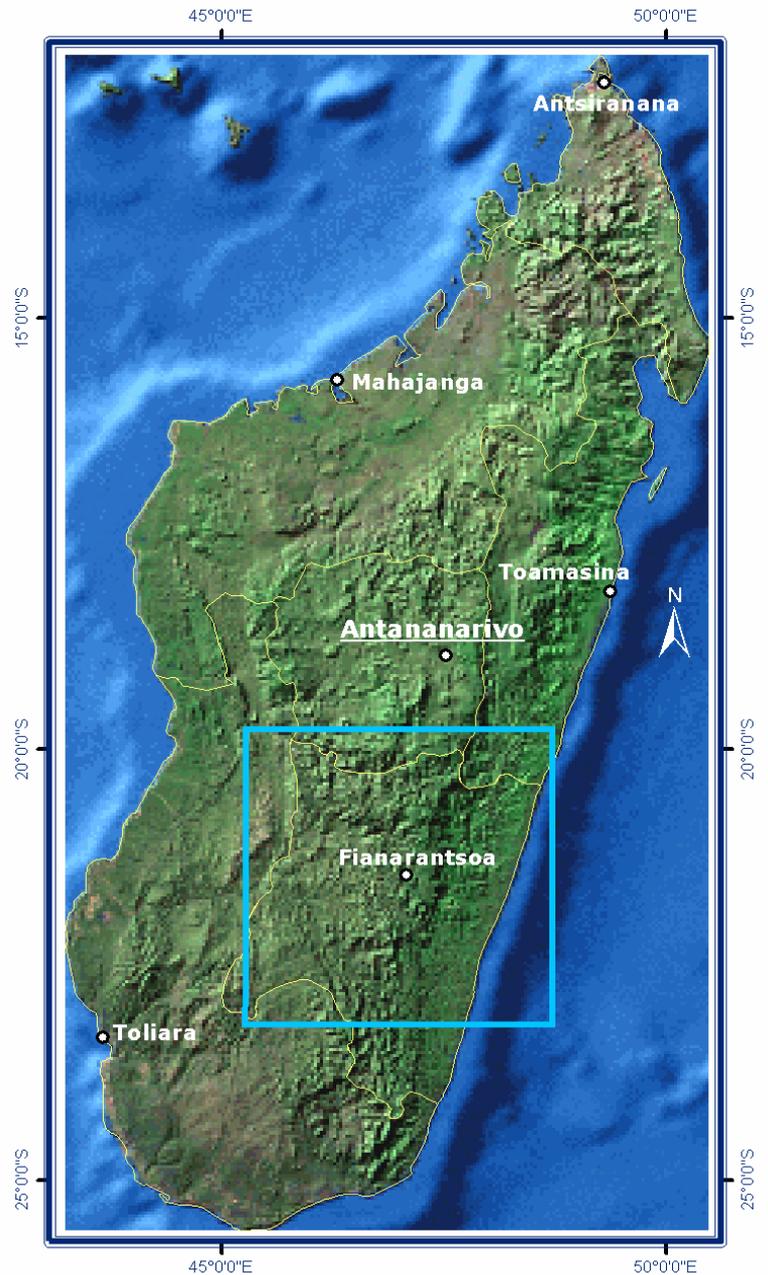


# *Assistenza agroclimatica per lo sviluppo della viticoltura in Madagascar*

A cura di:

Michele Fiori  
Antonello Cossu  
Paolo Capece  
Giuseppe Bianco  
Alessandro Delitala  
Simona Canu



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

*Progetto finanziato nell'ambito della legge regionale 11 aprile 1996, n. 19  
"Norme in materia di cooperazione con i paesi in via di sviluppo  
e di collaborazione internazionale"*

## Ringraziamenti

I colleghi del Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna che a vario titolo hanno contribuito alla realizzazione del progetto, in particolare **Luca Fadda** per l'impaginazione dello studio in formato Html e **Dina Sechi** per la realizzazione grafica;

l'Ing. **Adamo Discepoli** per l'attivazione dei rapporti di collaborazione con Enti Governativi e con importanti Istituzioni Scientifiche della Repubblica del Madagascar;

il Prof. **Mario Fregoni** titolare della cattedra di viticoltura all'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, ed il Prof. **Giovanni Nieddu**, del Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei dell'Università di Sassari, per i preziosi suggerimenti;

il Prof. **Vittorio Delucchi** del Politecnico Federale di Zurigo per i preziosi consigli;

**Don Rosario Salerno** responsabile del Bureau Technique ad Antananarivo e **Don Renato Pinna** del centro Salesiani di San Giovanni Bosco di Fianarantsoa per i preziosi consigli sull'organizzazione del viaggio di lavoro nonché per l'intermediazione presso le istituzioni locali e la pianificazione degli incontri durante la nostra visita;

Mr **Walter H. Pierce** titolare della WHPierce Exploration (Texas) per aver gentilmente messo a disposizione il modello digitale del terreno (DEM), relativo all'area oggetto di studio;

La Sig.ra **Bigai N'Diaye** titolare della "Peppo Mada Sarl" per l'ottima organizzazione logistica;

la **Geo graphics s.r.l.** e la **Futura Informatica s.n.c.** di Sassari per la consulenza e la fornitura delle apparecchiature hardware per la realizzazione del video documentario.

## Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
1.1	Premessa	5
1.2	Scopo del progetto	5
1.3	Fasi del progetto	5
<b>2</b>	<b>IL MADAGASCAR: CARATTERISTICHE GENERALI</b>	<b>6</b>
2.1	Introduzione	6
2.2	Il Clima	6
2.3	Geologia e pedologia	7
2.4	Agricoltura	8
2.5	Viticultura	8
2.5.1	LA VITICOLTURA NEI CLIMI TROPICALI	8
2.5.2	LA VITICOLTURA IN MADAGASCAR	9
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>10</b>
3.1	Gestione e analisi dei dati territoriali	10
3.1.1	TECNOLOGIA GIS (GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS)	10
3.1.2	IMPLEMENTAZIONE DEL GIS PER LA REGIONE DI FIANARANTSOA	10
3.1.3	SPAZIALIZZAZIONE DEI DATI	11
3.2	Studio climatologico	14
3.3	Elaborazioni agroclimatologiche	16
3.3.1	INDICI BIOCLIMATICI SPECIFICI PER LA VITE	16
3.3.1.1	INDICE DI WINKLER	16
3.3.1.2	INDICE DI HUGLIN	17
3.3.1.3	INDICE DI FREGONI SEMPLIFICATO (ESCURSIONI TERMICHE)	17
3.3.1.4	INDICE IDROTERMICO DI BRANAS	18
3.3.2	EVAPOTRASPIRAZIONE DI RIFERIMENTO	18
3.3.3	CONSUMI IDRICI DELLA VITE	18
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI DATI E DEGLI ELABORATI</b>	<b>19</b>
4.1	Climatologia	19
4.1.1	IL CLIMA DEGLI ALTIPIANI CENTRALI	19
4.1.2	IL CLIMA DELLA ZONA VITICOLA	19
4.1.2.1	PRECIPITAZIONI	27
4.1.2.2	TEMPERATURE	27
4.1.2.3	UMIDITÀ	27
4.2	Elaborazioni agroclimatologiche	27
4.2.1	INDICE DI WINKLER	28
4.2.2	INDICE DI HUGLIN	30
4.2.3	INDICE DI FREGONI SEMPLIFICATO (ESCURSIONI TERMICHE)	30
4.2.4	INDICE IDROTERMICO DI BRANAS	30
4.2.5	EVAPOTRASPIRAZIONE DI RIFERIMENTO	31
4.2.6	CONSUMI IDRICI DELLA VITE	31
4.3	Pedologia	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI ED INDICAZIONI PROPOSITIVE</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografia e allegati</b>	<b>39</b>



# 1 Introduzione

## 1.1 PREMESSA

La produttività e le caratteristiche qualitative di un vitigno sono il risultato della sua interazione con l'ambiente, cioè con le condizioni pedoclimatiche e colturali che possono consentirgli di manifestare appieno le proprie potenzialità e di individuare le soluzioni da adottare per un investimento a lungo termine, quale è l'impianto di un vigneto. L'interazione terreno-clima costituisce quello che viene definito "terroir" e tra questi due fattori è quest'ultimo a prevalere per importanza a scala regionale, come facilmente si deduce dalle diversità dei vini prodotti in regioni climatiche diverse. Le risorse climatiche devono essere comprese, misurate e valorizzate con opportune scelte varietali e di gestione del vigneto; l'andamento meteorologico deve essere studiato e seguito per intervenire correttamente con le tecniche colturali, i trattamenti antiparassitari, la scelta dell'epoca di vendemmia. Il potenziale qualitativo dell'annata va capito e valorizzato con le opportune tecniche di vinificazione e di affinamento (Fregoni, 2003).

## 1.2 SCOPO DEL PROGETTO

Scopo del progetto è stato quello di fornire uno studio agroclimatico relativo alla più importante area vitivinicola del Madagascar, localizzata dal punto di vista geografico nella Provincia di Fianarantsoa. Questo territorio presenta margini di valorizzazione e miglioramento che possono essere perseguiti attraverso un'adeguata scelta dei vitigni più idonei e nell'individuazione delle aree maggiormente vocate dal punto di vista climatico e pedologico, nonché con il perfezionamento delle tecniche agronomiche.

Lo studio è stato condotto con l'obiettivo di fornire un importante strumento operativo a supporto della pianificazione nel settore vitivinicolo del Madagascar, che consenta alle istituzioni locali preposte una migliore pianificazione degli interventi in atto e futuri, e di supportare le esigenze che pervengono dal mondo delle aziende e delle cooperative agricole che operano in tale comparto. Tale iniziativa ha preso spunto dall'interesse espresso dal Ministro dell'Agricoltura del Madagascar ed è stata presentata, accettata e finanziata dalla Regione Sardegna nell'ambito della Legge Regionale 11 aprile 1996, n° 19 "*Norme in materia di cooperazione con i Paesi in via di sviluppo e di collaborazione internazionale*".

## 1.3 FASI DEL PROGETTO

Durante lo sviluppo del progetto, dopo una fase preliminare di documentazione e ricerca bibliografica, si è condotta una missione di lavoro presso i luoghi di coltivazione della vite

allo scopo di conoscere la realtà agricola locale, acquisire tutte le informazioni ed i dati climatologici, pedologici, cartografici, nonché agronomici e tecnologici, e nel contempo far conoscere l'iniziativa alle Istituzioni locali e sensibilizzare i potenziali utenti interessati.

Nel corso della missione si sono svolti incontri presso il Ministero dell'Agricoltura, l'Università statale di Fianarantsoa, l'Ateneo privato di Antsirabe, il Centro Meteorologico ed Idrologico Nazionale, il Centro Agrometeorologico Nazionale, l'Istituto Cartografico, nonché presso i diversi centri Missionari di diversi ordini religiosi quali Diocesani, Trappisti ed in particolare Salesiani, i quali hanno fornito anche un supporto logistico rilevante.

Successivamente, non prima di aver effettuato un'istruttiva visita nei vigneti del Cardinale, presso la capitale Antananarivo, si è svolta la fase più prettamente agricola, nell'area viticola di Fianarantsoa, ubicata nel centro-sud del Paese, con le visite delle cantine e dei vigneti dei principali produttori locali, in particolare Lazan'i Betsileo, Cloz Malaza, Maromby, Soavita.

Nel corso della permanenza in Madagascar, inoltre, è stato girato un breve videodocumentario sulla viticoltura malgascia (registrato SIAE). Realizzato su supporti digitali per garantire la migliore qualità delle immagini, ha permesso al SAR di diffondere a livello mediatico le informazioni raccolte durante la missione. Inoltre è risultato un utile strumento capace di descrivere il contesto economico e sociale delle zone visitate.

## 2 Il Madagascar: caratteristiche generali

### 2.1 INTRODUZIONE

L'isola del Madagascar con altre isole minori costituisce uno stato dell'Africa australe di 587.000 kmq. È situata tra il 13° e il 25° grado di latitudine sud ed è attraversata, nella parte meridionale, dal Tropico del Capricorno. Dal punto di vista geografico è presente una dorsale montuosa che attraversa tutta l'isola lungo l'asse Nord-Sud, con cime oltre i 2500 metri. Questo imponente rilievo presenta il versante est molto ripido, mentre ad ovest degrada dolcemente, creando un esteso altopiano (figura 1). L'areale viticolo è localizzato sull'altopiano a quote comprese tra 1000 e 1700 m s.l.m. circa.

### 2.2 IL CLIMA

Il clima del Madagascar è sub-tropicale; sono tuttavia presenti tre diverse varianti climatiche dovute alla posizione dell'Isola, alla sua lunghezza, e soprattutto alla presenza della lunga dorsale montuosa.

Nella parte settentrionale e orientale del Paese il clima può essere classificato come tropicale piovoso (o equatoriale); nella parte centro-occidentale può essere classificato come tropicale umido e asciutto; nell'estremità sud-occidentale, infine, come tropicale semi-arido. Il confine tra i territori interessati dai primi due tipi di clima è la dorsale montuosa Nord-Sud.

Come in gran parte dei climi tropicali, il Madagascar ha due stagioni causate dalla migrazione a cavallo dell'equatore della Zona di Convergenza Intertropicale (ITCZ, vedi nota pag.6).

Durante l'estate australe, infatti, l'ITCZ si trova sul Madagascar e porta precipitazioni convettive abbondanti e diffuse su quasi tutta l'isola. Solo l'estremità sud-occidentale dell'isola, che si trova ai margini dell'area delle ITCZ, risente dei suoi effetti in misura ridotta.

Durante l'inverno australe la piovosità è nettamente diversa nelle tre zone climatiche. Sulla parte settentrionale ed orientale dell'isola, infatti, gli alisei dell'Oceano Indiano continuano a portare umidità nei bassi strati, alimentando la convezione

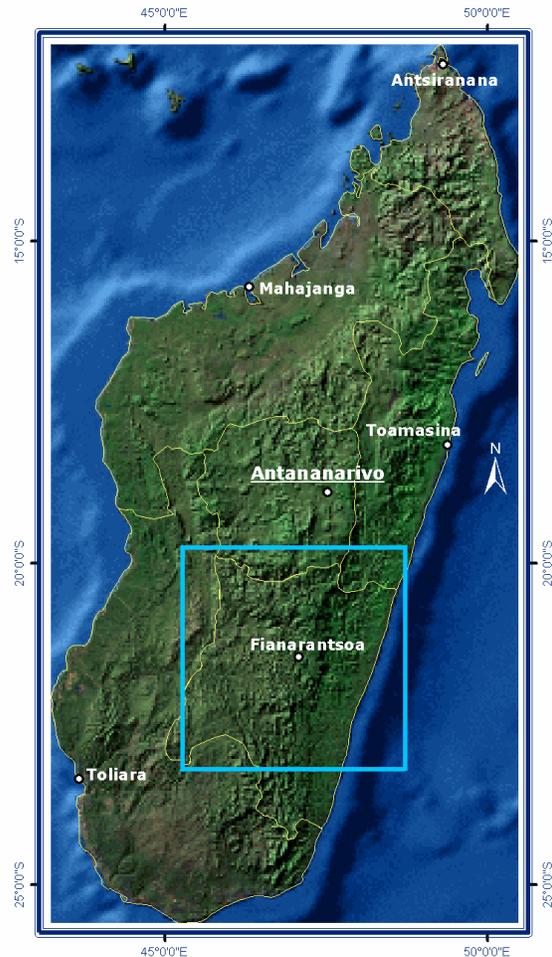


Figura 1. Carta geografica del Madagascar.

(ulteriormente stimolata dal sollevamento orografico) e rendendo piovosa anche questa stagione. A valle della dorsale montuosa, invece, i flussi associati agli alisei hanno perso gran parte del vapor d'acqua e, dunque, il clima risulta secco e moderatamente fresco. Per la peculiare configurazione orografica del Madagascar anche la parte sud-orientale risulta schermata rispetto ai flussi umidi associati agli alisei e dunque è poco piovosa. Come risultato, nella parte del Paese con clima tropicale piovoso, le precipitazioni risultano molto abbondanti, con piccole variazioni nell'arco dell'anno con cumulati compresi tra 1600 mm/anno e i 2400 mm/anno, distribuiti su circa 80-200 mm/mese.

Anche le medie delle temperature mostrano variazioni contenute. Le massime, infatti, vanno dai 25-28 °C (di luglio) ai

27-33 °C (di gennaio); mentre le medie delle minime variano dai 18-20 °C (di luglio) ai 20-23 °C (di gennaio).

