Winkler	Indice di Huglin
Napa	Usa	38 N	1409	2126
Fresno	Usa	37 N	2323	3166
Santiago	Rch	32 S	1516	2286
Stellenbosch	Za	33 S	1779	2346
Mendoza	Ra	32 S	2019	2600
Mildura	Aus	34 S	2037	2750

Le risorse idriche

L'analisi delle risorse idriche è stata condotta applicando un bilancio idrico territoriale a passo mensile (Mariani, 2002) che si fonda sull'equazione di conservazione della massa applicata a un serbatoio con Riserva facilmente utilizzabile massima (RFU_{max}) per lo strato esplorato dalle radici assunta pari a 75 mm, che corrispondono a una Riserva totale massima di 100 mm. Rispetto al serbatoio vengono computate le entrate (precipitazione utile, al netto da evaporazione superficiale e ruscella-

mento) e le uscite (evapotraspirazione e infiltrazione). L'evapotraspirazione da coltura di riferimento (ET₀) è stato calcolata con l'equazione di Hargreaves nella versione descritta nel quaderno FAO n. 56 (Allen *et al.*, 1998) mentre la precipitazione utile è stata considerata pari all'85% della precipitazione totale.

Il passaggio dai valori ET₀ a quelli di evapotraspirazione massima per la vite (ETM) è stato ottenuto applicando i coefficienti colturali riportati in Tabella 2.9.

Tabella 2.9 – Coefficienti colturali mensili della vite adottati per il bilancio idrico

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0,2	0,2	0,2	0,48	0,59	0,68	0,68	0,68	0,68	0,59	0,38	0,2

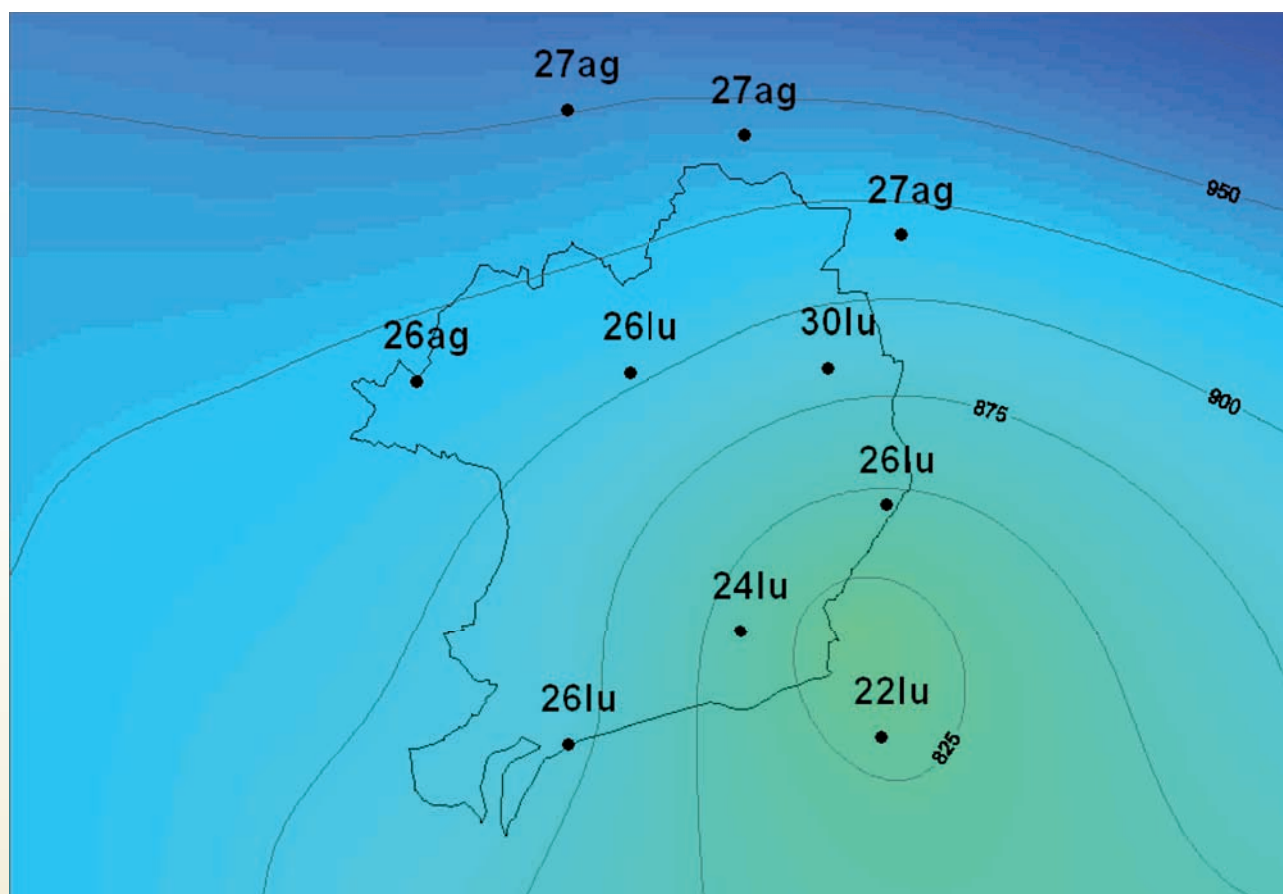
Tabella 2.10 – Bilancio idrico. Valori medi per il periodo 1993-2007