Nella parte del Madagascar con clima tropicale umido e secco, invece, le differenze tra le due stagioni risultano più marcate: d'estate, infatti, sia le precipitazioni che le temperature hanno valori simili alla zona climatica tropicale piovosa, mentre d'inverno si osserva sia un calo delle delle temperature che una netta diminuzione delle precipitazioni. Globalmente, dunque, gli 800-1500 mm/anno di queste zone si concentrano tra ottobre e aprile.

Il ciclo annuale di temperatura e precipitazione è particolarmente evidente nelle zone centrali del paese caratterizzate dal clima tropicale umido e secco, ma con alcune caratteristiche di continentalità. Ad Antananarivo, ad esempio, l'inverno è caratterizzato da cielo poco nuvoloso, precipitazioni intorno ai 30 mm/mese e temperature medie intorno ai 14 °C.

Nella parte del paese con clima tropicale semiarido, infine, le precipitazioni possono scendere sino a 300-400 mm/anno, prevalentemente concentrate nei mesi estivi, mentre le temperature sono simili a quelle della fascia tropicale umida e secca.

*NOTA: La Zona di Convergenza Intertropicale (o ITCZ) separa la cella di Hadley dell'emisfero boreale, dalla cella di Hadley dell'emisfero australe; tali celle sovrastano le regioni del pianeta caratterizzate da climi equatoriali o subtropicali.*

*Nella ITCZ convergono i due flussi superficiali delle due celle di Hadley e, cioè, gli Alisei. Di conseguenza la ITCZ e' mediamente caratterizzata da un flusso convergente alla superficie ed un flusso ascendente lungo la verticale. La convergenza di aria umida al suolo ed il moto mediamente ascendente tende a favorire la convezione, provocando intense precipitazioni.*

*La ITCZ si sposta verso Nord durante l'estate boreale e verso Sud durante l'estate australe, muovendo la fascia delle precipitazioni intense in modo periodico a cavallo dell'Equatore.*

### 2.3 GEOLOGIA E PEDOLOGIA

L'evoluzione geologica del Madagascar è stata contraddistinta da due fasi: un lungo periodo di erosione ed un secondo periodo in cui ai processi erosivi si sono combinati forti movimenti tettonici, con relativi fenomeni di metamorfismo. Come risultato di questo processo evolutivo, quindi, il Madagascar può essere schematicamente diviso in due zone principali: nelle formazioni sedimentarie che inte-

ressano principalmente le aree costiere, che si estendono su circa un terzo dell'Isola, e nel complesso "precambriano" costituito da rocce ignee e metamorfiche, che interessa circa due terzi del Ma-

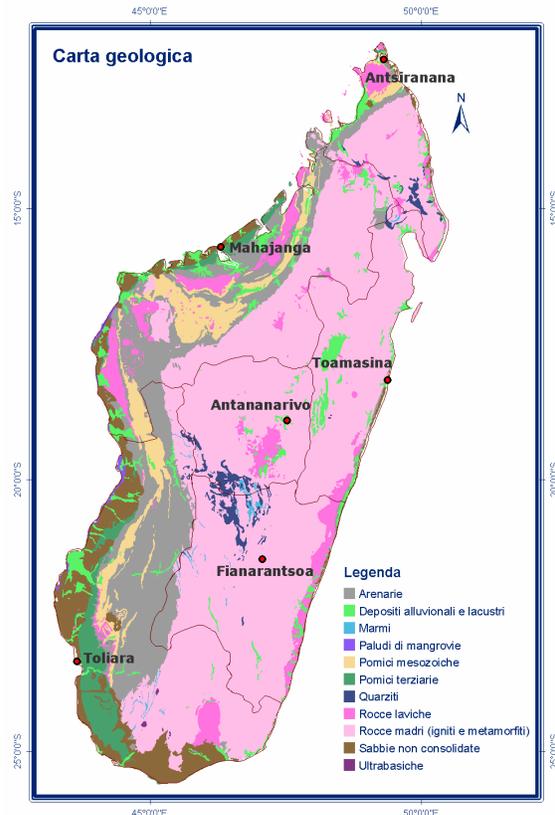


Figura 2. Carta geologica.

agascar ed in particolare gli altipiani centrali (figura 2).

All'interno di tale complesso ritroviamo rocce metamorfiche quali gli gneiss, i migmatiti, gli scisti e gli anfiboliti nonché metasedimenti proterozoici.

Le migmatiti, in particolare, si estendono notevolmente seppure con una certa eterogeneità e con una distribuzione irregolare, e per la maggior parte, a seguito di studi specifici sulla mineralogia, si possono classificare come graniti migmatitici.

L'area oggetto di studio sotto l'aspetto litologico è costituita per almeno il 90% da igniti e metamorfiti. All'interno di tale settore la zona più eterogenea risulta quella settentrionale in cui oltre alle citate rocce metamorfiche si ritrovano quarziti, marmi, rocce eruttive intrusive ed effusive nonché depositi alluvionali.

In quest'area le condizioni pedogenetiche (in particolare l'elevata piovosità) hanno

determinato un'intensa alterazione idroli-  
tica delle rocce metamorfiche tipo gneiss  
e migmatitiche. Pertanto, tenuto conto  
anche della natura della copertura vege-  
tale, su questi substrati litologici si sono  
originati suoli dal tipico carattere acidofi-  
lo, se si fa eccezione per le aree calcaree,  
peraltro limitate.

## 2.4 AGRICOLTURA

L'agricoltura è molto importante per  
l'economia del Madagascar in quanto co-  
stituisce quasi l'80% delle esportazioni,  
costituendo il 33% del P.I.L. (dati del  
1993) e impiegando, negli stessi anni,  
quasi l'80% della forza lavoro. Il 41% del-  
le terre totali vengono utilizzate per il pa-  
scolamento del bestiame, mentre il 16%  
di terra sono irrigui.

Il censimento agricolo 1984-85 ha valuta-  
to che vivono nelle zone rurali 8,7 milioni  
di persone di cui il 65% vive a livello di  
sussistenza. All'epoca del censimento la  
dimensione media dell'azienda agricola  
era di 1,2 ettari, anche se la maggior par-  
te delle risaie negli altopiani centrali ri-  
sultano di 0,5 ettari. Nel 1993 soltanto  
l'1% della superficie totale del paese (58,7  
milioni di ettari) veniva coltivato in ma-  
niera continuativa.

Il riso è la coltura più importante, e al  
1989 si producevano circa 2,4 milioni di  
tonnellate tuttavia non sufficienti per il  
fabbisogno interno. La produzione di riso  
nel 1992 ha occupato circa due terzi  
dell'area agricola totale producendo il  
40% del reddito agricolo totale.

La manioca, seconda coltura per uso ali-  
mentare in termini di area investita (qua-  
si ovunque sull'isola) e anche probabil-  
mente di quantità consumata, viene pro-  
dotta per circa 2,32 milioni di tonnellate,  
al 1992. Negli stessi anni venivano pro-  
dotti 165.000 tonnellate di cereali,  
487.000 tonnellate di patata dolce e circa  
220.000 tonnellate di banane.

Il caffè è uno dei principali prodotti  
d'esportazione arrivando nel 1986 a un  
profitto record di 151 milioni di dollari.

Il cotone è sempre stato tradizionalmente  
il secondo prodotto principale destinato  
all'esportazione, ma la maggior parte del-  
la produzione all'inizio degli anni 80 è  
stata assorbita dall'industria tessile loca-  
le, anche se la produzione del cotone è  
scesa a 20.000 tonnellate nel 1992.

Due altri prodotti d'esportazione sono i  
chiodi di garofano e la vaniglia, anche se  
hanno subito un calo d'importanza dagli  
anni 80 agli anni 90. La produzione di  
vaniglia al 1993 era pari a 700 tonnellate.  
Il settore della pesca, in particolare dei  
gamberi, è quello maggiormente in cresci-  
ta dell'economia agricola, arrivando a  
compensare il declino della esportazione  
di caffè, vaniglia e chiodi di garofano. Al  
1993 venivano esportate 114.370 tonnel-  
late di gamberi, fornendo incassi da e-  
sportazione di 48 milioni di dollari. La  
produzione zootecnica è limitata, in gran  
parte a causa dei modelli tradizionali di  
proprietà del bestiame che ne hanno im-  
pedito la commercializzazione. Circa il  
99% del bestiame allevato è costituito da  
zebù. Nel 1990 l'Organizzazione per l'Ali-  
mentazione e l'Agricoltura delle Nazioni  
Unite ha stimato che in Madagascar era-  
no presenti 10,3 milioni di bovini, 1,7 mi-  
lioni di pecore e capre e circa 21 milioni  
di polli (U. S. Dep. of the Army, 2003).

## 2.5 VITICOLTURA

### 2.5.1 LA VITICOLTURA NEI CLIMI TROPICALI

Tutta l'agricoltura risente enormemente  
dell'influenza dei fattori climatici, in par-  
ticolare sotto l'aspetto quali-quantitativo.  
In questa ottica si deve porre particolare  
attenzione all'espansione agricola in zone  
che si pongono quasi ai limiti della po-  
tenzialità di utilizzo a fini agricoli. Nel ca-  
so del Madagascar, come precedentemen-  
te detto, trovandoci nell'emisfero sud e  
all'interno del Tropico del Capricorno,  
l'attività vegetativa della vite avviene in  
un periodo in cui abbiamo temperature  
sempre molto elevate, piovosità frequenti  
e intense, elevato grado igrometrico  
dell'aria a causa della forte evaporazione  
e non ultima un'eliofania di 12 ore. In  
queste condizioni il riposo è insufficiente  
e allo stato naturale la *Vitis vinifera* si  
comporta come una sempreverde, con un  
germogliamento solo negli apici vegetati-  
vi, presenza di grappoli contemporanea-  
mente in diverse fasi di accrescimento e  
sempre molto piccoli. Tuttavia, la viticol-  
tura viene attuata anche in questi climi,  
ma in zone microclimatiche che lo con-  
sentono, come per esempio le alte terre  
dell'altopiano centrale del Madagascar,  
con quote sempre superiori ai 1000 m

s.l.m. Ciò nonostante anche in questi climi si verificano importanti squilibri ormonali a causa della prevalenza di vecchie foglie rispetto alle giovani, il che si traduce in genere in una minore fertilità.

### 2.5.2 LA VITICOLTURA IN MADAGASCAR

La produzione vinicola mondiale negli ultimi anni si è mantenuta sopra ai 27 milioni di tonnellate, di cui, ben il 60% nel 2002 è stato prodotto dall'Unione Europea (Palese, 2003). La produzione si è assestata negli ultimi anni intorno alle 8000 tonnellate/anno, pari a 0,33 della produzione totale mondiale.

In Madagascar, l'estensione complessiva della coltivazione viticola attualmente si può stimare in circa 3000-4000 ettari, che risultano concentrati per lo più negli altopiani centrali, nella fascia delle cittadine che stanno tra la capitale Antananarivo e la città di Fianarantsoa. Molte di queste vigne sono gestite dai missionari che hanno impiantato questa coltura per loro esigenza di poter disporre del vino per la messa. Tra le più grosse aziende sono da evidenziare la "Lazan'i Betsileo" nel territorio di Fianarantsoa con circa 300 ettari e 1560 soci che vi afferiscono, l'azienda "Soavita" di circa 30 ha nel territorio di Ambalavao e l'azienda "Cloz Malaza" di circa 400 ettari sempre a Fianarantsoa.

I vitigni coltivati sono quelli portati dai missionari francesi nel secolo scorso. Nella maggior parte delle aziende sopra citate sono coltivati "Isabella" e "Couderc 13", in minore misura "Petit bouchet".

"Isabella" è una varietà appartenente alla specie *Vitis labrusca* (vite americana), "Couderc 13" è un ibrido tra *Vitis lincecumii* e *Vitis vinifera* mentre "Petit bouchet" è un ibrido ottenuto dall'incrocio tra le varietà *Aramon* e *Teinturier*. Couderc 13 e altre varietà sono chiamate "ibridi produttori diretti" e furono creati alla fine dell'800, nel periodo dell'invasione della fillossera, per resistere a tale avversità. Le varietà che discendono da *Vitis labrusca* presentano un gusto particolare con aroma di fragola che viene definito "foxy" (volpino). La vinificazione di questi ibridi non ha portato però all'ottenimento di vini di qualità che presentano anche un elevato contenuto di metanolo, superiore a quello dei vini prodotti da *Vitis vinifera*. Ciò ha portato, ad esempio in Ita-

lia già dal 1931, all'attuazione di misure atte a proibirne la coltivazione. Attualmente la legislazione italiana vieta il commercio di vini prodotti da specie diverse dalla *Vitis vinifera* e dal 1979 è stata varata una normativa europea che prevede l'eliminazione di tutti gli appezzamenti coltivati a ibridi produttori diretti.

La forma di allevamento della vite più diffusa in Madagascar è la contropalliera. I sistemi di conduzione aziendale risultano talora relativamente arretrati rispetto agli standard europei ed anche la difesa fitosanitaria viene effettuata senza attento monitoraggio. Tra le avversità più importanti sono da annoverare le termiti e la peronospora. Inoltre ingenti danni vengono causati dagli uccelli, e sono da sottolineare frequenti furti di prodotto ma anche delle opere di sostegno (pali).

Le pratiche di vinificazione sono artigianali per lo più. A causa del basso grado zuccherino del mosto, dato riscontrato in tutte le realtà produttive visitate, si ricorre allo zuccheraggio, con aggiunta di zucchero di canna al mosto generalmente in percentuali del 20% e talora superiori. I rimontaggi vengono effettuati generalmente una volta alla settimana, e il mosto viene lasciato nei tini di fermentazione (quindi a contatto con l'aria) per almeno 20 giorni.

Infine, un altro problema non marginale del settore vitivinicolo del Madagascar riguarda la disponibilità di bottiglie di vetro. In tutto il paese non esiste una fabbrica produttrice pertanto si attua il recupero e il riciclo delle stesse spesso senza appropriate condizioni igieniche.

In ristorante una bottiglia da 75 cl di vino prodotto dalle cantine succitate costa circa 40.000 franchi malgasci, pari a circa 5 €. Confrontando il P.I.L. calcolato dalla Banca Mondiale al 1998 tra Italia e Madagascar si comprende il valore di quei 5 €. Il P.I.L. pro capite in Italia è pari a 20.200 dollari rispetto agli 870 dollari del Madagascar. Questo semplice raffronto fa comprendere il vero peso dei 5 € della bottiglia di vino (un operaio Malgascio ha una paga giornaliera di 1 € al giorno). Alla luce di quanto detto il vino prodotto in Madagascar, pur con i suoi notevoli limiti qualitativi e tecnico-colturali, rappresenta un prodotto di nicchia che pochi possono acquistare, almeno in quella realtà.

### 3 Metodologia

I dati climatici sono stati reperiti presso gli enti locali preposti. Le elaborazioni agroclimatiche hanno riguardato un'analisi della disponibilità termica attraverso l'impiego di opportuni indici bioclimatici e un'analisi dei fabbisogni idrici medi. Le informazioni pedologiche acquisite sono state sufficienti a contestualizzare i risultati derivati dal calcolo degli indici nel territorio.

L'elaborazione e l'analisi dei dati e delle informazioni acquisite ha consentito la realizzazione di un sistema informativo territoriale (GIS).

#### 3.1 GESTIONE E ANALISI DEI DATI TERRITORIALI

##### 3.1.1 Tecnologia GIS (Geographical Information Systems)

La definizione di politiche per la gestione del territorio richiede l'utilizzo di efficaci procedure e metodi operativi.

Il territorio, infatti, nella sua definizione più ampia, appare come un sistema complesso di elementi coesistenti nello stesso spazio, interconnessi tra loro e che si influenzano reciprocamente. Da queste premesse è possibile dedurre come la descrizione di un tale sistema comporti notevoli difficoltà e come sia importante dotarsi di strumenti di analisi e decisione che permettano di conoscere e analizzare il territorio in modo completo tenendo conto delle complesse relazioni esistenti fra i suoi elementi componenti. Da questo punto di vista i GIS rappresentano un valido strumento poiché si prestano, da un lato, all'immagazzinamento dei dati territoriali in maniera logica e strutturata e, dall'altro, consentono di mettere a punto metodologie di analisi per la pianificazione degli interventi. Il settore agricolo rappresenta indubbiamente uno dei campi di applicazione più interessanti.

##### 3.1.2 Implementazione del GIS per la regione di Fianarantsoa

Gli strati informativi presenti nel GIS descrivono e analizzano gli aspetti pedoclimatici dell'area intorno a Fianarantsoa ed essendo un sistema aperto, sarà possibile integrarlo con altri dati territoriali di

maggiore dettaglio, qualora si rendessero disponibili.

La scala di lavoro adottata è orientativamente compresa tra 1:1.000.000 e 1:200.000, in funzione della disponibilità e struttura dei dati climatici e territoriali e dell'area oggetto di studio.

Definita geograficamente l'area di studio si è proceduto alla definizione della struttura fisica del database, individuando gli elementi geometrici (cartografia di base) e tematici (cartografia tematica) che entrano a far parte del GIS e definendo le relative procedure di acquisizione dei dati.

Il software GIS utilizzato è ArcGis Desktop ArcInfo (ESRI) nella versione 8.3 con le estensioni Spatial Analyst e Geostatistical Analyst.

È stato utilizzato un modello dati misto che prevede sia l'uso di un formato vettoriale semplice come lo shape file, sia l'uso del formato raster della ESRI (grid) che ha permesso di eseguire tutte le operazioni di analisi spaziale in modo semplice e veloce. Il Sistema di coordinate adottato è "Tanananarive 1925".

La base dati del sistema informativo è costituita da:

- Limiti amministrativi
- Stazioni meteorologiche
- Carta Geologica in scala 1:1.000.000 (Simplified Geology of Madagascar - Royal Botanic Gardens, Kew) (figura 2)
- Carta della Vegetazione in scala 1:1.000.000 (Madagascar, Remaining Primary Vegetation - Royal Botanic Gardens, Kew) (figura 3)
- Carta della Vegetazione con classificazione geologica in scala 1:1.000.000 (Madagascar Remaining Primary Vegetation Classified by the Underlying Geology - Royal Botanic Gardens, Kew)
- Carta della vegetazione del Madagascar in scala 1:200.000, fogli :SE 38D Ambositra, SE38H 38E Fianarantsoa (Ministero dell'Agricoltura e dello Sviluppo Rurale) (figura 4), utilizzata come base topografica in formato raster
- Digital Elevation Model (DEM) pixel size:1 grado (figura 5)
- Carta delle pendenze (figura 6)
- Carta delle Esposizioni (figura 7)

- Dati meteorologici

I dati su supporto cartaceo sono stati digitalizzati e georeferenziati (Carta della vegetazione in scala 1:200.000) mentre i restanti dati sono stati importati nel modello dati definito, con relativa georeferenziazione secondo il Datum impostato. Dal DEM è stato possibile ricavare i valori di pendenza ed esposizione che sono divenuti dei nuovi strati informativi funzionali allo studio morfologico dell'area di studio.

È stato creato il dataset con i punti stazione e l'impostazione delle chiavi necessarie al collegamento della banca dati climatologica.

A partire dai dati meteorologici è stato possibile elaborare carte climatiche, agroclimatiche e indici climatici specifici per la vite, spazializzando i dati sulle singole stazioni con il modulo di ArcGis Geostatistical Analyst. Questa analisi, è risultata molto impegnativa e ha riguardato la scelta del metodo di spazializzazione più idoneo per ciascun parametro considerato.

### 3.1.3 Spazializzazione dei dati

L'interpolazione di dati puntuali viene utilizzata per generare delle superfici che indicano come la variabile considerata si comporta nello spazio, così da conoscerne il valore anche nei punti dove non è rilevata. Il passaggio da dati puntuali a dati continui nello spazio può avvenire attraverso vari metodi, in riferimento alla grandezza considerata.

La scelta del metodo di interpolazione è stata indirizzata in generale dal confronto dei risultati statistici delle spazializza-

zioni con diversi metodi, considerando lo "scarto quadratico medio" (RMS standardizzato) come indicatore della bontà della tecnica di interpolazione.

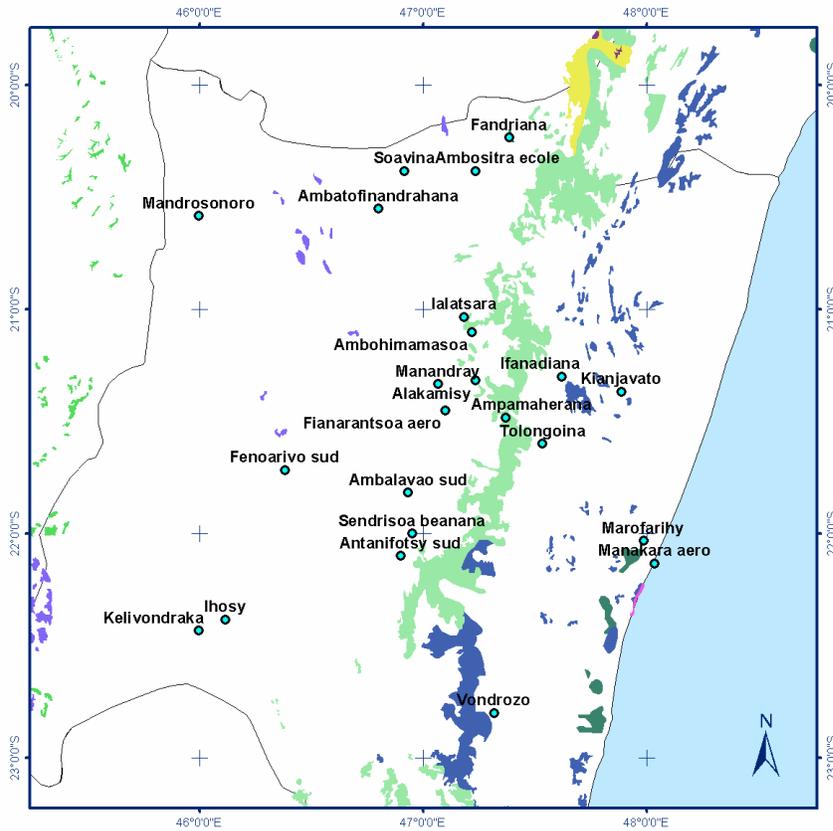
Il metodo di interpolazione adottato per i valori di precipitazione è il Kriging ordinario utilizzando un modello sferico. I dati sono stati normalizzati tramite trasformazione logaritmica individuando una struttura anisotropica del dataset.

I valori di temperatura e degli indici di Winkler e Huglin, sono stati ricostruiti nei punti non rilevati, applicando l'equazione della retta di regressione trovata tra temperatura e quota (tabella 1). Il dato così ottenuto è stato corretto sommandolo agli scarti ricostruito/misurato, spazializzati con la tecnica dell'Inverso della Distanza (IDW).

Le escursioni termiche, l'evapotraspirazione e i consumi idrici sono stati spazializzati con la tecnica dell'Inverso della Distanza; l'indice di Branas con il Kriging ordinario.

Grandezza vs Quota	Pendenza	Intercetta	Coefficiente di determinazione ( $r^2$ )
T max dicembre	-0,0042	31,335	0,777
T max gennaio	-0,0037	31,257	0,789
T max febbraio	-0,0037	31,181	0,834
T max anno	-0,0038	28,833	0,796
T min dicembre	-0,0047	21,150	0,789
T min gennaio	-0,0047	21,840	0,834
T min febbraio	-0,0048	21,840	0,777
T min anno	-0,0049	18,600	0,796
Huglin	-0,6950	3335,3	0,851
Winkler	-0,7400	2825,3	0,918

**Tabella 1.** Parametri statistici della regressione delle temperature ed indici derivati con la quota.



**Figura 3**

**Carta della Vegetazione**

**(Remaining Primary Vegetation - Royal Botanic Gardens, Kew)**

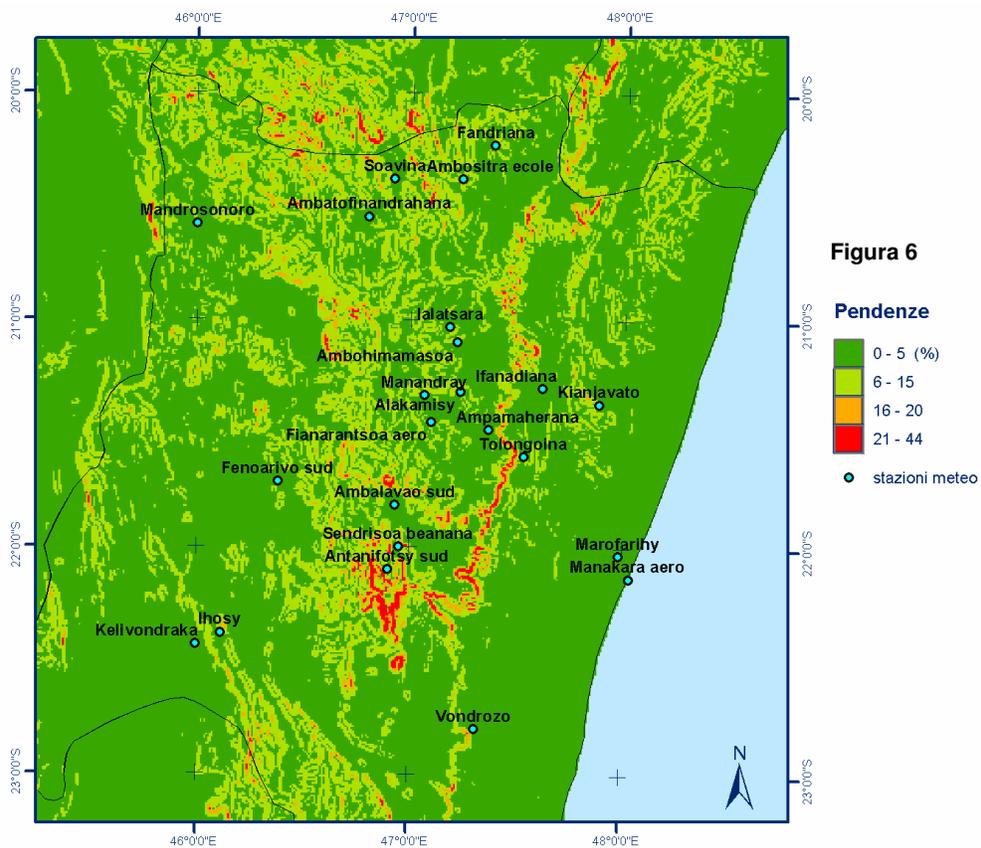
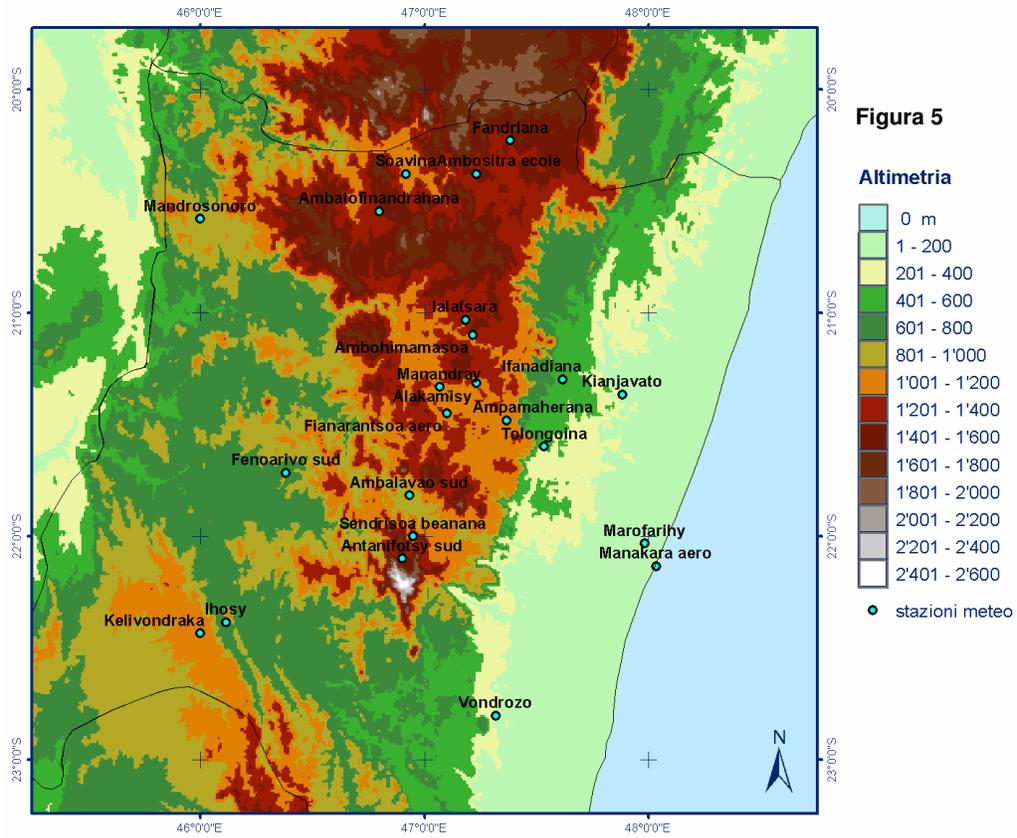
- Aree paludose
- Foreste decidue di aree con stagioni siccitose
- Foreste decidue di aree siccitose, con piccoli alberi e arbusti
- Foreste di mangrovie
- Foreste litoranee (versante est)
- Foreste litoranee (versante ovest)
- Foreste sempreverdi, in aree umide (area collinare)
- Foreste sempreverdi, in aree umide (bassa altitudine)
- Foreste sempreverdi, in aree umide (media altitudine)
- Foreste sempreverdi, sclerofille
- Macchia in aree montane
- stazioni meteo



**Figura 4**

**Carta della vegetazione**

porzione del foglio SE38H  
Fianarantsoa  
(Ministero dell'Agricoltura e dello Sviluppo Rurale)



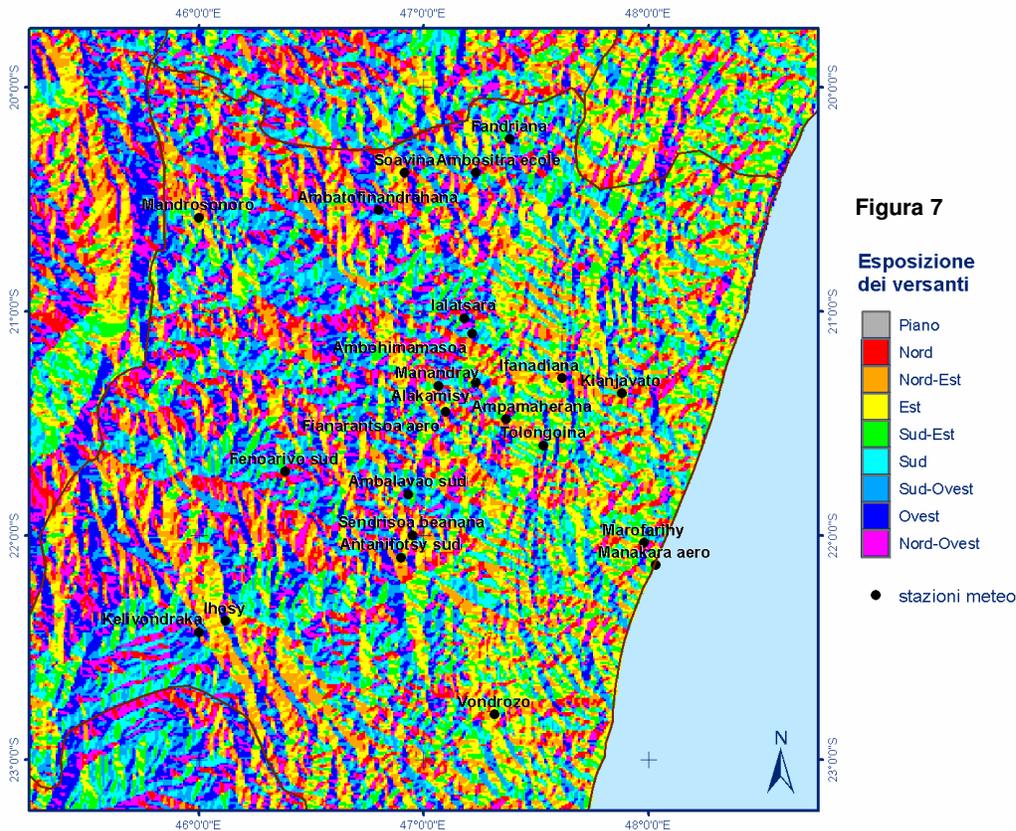


Figura 7

**Esposizione dei versanti**

- Piano
- Nord
- Nord-Est
- Est
- Sud-Est
- Sud
- Sud-Ovest
- Ovest
- Nord-Ovest

● stazioni meteo

### 3.2 STUDIO CLIMATOLOGICO

La descrizione e classificazione del clima di una regione geografica è basata sull'analisi delle grandezze meteorologiche più comunemente studiate, quali la temperatura e le precipitazioni, il cui andamento è legato alle variazioni stagionali della circolazione atmosferica.