Località	RRyy	ET ₀	ETM	Def_t	Inf_t	g_ini	g_fine	Ndd
Sommacampagna	843	1003	559	33	215	26lu	24se	60
Custoza	813	1011	564	45	198	24lu	24se	62
Villafranca di Verona	797	1013	565	52	189	22lu	24se	64
Valeggio sul Mincio	827	993	555	33	207	26lu	24se	60
Peschiera del Garda	883	987	550	13	239	26ag	23se	28
Castelnuovo Veronese	849	1025	570	31	207	26lu	25se	61
Sona	874	993	554	16	231	30lu	24se	56
Bussolengo	889	981	547	11	245	27ag	23se	27
Pastrengo	876	956	534	10	245	27ag	23se	27
Lazise	860	936	524	11	244	27ag	23se	27
Media generale	851	990	552	26	222	07-ag	24se	0
Minimo assoluto	797	936	524	10	189	22-lu	23se	0
Massimo assoluto	889	1025	570	52	245	27-ag	25se	0

Legenda: RRyy = precipitazione media annua (mm); ET₀ = evapotraspirazione da coltura di riferimento (mm); ETM = evapotraspirazione massima della vite (mm); Def_t = deficit totale (mm); Inf_t = infiltrazione totale (mm); g_ini = giorno di svuotamento; g_fine = giorno di inizio riempimento; Ndd = numero giorni con riserva vuota.



Figura 2.12 – Data di svuotamento della riserva per alcuni siti rappresentativi dell'area DOC Custoza (media del periodo 1951-2007). Le date sono sovrapposte alla mappa delle precipitazioni medie annue



2.9 LE LIMITAZIONI CLIMATICHE

Temperature invernali e primaverili inferiori ai valori critici

Nel periodo di pieno riposo vegetativo le vite subisce danni per temperature inferiori grossomodo a $-15/-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperature critiche minime per vite in riposo).

Se la più elevata probabilità di gelate ricorre in gennaio, mese più freddo dell'anno, occorre segnalare l'elevato rischio climatico di gelate tardive tipico del mese di febbraio, ancora esposto alle irruzioni di aria fredda dai Balcani. A tale proposito si ricorda che in febbraio si sono registrate due delle tre "gelate storiche" del XX secolo (febbraio 1929, febbraio 1956), mentre la terza (1985) si è avuta a gennaio.

Da segnalare anche che i mesi di febbraio e marzo possono presentare periodi caldi precoci che stimolano il risveglio vegetativo delle colture in presenza di un rischio ancora sensibile di gelate tardive.