Lo studio climatico di lungo periodo dell'area viticola del Madagascar è stato quindi realizzato sulla base di serie storiche sufficientemente lunghe relative alle stazioni ubicate nella regione di Fianarantsoa, provenienti dagli archivi del Centro Meteorologico ed Idrologico Nazionale.

In particolare, per la descrizione climologica del territorio oggetto di studio so-

no state considerate serie storiche relative al trentennio 1961-1990 mentre per un numero esiguo di stazioni i dati sono relativi al periodo 1951-1980. Tuttavia, anche queste ultime sono state inserite nello studio in considerazione della sovrapposizione di due decenni tra i due periodi suddetti e supponendo l'assenza di variazioni climatiche significative tra i due periodi. Nella tabella 2 sono elencate le stazioni prese in esame, mentre nella figura 8 è riportata la dislocazione delle stesse sul territorio.

Per l'analisi specifica delle condizioni climatologiche locali delle aree in cui è diffusa la coltivazione della vite, si è considerato un sottoinsieme di stazioni e su di esse si sono formulate le considerazioni principali.

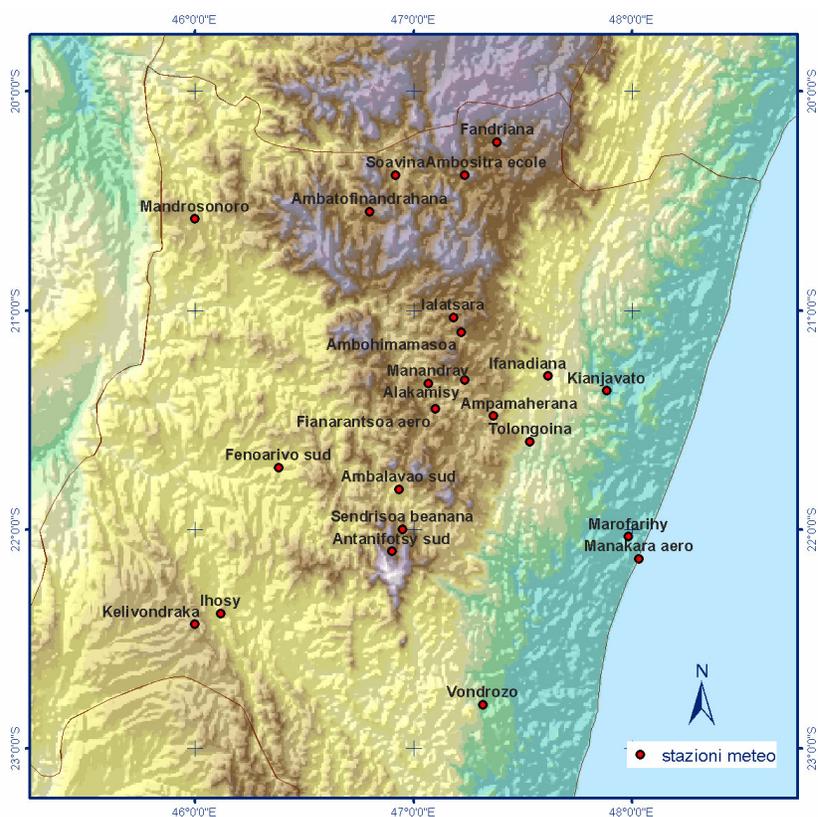


Figura 8. Dislocazione delle stazioni meteorologiche.

Stazione	Longitudine	Latitudine	Quota (m s.l.m.)	Prec.	Temp.	Um.
Alakamisy	47° 14'	21° 19'	1123	P		
Ambalavao sud	46° 56'	21° 49'	1000	P		
Ambatofinandrahana	46° 48'	20° 33'	1430	P	T	U
Ambohimamasoa	47° 13'	21° 06'	1226	P		
Amboropotsy	44° 20'	17° 56'	-	P		
Ambositra ecole	47° 14'	20° 23'	1400	P	T	U
Ampamaherana	47° 22'	21° 29'	1100	P	T	U
Antanifotsy sud	46° 54'	22° 06'	1900	P	T	U
Fandriana	47° 23'	20° 14'	1400	P	T	U
Fenarivo sud	46° 23'	21° 45'	750	P		
Fianarantsoa aéro	47° 06'	21° 27'	1106	P	T	
Ialatsara	47° 11'	21° 02'	1400	P	T	U
Ifanadiana	47° 37'	21° 18'	450	p	T	U
Ihosy	46° 07'	22° 23'	730	p	T	U
Kelivondraka	46° 00'	22° 26'	800	p		
Kianjavato	47° 53'	21° 22'	210	p	T	U
Manakara aéro	48° 02'	22° 08'	4	p	T	
Manandray	47° 04'	21° 20'	1200	p		
Mandrosonoro	46° 00'	20° 35'	1050	p		
Marofarihy	47° 59'	22° 02'	0	p	T	U
Sendrisoa beanana	46° 57'	22° 00'	1100	p		
Soavina	46° 55'	20° 23'	1112	p	T	
Tolongoina	47° 32'	21° 36'	390	p		
Vondrozo	47° 19'	22° 48'	80	p		

Tabella 2. Stazioni meteorologiche e relative grandezze.

### 3.3 ELABORAZIONI AGROCLIMATOLOGICHE

Le elaborazioni derivate dalle grandezze meteorologiche permetteranno di caratterizzare meglio il territorio in oggetto, dal punto di vista delle disponibilità climatiche.

I dati di partenza impiegati in queste elaborazioni, come accennato in precedenza, sono rappresentati dai valori mensili di temperatura massima e minima ed i valori del cumulado mensile di precipitazione di ciascuna stazione meteorologica. Le elaborazioni effettuate sono quelle consentite dalla disponibilità di dati climatici e dalla loro scala temporale.

#### 3.3.1 Indici bioclimatici specifici per la vite

Numerosi sono gli studi che dimostrano l'influenza dell'ambiente sull'espressione delle caratteristiche genetiche dei vitigni. La produttività e le caratteristiche qualitative di un vitigno sono, infatti, il risultato

della sua interazione con l'ambiente, cioè con le condizioni pedoclimatiche e colturali che possono consentirgli di manifestare appieno le proprie potenzialità genetiche.

La temperatura, in particolare, rappresenta uno dei fattori che maggiormente influenzano il ritmo di crescita e sviluppo della vite: in entrambi gli emisferi la vite si sviluppa in un range termico compreso tra i 10 ed i 20 °C come temperatura media annua.

Per esprimere numericamente le esigenze climatiche della vite, sono stati elaborati indici bioclimatici, che trovano applicazione sia per definire le porzioni di un territorio più idonee alla sua coltivazione, nel caso di aree nuove alla coltivazione di questa specie, che a differenziare e delimitare le diverse zone viticole in base all'obiettivo produttivo che si persegue (es. uva da tavola, uva da vino di tipo diverso).

Particolare rilievo, sotto il profilo qualitativo, assume l'influenza ambientale sul processo di maturazione della bacca; a titolo di esempio le condizioni di stress idrico estivo, tipico degli ambienti semiaridi, determinano mosti squilibrati nel rapporto glucidi/acidità totale e acido tartarico/acido malico.

Le condizioni climatiche generali e il regime termico, in particolare, influiscono inoltre nel determinare le epoche di comparsa delle principali fasi fenologiche e la composizione chimica dell'uva al momento della raccolta. Riguardo questo aspetto si può considerare che, in termini generali, gli ambienti temperati sono i più adatti per i vitigni bianchi precoci impiegati per la produzione di vini leggeri, secchi ed aromatici; gli ambienti moderatamente caldi sono invece indicati per i vitigni che danno vini rossi asciutti e corposi ed infine i climi molto caldi si prestano per i vitigni tardivi, bianchi o rossi, da cui si ottengono vini a medie ed elevata gradazione alcolica da pasto e da dessert.

Sono stati proposti numerosi indici che differiscono per il numero delle grandezze meteorologiche considerate (uni bi e trifattoriali) e per il "peso" che queste ultime assumono, in relazione alla regione geografica in cui sono stati elaborati.

Nel presente lavoro sono stati analizzati alcuni indici bioclimatici utili ad individuare le aree idonee alla coltivazione della vite.

L'importanza dell'individuazione dell'ambiente più idoneo per un particolare vitigno emerge anche considerando la durata del periodo di maturazione delle uve, variabile in relazione al livello termico ambientale, e della sua influenza sulle caratteristiche organolettiche dei vini. Per uno stesso vitigno, infatti, i vini ottenuti da uve che hanno avuto una maturazione lenta e completa saranno qualitativamente più validi, rispetto a quelli ottenuti da uve con maturazione ugualmente completa ma rapida. Tipico, a questo proposito, è l'esempio del Riesling che non raggiunge la pienezza delle sue qualità quando matura in ambienti temperato-caldi. Questo è il motivo della diffusione in coltura di diversi cloni del vitigno (Riesling Italico, Clare Riesling, Grey Riesling, etc.). Tra gli indici bioclimatici che si basano principalmente sulla temperatura sono stati calcolati quelli più conosciuti ed applicati: Huglin, Winkler, Branias e Fregoni.

#### 3.3.1.1 Indice di Winkler

È un indice molto semplice sviluppato da Winkler ed impiegato per la suddivisione

della California in varie zone a diversa vocazione viticola. Si ottiene operando la sommatoria delle temperature attive cioè la somma delle temperature medie dell'aria detratte di 10 °C (indicato convenzionalmente come lo zero di vegetazione) nel periodo compreso tra il 1° aprile ed il 30 ottobre per l'emisfero settentrionale, e tra il 1° ottobre ed il 31 marzo per quello meridionale; è dunque un'applicazione specifica del metodo generale delle sommatorie termiche, e si esprime in gradi giorno (°D).

La formula per il calcolo, per l'emisfero australe è:

$$IW = \sum_{01/10}^{31/03} (T_{med} - 10)$$

in cui

$T_{med}$  temperatura media giornaliera (°C).

### 3.3.1.2 Indice di Huglin

Tale indice definito "eliotermico" fu messo a punto da Pierre Huglin per la vite allo scopo di migliorare la validità nell'impiego delle somme termiche. L'indice considera anche la lunghezza del periodo diurno, attraverso un coefficiente moltiplicatore (K) che tra 40° e 50° di latitudine varia tra 1,02 e 1,05 (nel nostro caso, trattandosi di latitudini comprese tra i 20° ed i 30°, è stato adottato il valore minimo).

Poiché considera la temperatura massima, rispetto al precedente, quest'indice è ritenuto più idoneo a descrivere le zone collinari, caratterizzate da marcate escursioni giornaliere, poiché le sole temperature medie non rendono totalmente conto delle effettive ore di attività elaborativa della vite. Analogamente all'indice di Winkler si esprime in gradi giorno (°D) e si applica per l'emisfero australe al semestre ottobre-marzo.

$$IH = \sum_{01/10}^{31/03} \frac{(T_{med} - 10) + (T_{max} - 10)}{2} K$$

in cui

$T_{med}$  temperatura media giornaliera (°C);

$T_{max}$  temperatura massima giornaliera (°C);

K coefficiente legato alla lunghezza del giorno.

### 3.3.1.3 Indice di Fregoni semplificato (Escursioni termiche)

L'indice di qualità Fregoni si distingue dagli indici precedenti perché si basa sulla sommatoria delle escursioni termiche durante la maturazione delle bacche, in particolare nell'ultimo periodo precedente la vendemmia in cui vengono sintetizzati gli zuccheri, gli antociani e le componenti aromatiche caratteristiche.

Nei trenta giorni che precedono la vendemmia, l'indice bioclimatico di qualità dovrebbe essere calcolato con la seguente formula:

$$IF = \sum_1^{30} (T_{max} - T_{min}) \times \sum_1^{30} h$$

in cui

$T_{max}$  temperatura massima giornaliera (°C);

$T_{min}$  temperatura minima giornaliera (°C);

h numero di ore giornaliere con temperature inferiori a 10 °C;

Tuttavia il numero di ore giornaliere inferiori a 10 °C spesso non è di facile reperimento e per tale ragione il Prof. Fregoni ha ideato una seconda formulazione, più semplificata dove alla somma delle escursioni termiche giornaliere del mese di riferimento (settembre nell'emisfero Nord e Marzo nell'emisfero Sud), va moltiplicato il numero di giorni nei quali la temperatura scende al di sotto dei 10 °C.

Non essendo disponibili i dati termici giornalieri del periodo pre-vendemmia relativi alle stazioni considerate ci si è limitati a valutare le amplitudini termiche (escursioni) annuali e mensili, in grado comunque di fornire un dato indicativo delle condizioni termiche influenti sui processi di maturazione.

Come indice di qualità pertanto sono stati considerati solamente gli intervalli fra temperatura massima e minima giornaliera del periodo pre-vendemmia ricavati dalla climatologia; più precisamente, in considerazione delle epoche di vendemmia tipiche dell'areale considerato, sono state calcolate le escursioni per i mesi di gennaio e febbraio.

Vi è da tener conto comunque che i valori medi delle temperature minime nei mesi

considerati si collocano su valori tali da far ritenere marginale se non nullo l'apporto dei giorni con temperature inferiori a 10 °C, all'indice nel suo complesso.

### 3.3.1.4 Indice idrotermico di Branas

L'indice è il prodotto della temperatura media mensile per il totale delle precipitazioni, limitatamente al periodo nel quale la vite è in sviluppo (semestre ottobre-marzo). L'indice vuole rappresentare la forza della probabile virulenza della *Peronospora (Plasmopara viticola)*, strettamente legata al valore delle precipitazioni.

$$BI = \sum T_{med} \times P$$

in cui

$T_{med}$  temperatura media mensile (°C) del periodo estivo;

$P$  totale pioggia mensile (mm) del periodo estivo

### 3.3.2 Evapotraspirazione di riferimento

Il metodo utilizzato per la stima dell'evapotraspirazione potenziale, denominata anche evapotraspirazione di riferimento ed indicata con  $ET_o$ , è quello di Hargreaves-Samani, noto come il metodo della radiazione solare stimata. Si tratta di un metodo basato sulla temperatura e che quindi non richiede la conoscenza di altre variabili meteorologiche. Il metodo consente di stimare la radiazione globale solare ( $R_g$ ), dato non sempre disponibile, a partire dalla radiazione solare extraterrestre (vale a dire quella che giunge su un'ipotetica superficie posta al di fuori dell'atmosfera) e dall'escursione termica del mese considerato (differenza tra la temperatura massima media e quella minima del mese). L'equazione per la stima dell'evapotraspirazione potenziale con il metodo di Hargreaves e Samani può essere così scritta:

$$ET_o = 0,0023 \frac{R_a}{\lambda} \sqrt{T_d} (T + 17,8)$$

in cui

$ET_o$  evapotraspirazione potenziale (mm)

$R_a$  radiazione solare extraterrestre ( $MJ m^{-2} d^{-1}$ )

$T$  temperatura media mensile (°C)

$T_d$  escursione termica mensile (°C)

$\lambda$  calore latente di vaporizzazione ( $MJ kg^{-1}$ )

### 3.3.3 Consumi idrici della vite

Per la determinazione dell'evapotraspirazione colturale, indicata comunemente  $ET_c$ , si è operato col cosiddetto approccio a "due fasi". All'evapotraspirazione di riferimento, una volta calcolata, è stato applicato un coefficiente colturale ( $K_c$ ) che ingloba e sintetizza tutti gli effetti sull'evapotraspirazione legati alle caratteristiche morfo-fisiologiche della specie considerata, alla fase fenologica, al grado di copertura del suolo, che le rendono differenti dalla coltura di riferimento. Il risultato del calcolo è rappresentato perciò dal semplice prodotto dei due termini, per un dato intervallo di tempo, vale a dire:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

I valori calcolati con tale metodo devono intendersi come consumi massimi possibili per piante coltivate su superfici ampie, indenni da parassiti ed in condizioni ottimali di fertilità e disponibilità idrica.

I coefficienti culturali utilizzati nella presente nota, riportati nella tabella 3, sono stati ricavati dalla letteratura specifica, ed in particolare dai "quaderni FAO", e sono stati adattati sulla base delle osservazioni condotte in Madagascar, in particolare, per la determinazione della durata del ciclo e delle singole fasi fenologiche.

Nel dettaglio sono state considerate una forma di allevamento a contropalliera e la fenologia caratterizzata dalla ripresa vegetativa nella prima decade di ottobre, inizio fioritura verso la fine di novembre, invaiatura nel mese di febbraio e maturazione dai primi di marzo.

Mese	Kc	Mese	Kc
Gennaio	0,75	Luglio	-
Febbraio	0,75	Agosto	-
Marzo	-	settembre	-
Aprile	-	Ottobre	0,40
Maggio	-	Novembre	0,60
Giugno	-	Dicembre	0,70

**Tabella 3.** Coefficienti culturali mensili.

## 4 Analisi dei dati e degli elaborati

### 4.1 CLIMATOLOGIA

#### 4.1.1 Il clima degli altipiani centrali

Gli altipiani centrali del paese si estendono da Antananarivo fino a Fianarantsoa e si trovano ai margini della fascia tropicale secca e piovosa. Il loro clima presenta nette differenze di temperature e di piovosità tra la stagione delle piogge e la stagione secca. In questa zona, però, si risente marginalmente anche degli effetti del clima della fascia tropicale piovosa, per cui le piogge, seppur minori, sono significative anche nei mesi invernali.

Nelle figure 9, 10 e 11, sono riportati i cumulati medi delle precipitazioni rispettivamente per l'intero anno, per il periodo ottobre-aprile e per il periodo maggio-settembre nella regione di Fianarantsoa che si estende dagli altipiani fino alla costa orientale. La separazione fra i due climi è nettissima: il confine tra gli altipiani (clima tropicale umido e secco) e la costa orientale (clima tropicale piovoso), infatti, coincide con un forte gradiente Ovest-Est nelle isoiete.

Tuttavia, mentre d'estate (figura 10) gli altipiani ricevono tra un terzo e la metà della pioggia

della costa, d'inverno (figura 11) la pioggia ricevuta degli altipiani risulta meno di un decimo rispetto a quella costiera.

Le temperature della zona degli altipiani sono fra le più basse del Madagascar: le medie delle minime (figura 12) stanno tra 9 °C e i 16 °C, mentre le medie annue delle massime (figura 13) si assestano tra i 22 °C e i 27 °C. Anche l'effetto dell'orografia è ben evidente in tutti valori.

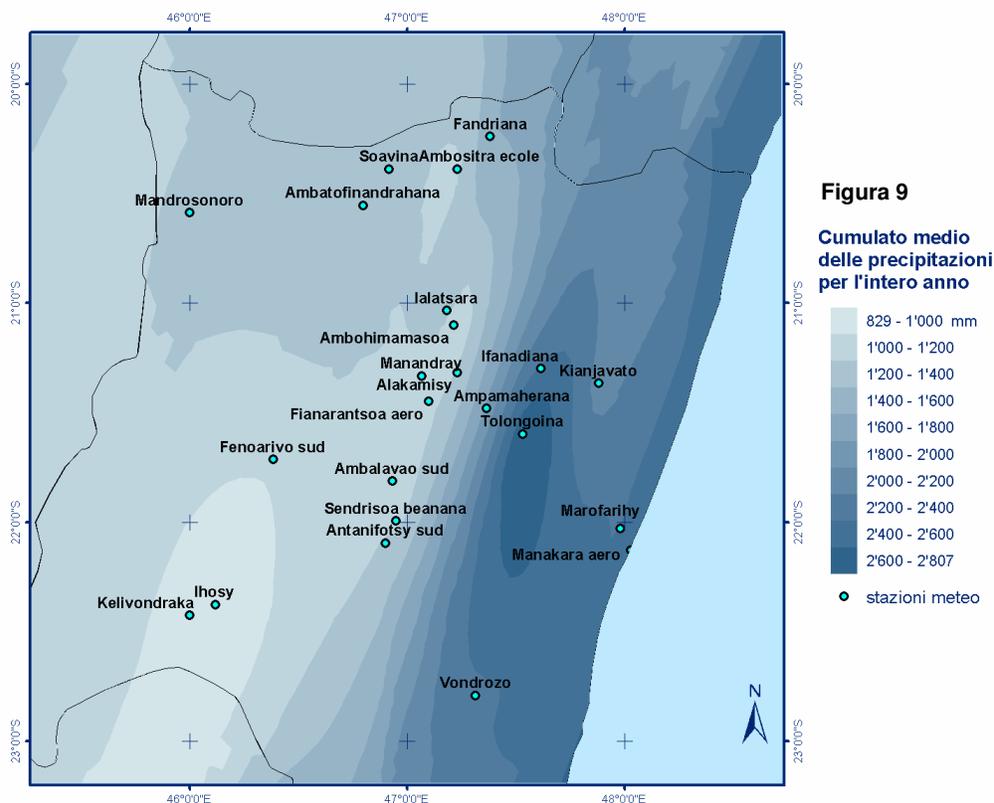
Nelle figure 14 e 15 sono mostrate le temperature di gennaio sugli altipiani centrali.

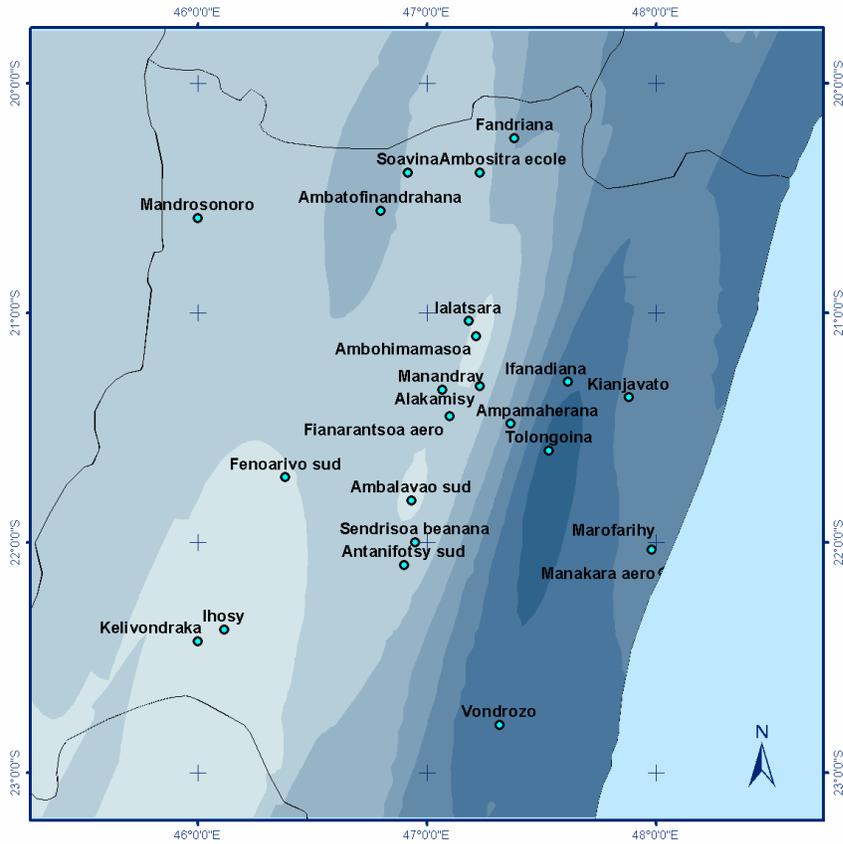
Di minore interesse sono i valori sulla costa che coincidono con quelli tipici del clima tropicale piovoso, già descritto nel capitolo introduttivo.

#### 4.1.2 Il clima della zona viticola

La parte degli altipiani interessati dallo studio sulla viticoltura è una vasta zona con quote variabili tra i 1000 ed i 1600 metri s.l.m. Dal punto di vista climatologico tutta la zona si trova ai margini orientali della fascia climatica tropicale umida e secca, già descritta nel paragrafo sul clima in generale.

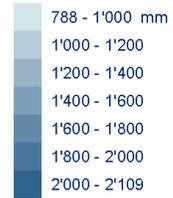
Nelle tabelle 4-11, per le stesse stazioni sono riportati i valori medi di precipitazione, temperatura e umidità.



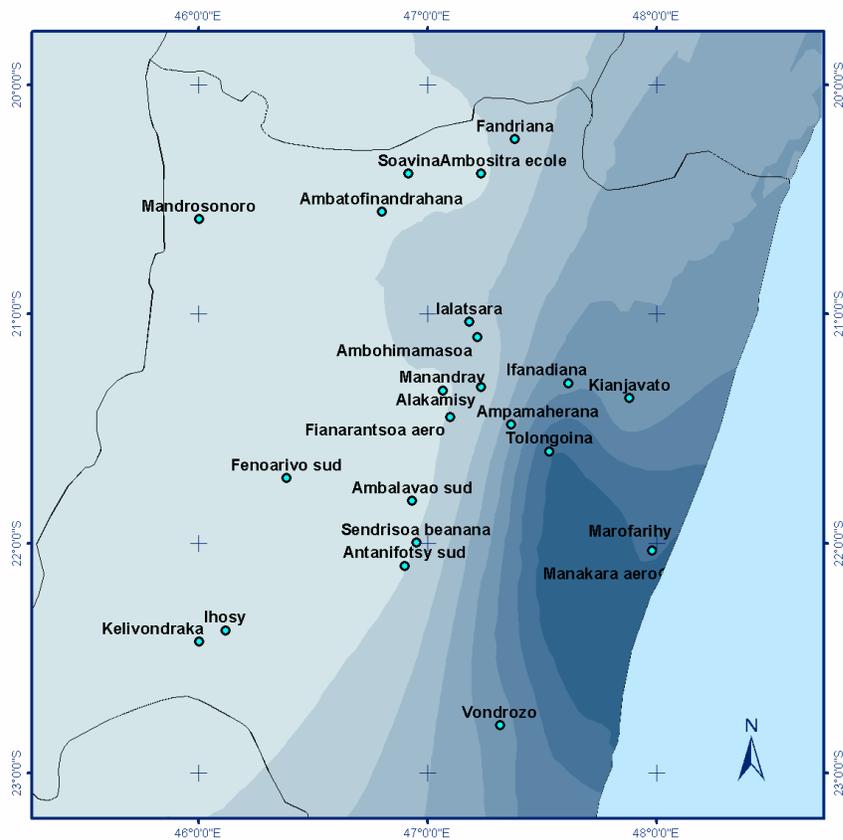


**Figura 10**

**Cumulato medio delle precipitazioni per il periodo ottobre - aprile**

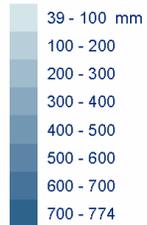


● stazioni meteo

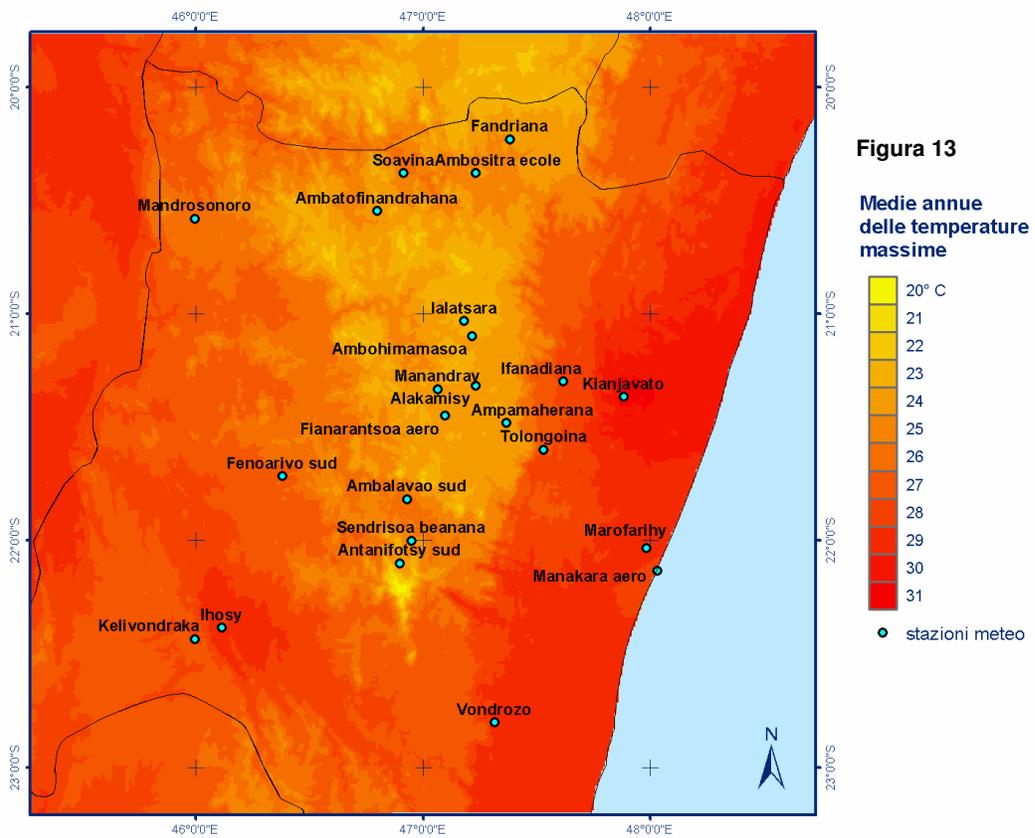
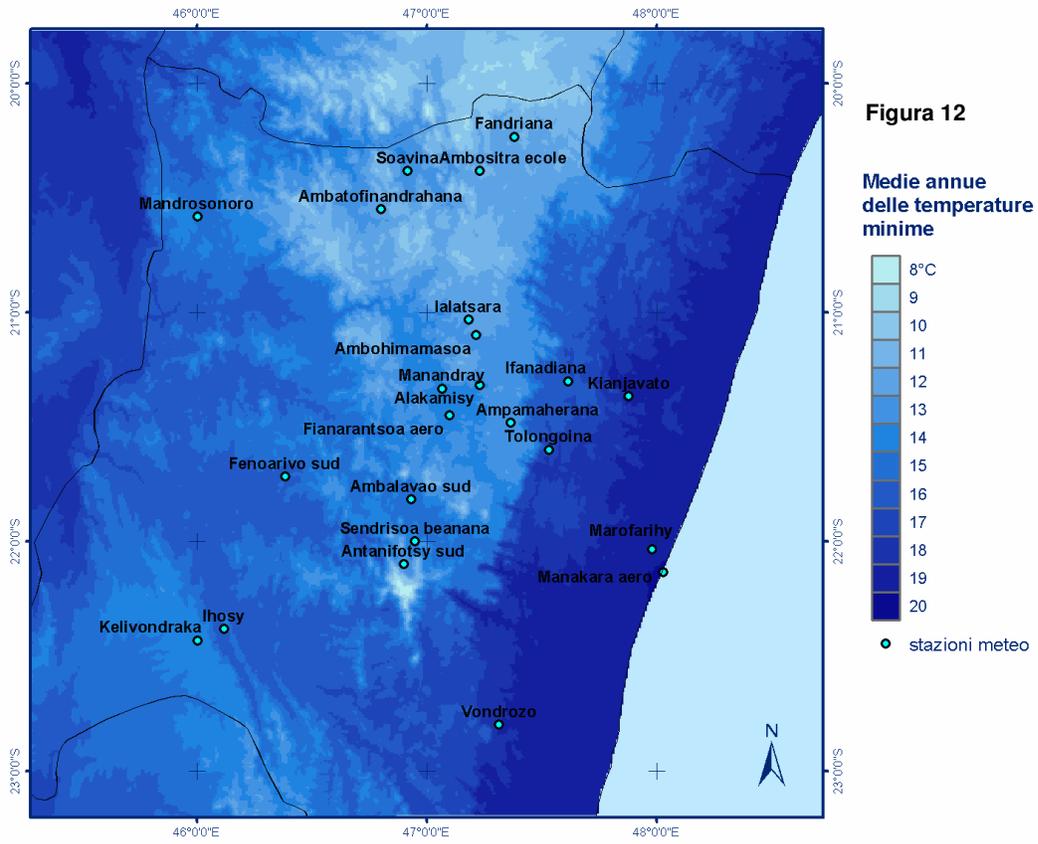