Temperature estive superiori al cardinale massimo

Le ondate di caldo sull'area veneta presentano precise ragioni circolatorie. In particolare le **ondate di caldo di lunga durata** sono associate a promontori anticiclonici meridionali che spingono masse d'aria torrida dall'entroterra africano verso il centro del Mediterraneo. La durata media di tali ondate di caldo varia da un minimo di 9 a un massimo di 21 giorni, secondo uno studio condotto da Michele Conte (1994) che identificò 28 episodi nel periodo dal 1950 al 1992. Lo stesso Conte evidenziò anche la presenza di **ondate di caldo di breve durata** dovute all'anomala comparsa della corrente a getto subtropicale sull'area europea. Tale fenomeno conduce a ondate di caldo poco persistenti ma particolarmente intense. Sempre nel periodo 1952-92 sono stati individuati 32 casi di queste ondate di calore, con durata media di 3-5 giorni.

Situazioni di carenza idrica

La buona piovosità del semestre aprile-settembre (Tabelle 2.8 e 2.9), ovunque superiore al 50% di quella totale annua, fa sì che nell'area in esame, in presenza di una Riserva Facilmente Utilizzabile massima di 75 mm e in condizioni di vigneto lavorato o soggetto a inerbimento controllato, lo svuotamento della riserva facilmente utilizzabile si verifichi tardivamente (nella terza decade di luglio nella parte meridionale dell'areale, in agosto nella parte settentrionale), il che la rende un fattore favorevole alla qualità. Ciò indica che le situazioni di stress idrico per la vite sono da considerare un fatto inusuale per l'area DOC Custoza e proprie solo delle annate più siccitose e dei terreni più grossolani e ricchi di scheletro.

Precipitazioni abbondanti durante la raccolta e nel periodo immediatamente precedente

Alcune considerazioni in merito al rischio climatico di periodi di piovosità persistente in vicinanza della raccolta possono essere dedotte dall'analisi dei dati in Tabella 2.10, che riportano il 10°, 50° e 90° percentile dei giorni piovosi mensili (precipitazione >1 mm) per la stazione di Castelnuovo del Garda. Si osservi per esempio che il mese di ottobre presenta un 90° percentile di 13 giorni, il che equivale a dire che nel 10% degli anni (quelli più piovosi) i giorni di pioggia mensili sono più di 13. Più contenuto invece il rischio climatico di settembre, che presenta un 90° percentile di 9,7 giorni. In complesso comunque i percentili mostrano livelli di rischio per le operazioni di raccolta non elevatissimi e comunque tali da consentire una gestione sufficientemente agevole facendo ricorso ai sistemi di previsione meteorologica attualmente operativi.

2.10 CONCLUSIONI

La descrizione in termini quantitativi del clima dell'area viticola DOC Custoza effettuata nei paragrafi precedenti porta a concludere che le caratteristiche agroclimatiche ne fanno un territorio vocato ad una viticoltura di qualità.

La conclusione è suffragata sia dall'analisi delle risorse climatiche sia da quella degli elementi climatici limitanti. In particolare si rimarca che:

1. il bilancio idrico territoriale attesta che lo svuotamento della riserva idrica per vigneti lavorati o soggetti a inerbimento controllato si verifica di norma in epoca tardiva, il che si rivela favorevole alla qualità;
2. I livelli di radiazione fotosinteticamente attiva sono da buoni a ottimi;
3. Le risorse termiche presentano valori da buoni a ottimi come attestano i valori dell'indice di Winkler per lo più superiori a 1800 °C.

In complesso i valori individuati dall'analisi territoriale risultano analoghi a quelli riscontrati nelle migliori aree viticole italiane e mondiali mentre le limitazioni non sono in grado di pregiudicare l'attività viticola se non in anni eccezionali.

I livelli di rischio climatico (temperature estreme, precipitazioni abbondanti in epoca prossima al periodo di raccolta) e la variabilità interannuale delle risorse climatiche consigliano comunque di mantenere nel tempo le attività di rilevamento agrometeorologico e fenologico in stretto collegamento con il servizio meteorologico regionale e con gli altri servizi territorialmente competenti.