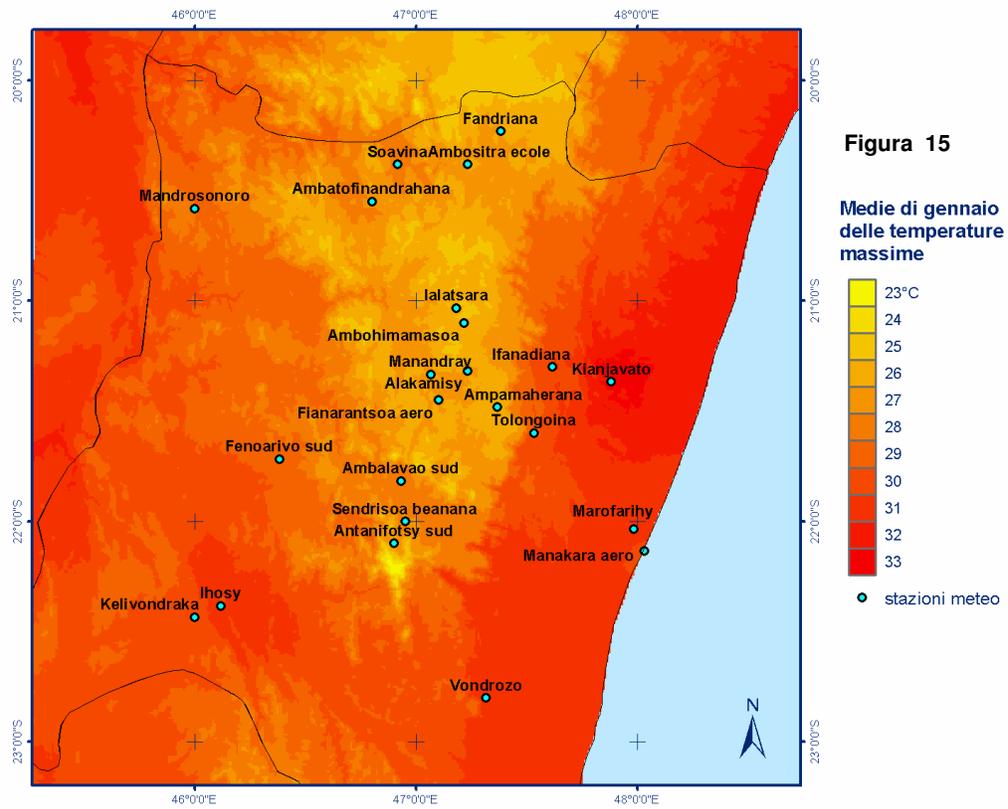
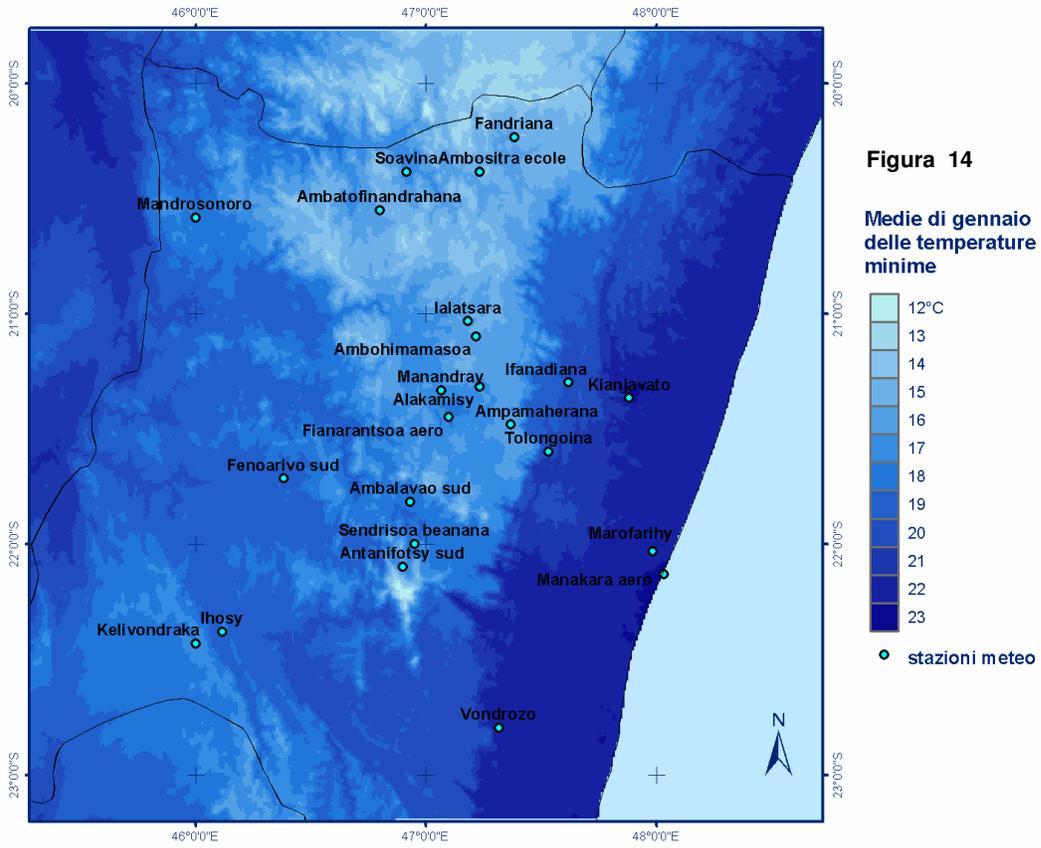
**Figura 11**

**Cumulato medio delle precipitazioni per il periodo maggio - settembre**



● stazioni meteo





Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Ambatofinandrahana	20,8	20,7	19,7	19,3	16,7	-	14,1	13,4	17,1	-	19,9	20,5
Ambositra ecole	20,4	20,4	19,2	18,8	16,7	15,2	14,6	14,6	16,2	18,1	19,2	19,9
Ampamaherana	20,6	20,8	20,1	19,1	16,8	14,6	14,0	14,3	15,9	18,0	19,5	20,4
Antanifotsy sud	19,4	19,3	18,6	17,4	15,0	12,8	12,6	13,1	15,0	17,3	18,5	19,1
Fandriana	20,5	20,5	19,8	18,9	16,4	14,2	13,8	14,0	15,9	18,2	19,6	20,3
Fianarantsoa aero	21,7	21,7	20,9	19,9	17,7	15,5	14,9	15,3	17,1	19,2	20,7	21,5
Ialatsara	19,8	19,6	18,9	17,8	15,6	13,3	12,8	13,5	15,4	17,6	18,6	19,4
Ifanadiana	24,7	24,6	23,5	22,9	20,4	18,2	18,0	18,3	20,0	22,1	23,5	24,5
Ihosal	24,7	24,5	23,8	22,7	20,3	18,0	17,9	18,7	20,7	22,9	24,1	24,5
Kianjavato	26,7	26,3	25,2	24,6	22,4	20,4	19,6	19,9	20,9	23,1	24,6	26,1
Manakara aero	25,9	26,1	26,1	24,2	22,4	20,1	20,6	20,3	21,4	22,5	24,2	25,5
Marofarihy	26,3	26,3	25,7	24,9	22,9	21,0	20,4	20,7	21,7	23,4	24,6	25,7
Soavina	22,5	23,0	21,8	20,9	17,9	16,0	15,8	26,6	18,7	21,1	22,8	22,5

**Tabella 4.** Temperature medie mensili.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Ambatofinandrahana	26,7	26,6	26,0	26,2	24,2	-	21,5	23,2	25,6	-	26,8	26,6
Ambositra ecole	26,3	26,4	25,2	25,1	23,5	22,1	21,2	21,4	23,8	25,4	26,0	26,2
Ampamaherana	25,5	25,7	24,9	24,2	21,9	20,0	19,0	19,6	22,0	24,0	25,2	25,7
Antanifotsy sud	24,6	24,4	23,9	23,4	21,4	19,2	19,0	19,9	22,5	21,6	21,8	21,6
Fandriana	26,0	26,3	25,2	24,8	22,7	20,5	19,8	20,5	23,3	25,5	26,0	26,2
Fianarantsoa aero	26,2	26,1	25,3	24,5	22,6	20,4	19,7	20,4	23,0	25,0	26,1	26,3
Ialatsara	24,8	24,7	23,9	23,1	21,0	18,8	18,0	19,1	21,7	23,8	24,6	24,8
Ifanadiana	30,0	30,0	28,4	28,2	26,1	24,1	23,6	24,2	26,3	28,7	29,6	30,2
Ihosal	30,7	30,3	29,7	29,0	27,0	24,7	24,4	25,6	28,4	30,5	31,1	30,8
Kianjavato	32,1	31,4	30,5	30,2	28,1	26,4	25,3	25,9	36,9	29,1	30,2	31,8
Manakara aero	29,5	29,7	29,7	28,0	26,4	24,3	24,9	24,3	25,8	26,4	28,0	29,1
Marofarihy	31,0	31,2	30,5	30,0	28,4	26,9	26,0	26,5	27,5	28,7	29,6	30,4
Soavina	28,6	29,1	28,0	27,8	25,4	24,1	23,5	24,8	27,3	29,3	29,9	29,1

**Tabella 5.** Temperature massime mensili.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Ambatofinandrahana	31,5	31,0	29,0	29,5	28,6	26,0	26,0	29,0	33,0	31,8	32,5	30,8
Ambositra ecole	29,9	30,9	30,1	29,2	28,2	26,6	26,5	27,2	29,0	31,1	31,6	31,4
Ampamaherana	33,0	32,0	31,5	30,6	29,5	26,3	25,4	27,0	30,0	32,0	32,5	32,2
Antanifotsy sud	30,4	29,4	29,2	28,4	28,6	24,2	24,5	26,9	30,2	32,2	31,6	30,2
Fandriana	32,2	31,2	30,5	29,8	28,3	26,6	27,6	29,3	31,2	31,7	32,6	33,8
Fianarantsoa aereo	32,2	31,5	30,7	30,4	29,6	26,8	25,9	27,4	32,0	32,3	33,5	32,4
Ialatsara	30,6	29,9	29,5	28,4	27,5	25,5	23,4	25,4	28,9	30,4	30,2	30,9
Ifanadiana	35,6	35,5	33,8	34,0	31,9	30,2	28,9	30,6	34,0	34,7	36,2	37,0
Ihosity	35,8	39,7	35,3	34,6	33,8	31,3	31,2	32,5	34,9	36,9	36,4	35,5
Kianjavato	37,6	37,6	35,4	35,5	34,0	31,5	30,9	30,5	32,2	34,8	37,8	37,9
Manakara aereo	33,9	35,0	33,7	33,3	31,2	30,0	28,6	29,2	29,2	30,0	32,9	33,7
Marofarihy	36,3	36,8	35,2	35,3	34,9	31,8	31,9	34,0	32,0	33,3	35,3	35,5
Soavina	31,7	32,0	31,0	30,3	29,8	28,0	27,0	29,5	33,0	34,4	35,5	32,5

**Tabella 6.** Temperature massime estreme.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Ambatofinandrahana	14,8	14,8	13,5	12,8	9,2	-	6,7	7,5	8,7	-	13,1	14,4
Ambositra ecole	14,6	14,4	13,2	12,4	9,9	8,2	8,0	7,8	8,6	10,7	12,4	13,5
Ampamaherana	15,7	15,9	15,3	14,0	11,7	9,1	8,9	9,0	9,9	12,1	13,8	15,0
Antanifotsy sud	14,1	14,1	13,3	11,5	8,6	6,4	6,1	6,3	7,5	10,1	12,1	13,6
Fandriana	15,0	14,6	14,3	13,1	10,2	7,9	7,8	7,4	8,4	10,8	13,2	14,4
Fianarantsoa aereo	17,2	17,2	16,6	15,2	12,7	10,5	10,1	10,2	11,2	13,4	15,3	16,6
Ialatsara	14,8	14,6	14,0	12,5	10,1	7,8	7,6	8,0	9,1	11,3	12,7	13,9
Ifanadiana	19,4	19,2	18,6	17,6	14,7	12,4	12,5	12,3	13,7	15,6	17,4	18,8
Ihosity	18,6	18,7	17,9	16,4	13,6	11,3	11,5	11,8	13,1	15,3	17,2	18,1
Kianjavato	21,3	21,2	19,8	19,1	16,6	14,5	14,0	14,0	14,8	17,1	18,9	20,3
Manakara aereo	22,3	22,5	21,9	20,5	18,4	16,2	16,0	16,0	17,1	18,6	20,3	21,8
Marofarihy	21,6	21,5	20,8	19,7	17,3	15,1	14,8	14,9	15,9	18,0	19,6	20,9
Soavina	16,3	16,9	15,6	13,9	10,4	7,9	8,1	8,3	10,1	12,9	14,8	15,8

**Tabella 7.** Temperature minime mensili.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Ambatofinandrahana	11,5	10,0	6,8	7,8	3,0	0,2	0,2	-0,6	2,5	6,0	2,3	10,4
Ambositra ecole	7,0	8,2	6,8	6,5	1,0	3,0	2,1	1,2	3,0	4,8	7,5	8,2
Ampamaherana	10,0	9,9	9,1	4,3	4,1	2,0	0,5	0,1	1,0	4,5	8,0	8,9
Antanifotsy sud	8,5	6,0	5,0	3,9	1,0	-0,3	-0,2	0,0	0,0	0,0	5,9	8,9
Fandriana	9,5	6,0	8,8	7,9	1,1	1,0	0,4	1,0	1,0	1,5	6,8	9,2
Fianarantsoa aereo	11,7	11,1	9,9	5,3	3,8	0,0	0,8	2,0	3,2	5,6	8,5	12,0
Ialatsara	9,6	9,7	6,3	5,8	3,9	2,2	2,0	1,6	2,7	4,1	6,0	8,6
Ifanadiana	12,0	15,2	12,8	11,0	8,0	2,2	5,5	5,0	7,4	9,1	11,7	12,5
Ihosy	9,0	14,0	11,1	6,9	5,0	0,1	3,0	2,5	4,5	9,1	10,0	14,9
Kianjavato	15,1	16,1	14,5	14,1	8,9	7,8	8,1	9,1	7,0	11,5	11,0	11,5
Manakara aereo	17,9	18,9	18,9	12,6	13,5	10,1	8,6	9,9	10,7	13,7	11,9	18,2
Marofarihy	17,4	17,7	16,7	15,0	10,5	10,0	8,2	10,1	10,2	13,5	12,6	17,0
Soavina	12,2	11,5	11,0	9,0	4,6	-0,8	2,3	3,2	4,0	8,1	10,0	12,3

**Tabella 8.** Temperature minime estreme.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Alakamisy	239,9	232,3	163,5	49,2	34,0	25,1	30,9	28,5	15,0	58,1	114,6	240,6
Ambalavao sud	212,5	172,1	111,2	35,3	17,2	10,9	13,4	10,7	12,2	55,4	136,4	224,1
Ambatofinandrahana	276,5	270,6	155,9	99,6	33,7	11,0	17,5	9,2	21,5	93,7	155,1	271,6
Ambohimamasoa	158,4	178,6	106,5	46,1	27,7	29,4	36,7	32,9	24,2	54,1	97,0	171,8
Amboropotsy	323,5	249,3	188,5	38,5	11,4	8,6	6,2	9,2	13,8	58,3	135,6	316,9
Ambositra ecole	230,2	172,4	115,2	86,7	21,7	12,6	18,0	14,2	12,4	90,9	139,2	226,9
Ampamaherana	335,1	347,5	242,4	77,8	60,6	58,6	81,6	109,8	52,1	73,3	123,2	283,2
Antanifotsy sud	261,0	254,3	141,1	47,6	20,4	12,8	17,3	19,5	23,3	61,6	139,1	242,8
Fandriana	310,0	240,3	193,8	98,2	38,8	20,9	32,4	26,0	25,6	101,5	186,3	312,7
Fenoarivo sud	239,1	190,6	108,6	23,5	11,6	12,1	4,1	5,1	9,3	58,0	114,5	249,1
Fianarantsoa aereo	227,8	220,8	137,6	46,4	27,3	16,5	24,6	21,4	18,0	61,5	124,9	241,4
Ialatsara	233,4	257,0	159,9	63,5	41,8	38,1	55,6	47,7	26,1	67,7	123,4	240,4
Ifanadiana	410,3	410,8	414,3	136,8	85,5	96,1	102,9	106,3	67,7	66,1	170,0	352,0
Ihosy	180,4	172,1	75,0	28,9	14,3	6,4	4,3	4,6	11,2	44,3	98,5	188,7
Kelivondraka	205,1	181,1	96,8	31,0	11,1	4,4	8,1	5,2	9,9	40,6	99,4	174,8
Kianjavato	345,8	374,8	300,1	150,3	70,2	66,9	94,1	89,1	64,1	104,1	172,6	265,9
Manakara aereo	311,4	342,9	303,9	240,2	179,3	154,0	182,1	146,1	112,8	125,4	189,1	240,9
Manandray	212,5	218,9	140,3	35,1	23,1	13,8	15,0	16,2	13,6	55,8	128,2	246,6
Mandrosonoro	297,6	239,0	175,3	36,3	9,2	5,0	7,7	5,4	12,6	52,0	120,0	279,5
Marofarihy	312,0	377,6	341,7	192,0	153,0	129,9	145,5	118,0	89,6	113,0	192,0	226,9
Sendrisoa beanana	218,7	237,7	133,6	43,1	23,9	14,2	19,1	27,5	19,5	49,6	113,5	222,3
Soavina	239,7	203,8	166,3	67,0	23,2	11,8	13,1	8,9	19,9	68,9	156,8	239,6
Tolongoina	430,5	382,6	416,8	146,1	139,4	131,3	146,0	175,4	105,6	114,9	232,4	385,7
Vondrozo	375,3	394,4	373,9	166,1	86,4	99,2	83,5	104,2	71,0	92,1	180,0	323,0

**Tabella 9.** Precipitazioni medie mensili.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Alakamisy	17	18	17	13	10	10	13	10	7	11	13	18
Ambalavao sud	14	11	10	5	3	4	3	3	2	6	10	15
Ambatofinandrahana	14	13	10	6	3	2	2	2	2	7	12	16
Ambohimamasoa	13	14	14	10	6	7	9	9	6	7	13	16
Amboropotsy	16	13	12	4	1	1	1	1	1	5	9	17
Ambositra ecole	17	16	15	12	9	7	8	7	4	11	12	17
Ampamaherana	20	19	21	14	12	12	14	12	8	10	13	20
Antanifotsy sud	17	16	15	8	4	5	6	5	4	7	13	17
Fandriana	20	19	21	19	19	18	19	15	14	16	19	21
Fenoarivo sud	12	9	6	2	1	2	1	1	1	5	9	12
Fianarantsoa aereo	19	19	21	14	11	11	13	12	7	10	15	21
Ialatsara	16	16	17	11	8	8	11	9	5	9	13	17
Ifanadiana	20	18	22	15	13	13	15	12	9	9	16	19
Ihosal	12	10	7	4	2	2	2	1	2	5	8	13
Kelivondraka	9	8	5	2	1	1	1	1	1	3	7	9
Kianjavato	18	17	19	13	12	10	12	12	9	10	13	17
Manakara aereo	19	18	21	18	16	14	17	16	12	13	13	18
Manandray	15	14	12	6	5	5	6	5	4	6	11	16
Mandrosonoro	16	15	11	3	1	1	1	1	2	5	9	17
Marofarihy	13	14	17	11	10	9	12	10	6	8	9	11
Sendrisoa beanana	16	14	15	8	5	5	6	7	4	7	12	16
Soavina	16	13	12	8	3	2	2	1	3	7	13	16
Tolongoina	20	16	20	14	12	13	13	13	9	9	15	20
Vondrozo	16	14	16	12	9	10	10	10	7	8	13	16

**Tabella 10.** Numero di giorni piovosi medi mensili.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lugl.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
Ambatofinandrahana	72	75	73	74	71	68	66	65	60	58	63	72
Ambositra ecole	76	78	79	79	79	79	78	77	73	70	71	75
Ampamaherana	84	85	87	87	85	74	86	83	80	80	82	83
Antanifotsy sud	80	81	81	77	77	75	75	73	67	68	73	78
Fandriana	77	79	80	79	78	79	78	76	71	70	74	77
Ialatsara	81	82	84	83	82	83	84	80	75	74	75	79
Ifanadiana	83	83	85	84	84	84	84	83	79	76	79	82
Ihosal	72	76	75	72	71	71	69	65	59	59	63	69
Kianjavato	77	78	80	81	82	82	82	79	75	74	75	75
Marofarihy	81	83	83	84	82	82	83	81	80	79	79	80

**Tabella 11.** Umidità relativa (%) media mensile.

#### 4.1.2.1 Precipitazioni

La stagione delle piogge inizia ad ottobre; sino a gennaio le precipitazioni si fanno progressivamente più abbondanti, poi decrescono sino ad aprile.

Nel mese di ottobre si osservano con cumulati di precipitazione compresi tra i 50 ed i 100 mm distribuiti su 7-15 giorni. A novembre, i valori si assestano tra 100 mm ed i 200 mm distribuiti su 10-20 giorni. Nel trimestre dicembre e febbraio si osservano valori medi di circa 200-300 mm/mese distribuiti su 15-20 giorni di pioggia al mese. A marzo le precipitazioni somigliano a quelle di novembre e ad aprile, infine, si osservano valori simili a quelli di ottobre.

Un'altra caratteristica delle precipitazioni del territorio è il gradiente positivo da Sud a Nord osservabile principalmente nei cumulati di precipitazione. Si tratta di un gradiente che segue la quota: le precipitazioni, infatti, sono generalmente più elevate nella zona di Fandriana (alle pendici dei monti più alti del Madagascar), mentre risultano più contenute nelle zone vallive meridionali.

#### 4.1.2.2 Temperature

Anche le temperature seguono un ciclo annuale ben evidente: d'estate, le temperature risultano quasi uniformi sia nelle minime che nelle massime; d'inverno, invece, differenze marcate legate alla quota e alla continentalità sono riscontrabili nelle temperature minime, mentre le massime si mostrano ancora una volta piuttosto uniformi.

Tra dicembre e febbraio le temperature medie si assestano tra i 19°C ed i 21°C su tutto il territorio, con massime intorno ai 24°C/26°C e minime sui 14°C/17°C. L'effetto stabilizzante risulta più marcato nelle massime.

Nei mesi successivi le temperature diminuiscono progressivamente sino al trimestre giugno-agosto, caratterizzato da temperature minime che vanno dai 7/8°C delle zone più elevate e dei fondovalle sino ai 10°C delle parti meridionali del territorio in esame. Le massime, invece, stanno comprese tra i 19-20°C ed i circa 23°C.

#### 4.1.2.3 Umidità

Molto interessante, infine, risulta il ciclo dell'umidità. L'umidità relativa, infatti, è uniforme per tutto l'anno, con valori massimi la mattina e minimi a metà giornata. Poiché però le temperature invernali sono più basse, questo indica che il contenuto di vapor d'acqua nell'aria è più elevato d'estate che d'inverno.

Dal punto di vista della viticoltura, tuttavia, il periodo più importante va da ottobre a gennaio-febbraio. In questo periodo, infatti, le temperature crescono progressivamente sino a raggiungere i loro valori massimi annuali.

In questo periodo, però, anche le precipitazioni risultano in crescita sino a raggiungere i valori massimi annuali, per cui la vendemmia si trova a coincidere col trimestre di massima piovosità (dicembre-febbraio).

Questa crescita parallela di temperature e precipitazioni costituisce la differenza più significativa rispetto al clima mediterraneo, sicuramente più vocato alla viticoltura. Nei mesi estivi, infatti, su quasi tutto il Mediterraneo le precipitazioni si riducono fortemente, sino a raggiungere valori prossimi allo zero nel bimestre più caldo dell'estate (luglio-agosto), mentre le precipitazioni (seppure mai così abbondanti come in Madagascar) sono tipiche dei mesi invernali.

A differenza del clima del Madagascar, dunque, il clima del Mediterraneo è caratterizzato da uno sfasamento di circa sei mesi tra il ciclo annuale delle precipitazioni ed il ciclo annuale delle temperature.

## 4.2 ELABORAZIONI AGROCLIMATOLOGICHE

Al fine meglio dettagliare lo studio delle caratteristiche agroclimatiche delle aree viticole, al pari delle considerazioni climatologiche, tutte le analisi sono state focalizzate sull'area degli altopiani centrali, di altitudine superiore agli 800-900 metri, compresa orientativamente tra le cittadine di Ambositra a nord e quella di Ambalavao a sud.

#### 4.2.1 Indice di Winkler

I valori ottenuti per le diverse stazioni sono elencati nella tabella 12.

Stazione	Indice di Winkler ( $\Sigma Ta$ )
Ambositra scuola	1733
Ampamaherana	1799
Antanifotsy sud	1582
Mandriana	1785
Fianarantsoa aeroporto	1991
Ialatsara	1633
Ifanadiana	2513
Ihosal	2562
Kianjavato	2788
Manakara aeroporto	2718
Marofarihy	2788

**Tabella 12.** Valori dell'indice di Winkler per le singole stazioni agrometeorologiche.

I valori calcolati, riportati sulla figura 16, sono stati riferiti ai raggruppamenti secondo "regioni climatiche" stabilite dallo stesso Winkler, mostrati nella tabella 13, e su tale base si è esaminata la distribuzione territoriale.

Zone	Clima	Indice di Winkler ( $\Sigma Ta$ )
1	Freddo	< 1370
2	Moderatamente freddo	1370 - 1650
3	Moderatamente temperato	1650 - 1925
4	Temperato	1925 - 2200
5	Caldo	> 2200

**Tabella 13.** Regioni climatiche di riferimento per l'indice di Winkler.

In termini generali i valori medi dell'indice di Winkler, all'interno dell'area oggetto di studio, hanno avuto la seguente distribuzione:

**Zona 1:** valori inferiori ai 1370 °D sono stati registrati solo marginalmente, nelle aree a maggior quota (generalmente superiore a 1600 m) soprattutto nel settore settentrionale, nei pressi di Ambalavao;

**Zona 2:** da 1370 a 1650 °D: risulta moderatamente estesa questa fascia agroclimatica, in particolare interessa il settore settentrionale dell'area considerata ed è localizzata principalmente su quote altimetriche prossime o superiori a 1400 m;

**Zona 3:** da 1650 a 1925 °D: questa fascia è la più diffusa ed interessa le aree poste a quote intorno a 1200 metri fino a circa 1400, in particolare nel settore centro-meridionale dell'area in esame;

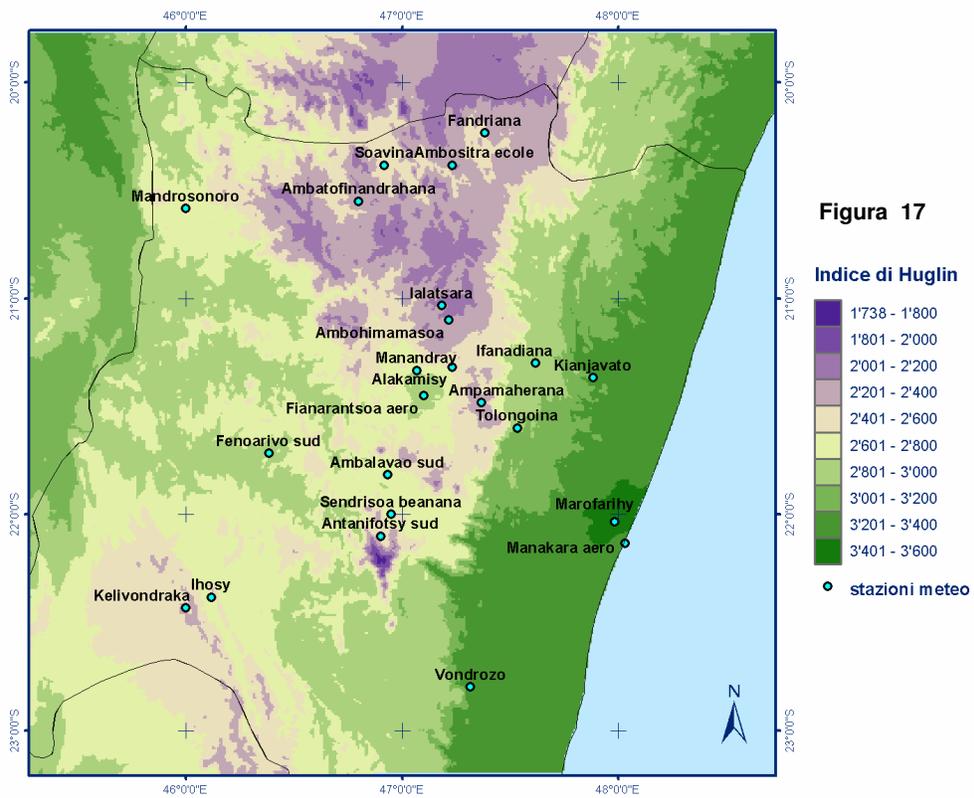
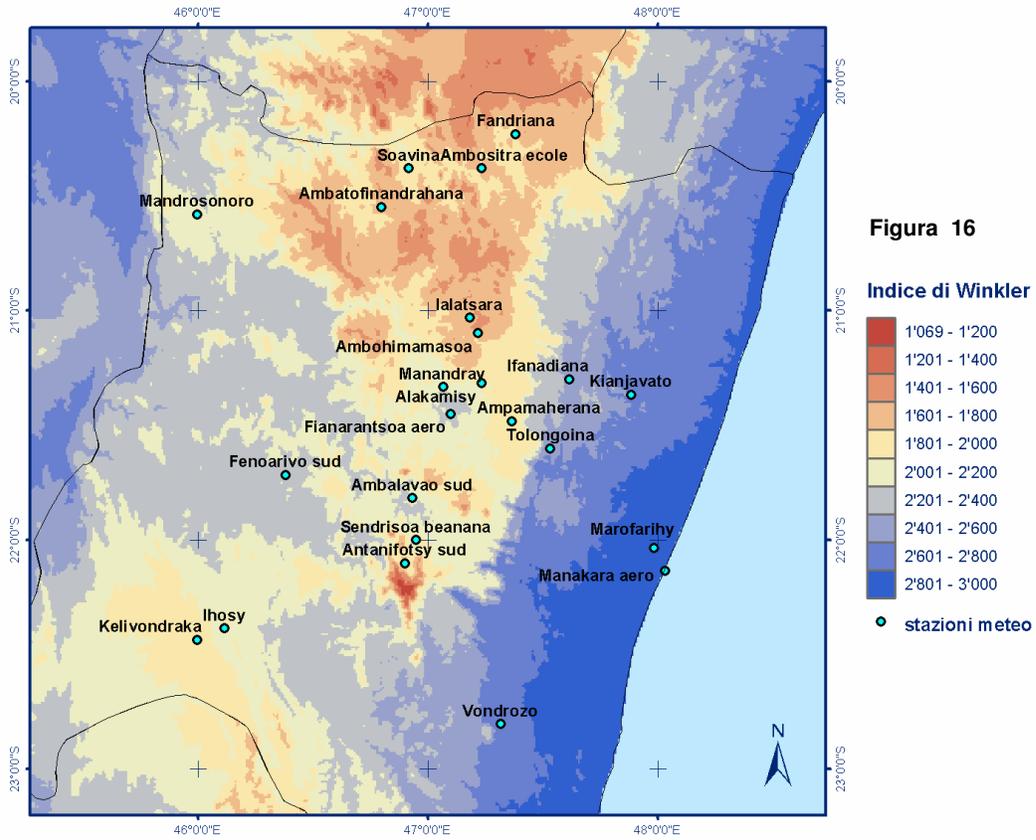
**Zona 4:** da 1925 a 2200 °D: nello stesso settore precedentemente descritto ma su altimetrie di poco inferiori (generalmente comprese tra 1000-1200 m) si registrano valori appartenenti a questa classe;

**Zona 5:** valori maggiori di 2200 °D si riscontrano invece su aree estremamente limitate sugli altopiani, in particolare nelle vicinanze di Ambalavao e di Fianarantsoa, mentre sono alquanto diffusi alle quote inferiori.

Nella tabella 14 sono elencati i diversi obiettivi produttivi in relazione ai valori tipici dell'indice di Winkler.

Obiettivo viti-vinicolo	Valori dell'indice di Winkler
Vini spumanti	1000 - 2000
Vini da tavola leggeri	1200 - 1500
Vini da distillazione	1000 - 1500
Vini da tavola superiori	1800 - 2000
Vini molto alcolici e da dessert	2000 - 2500
Uve da tavola precocissime	850 - 1200
Uve da tavola precoci	1200 - 1350
Uve da tavola Ia e IIa epoca	1350 - 1500
Uve da tavola IIIa e IVa epoca	1500 - 1650
Uve da tavola tardive	1650 - 1950
Uve da essiccare	1950 - 2100

**Tabella 14.** Principali obiettivi viti-vinicoli e relativi valori dell'indice di Winkler .



#### 4.2.2 Indice di Huglin

Il calcolo dell'indice agroclimatico di Huglin limitatamente alle singole stazioni ha prodotto i risultati elencati nella tabella 15.

Stazione	Indice di Huglin
Antanifotsy sud	2151
Ialatsara	2172
Ampamaherana	2325
Ambositra ecole	2360
Mandriana	2382
Fianarantsoa aero	2484
Ifanadiana	3089
Manakara aero	3116
Ihosy	3211
Marofarihy	3299
Kianjavato	3357

**Tabella 15.** Valori dell'indice di Huglin per le singole stazioni meteorologiche.

Dall'esame dei valori sull'intero territorio regionale (figura 17) si rileva che la regione è differenziata in 4 fasce distinte:

**Fascia 1:** valori minori di 2000 °D: sono raramente presenti nell'area se non alle quote più elevate;

**Fascia 2:** da 2000 a 2200 °D: si ritrova generalmente nelle aree a nord di Fianarantsoa, ed interessa, in maniera irregolare, soprattutto le località collocate intorno alla fascia altimetrica dei 1400 m;

**Fascia 3:** da 2200 a 2400 °D: interessa buona parte delle rimanenti aree collocate nel settore centro-settentrionale, ubicate nella fascia altimetrica che comprende i 1200 m;

**Fascia 4:** valori maggiori di 2400 °D: sono particolarmente concentrati nel settore meridionale dell'area considerata ed in particolare nell'intorno di Fianarantsoa e di Ambalavao, a quote altimetriche prossime ai 1000 m, dove si raggiungono persino valori di circa 2800 °D;

L'elevata disponibilità eliotermica, disponibile nell'areale di Fianarantsoa, potrebbe essere utilizzata per la coltivazione sia di vitigni tardivi caratterizzati da impor-

tanti esigenze (ad esempio: uve da essiccare), sia per vitigni precoci e precocissimi, con i quali è possibile anticipare molto l'epoca di maturazione.

Nella tabella 16 sono indicati i valori dell'indice necessari per le diverse tipologie di prodotto.

Obiettivo viti-vinicolo	Valori dell'indice di Huglin
Vini spumanti	1200 - 1500
Vini da tavola leggeri	1300 - 1500
Vini da distillazione	1500 - 2000
Vini da tavola superiori	1500 - 2000
Vini molto alcolici e da dessert	2000 - 2800
Uve da tavola precocissime	1200 - 1500
Uve da tavola precoci	1200 - 1500
Uve da tavola Ia e IIa epoca	1500 - 1750
Uve da tavola IIIa e IVa epoca	1750 - 2000
Uve da tavola tardive	2000 - 2800
Uve da essiccare	2000 - 2800

**Tabella 16.** – Principali obiettivi viti-vinicoli e relativi valori dell'indice di Huglin.

#### 4.2.3 Indice di Fregoni semplificato (escursioni termiche)

L'escursione termica media annua evidenzia (figura 18) valori più elevati nell'area meridionale all'interno del settore considerato, dove raggiunge i 14 °C, mentre risulta più contenuta nella parte settentrionale, dove frequentemente si riscontrano 11-12 °C. Nella stagione estiva invece si verifica un andamento differente: nei mesi di dicembre, ed in particolare gennaio (figura 19) e febbraio (figura 20), in cui avviene la maturazione dell'uva secondo il grado di precocità del vitigno, le escursioni termiche mensili risultano più contenute nel settore centro-meridionale, in particolare nell'intorno della stazione di Fianarantsoa, dove si registrano mediamente 9-10 °C, rispetto alle aree settentrionali dove si registrano circa 11-12 °C (es. zona di Ambositra).

#### 4.2.4 Indice idrotermico di Branas

Come si evince dalla figura 21, benché esista una certa variabilità all'interno del territorio, peraltro contenuta se si restringe l'analisi all'interno dell'area oggetto di studio degli altipiani, che in particolare rispecchia il campo delle precipita-

zioni, i valori che si ottengono per quest'indice appaiono poco significativi in quanto anche il valore minimo, supera di tre volte la soglia massima prevista per l'indice stesso. Infatti secondo la formulazione dell'autore i valori superiori a 5100 dovrebbero corrispondere ad attacchi molto forti da parte della Peronospora della vite. Per tali ragioni in tutta la regione oggetto di studio si dovrebbero utilizzare solo vitigni particolarmente resistenti a tale patogeno.

#### 4.2.5 Evapotraspirazione di riferimento

I risultati della spazializzazione (figura 22) mostrano come la zona immediatamente limitrofa alla stazione di Fianarantsoa Aero, sia una di quelle che registrano i più limitati valori dell'evapotraspirazione di riferimento annui, inferiori a 1400 mm. Nelle aree circostanti, all'interno dell'altopiano centro-meridionale ove maggiormente è presente la vite, si registra una ETo di poco superiore, che raggiunge i 1450 mm. L'analisi dei dati mensili evidenzia un picco per il mese di dicembre (figura 23), durante il quale si registrano valori intorno a 130-140 mm per l'area centro-meridionale, e di circa 150-160 nelle località più a nord, ed a maggior quota. I valori totali per i 5 mesi primaverili-estivi (figura 24), in cui si compie il ciclo della vite, presentano una distribuzione spaziale simile a quella di dicembre, con valori di circa 700-750 mm per la maggior parte del territorio in esame, fino a circa 800 per le località più settentrionali.

#### 4.2.6 Consumi idrici della vite

L'analisi dei consumi idrici (figura 25), ottenuti attraverso l'applicazione dei coefficienti colturali mensili mostra come la zona immediatamente limitrofa alla stazione di Fianarantsoa Aero, sia una di quelle che misura i più limitati consumi idrici colturali, con un range fra i 418 e i 440 mm. Nella parte sud il fenomeno è maggiormente marcato e riguarda le aree circostanti le stazioni di Antanifotsy sud e Sendrisoa Beanana.

In generale, tutto l'areale di coltivazione della vite, varia in un range fra i 418 mm e i 480 mm, con i maggiori consumi idrici localizzati nel settore settentrionale.

### 4.3 PEDOLOGIA

I dati pedologici disponibili per lo studio del territorio sono risultati limitati ad aree circoscritte e spesso di difficile localizzazione geografica. Tale condizione non ha consentito di effettuare uno studio pedologico completo, ma le informazioni a disposizione hanno permesso comunque di descrivere le principali caratteristiche pedologiche.

Come brevemente accennato tra i fattori pedogenetici che hanno esercitato gli effetti più significativi sulle caratteristiche dei terreni, quelli climatici rivestono un ruolo decisivo. L'elevata piovosità risulta infatti responsabile dell'alterazione idrolietica delle rocce presenti e dei processi di ferralizzazione ed idromorfismo.

L'insieme di questi processi ha determinato la formazione di suoli acidi, poco profondi e con limitato sviluppo della lettiera.

Studi pedologici effettuati in aree vitate del Madagascar definiscono 3 principali profili di suolo, come riportato nella tabella 17.

Benché questi profili siano particolarmente diversi, presentano un punto in comune rappresentato dalla tessitura, di tipo argillo-limoso. La componente argillosa, infatti, varia dal 40 al 45%, quella limosa dal 20 al 30%, mentre le frazioni sabbiose rappresentano il 20% del totale.

Nel complesso la matrice pedologica mostra un'elevata capacità di scambio cationico e una forte propensione alla ritenzione idrica.

Esaminando più in dettaglio le diverse aree, nelle zone viticole di Ambalavao si rileva un profilo omogeneo nei primi 30 cm e dal punto di vista della tessitura, il suolo è di tipo limo argilloso con una proporzione fra gli elementi fini e grossi è equilibrata. Inoltre si osserva una ridotta disponibilità di elementi minerali, ed il pH mostra una reazione nettamente acida con valori di circa 5,0.

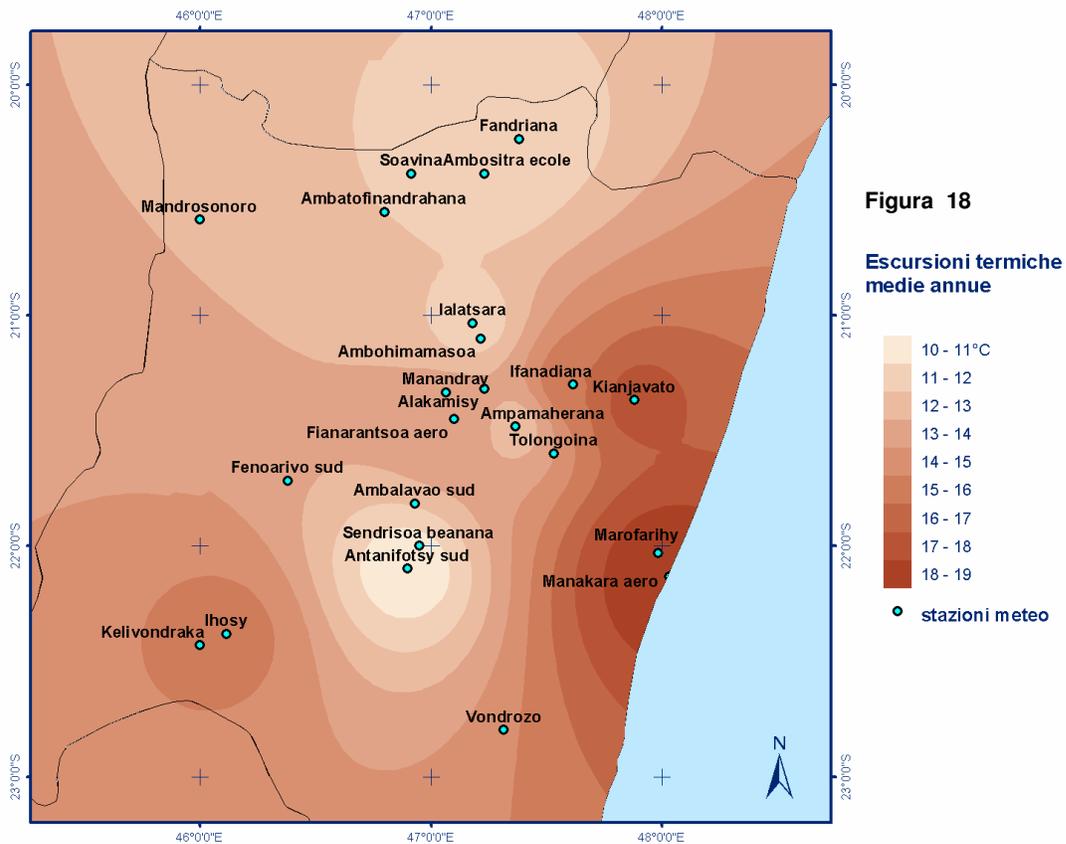
Nei territori di Antsirabè e Fianarantsoa si possono distinguere due differenti profili: il primo, che interessa i primi 15 cm è limo argilloso, omogeneo, bruno rossastro; il secondo è limo argilloso, omogeneo, maggiormente rossastro. La precipi-

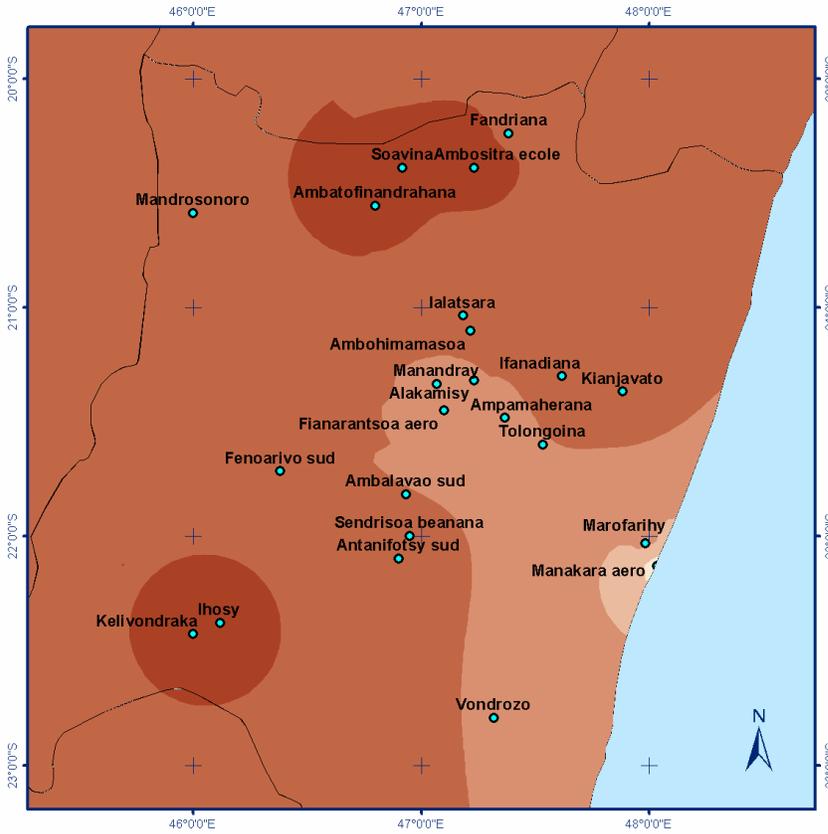
tazione degli elementi nutritivi e lo scambio cationico fa sì che su questo tipo di

suolo la reazione sia piuttosto acida, con un pH inferiore a 4,5.

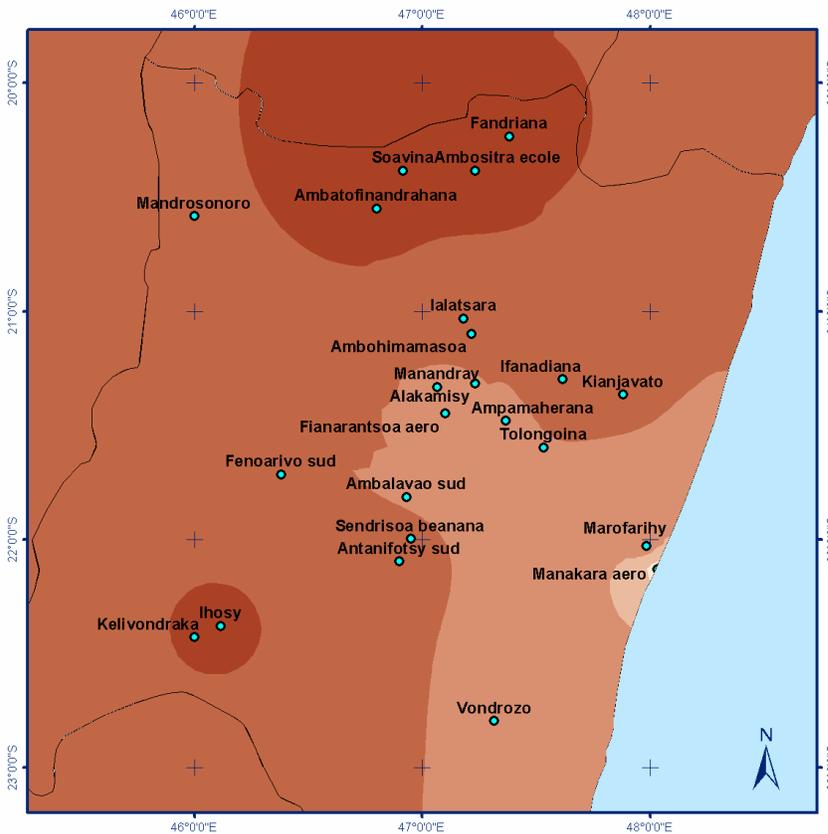
Profilo	Profondità (cm)	Caratteristiche
1	0 - 25	orizzonti bruno scuri, fini, mobili, presenza di radici orizzonti bruni, fini, mobili orizzonti bruni, fini, mobili sabbie brunaste, maggiormente fini
	25 - 50	
	50 - 75	
	75 - 100	
2	0 - 125	Omogeneo, bruno, limoso, fragile
3	0 - 25	Omogeneo, bruno, fragile, compatto Omogeneo, bruno più chiaro, fragile, compatto orizzonti bruni dall'interno chiaro, compatti orizzonti bruni, compatti
	25 - 50	
	50 - 75	
	75 - 100	

Tabella 17. Caratteristiche dei profili pedologici principali.



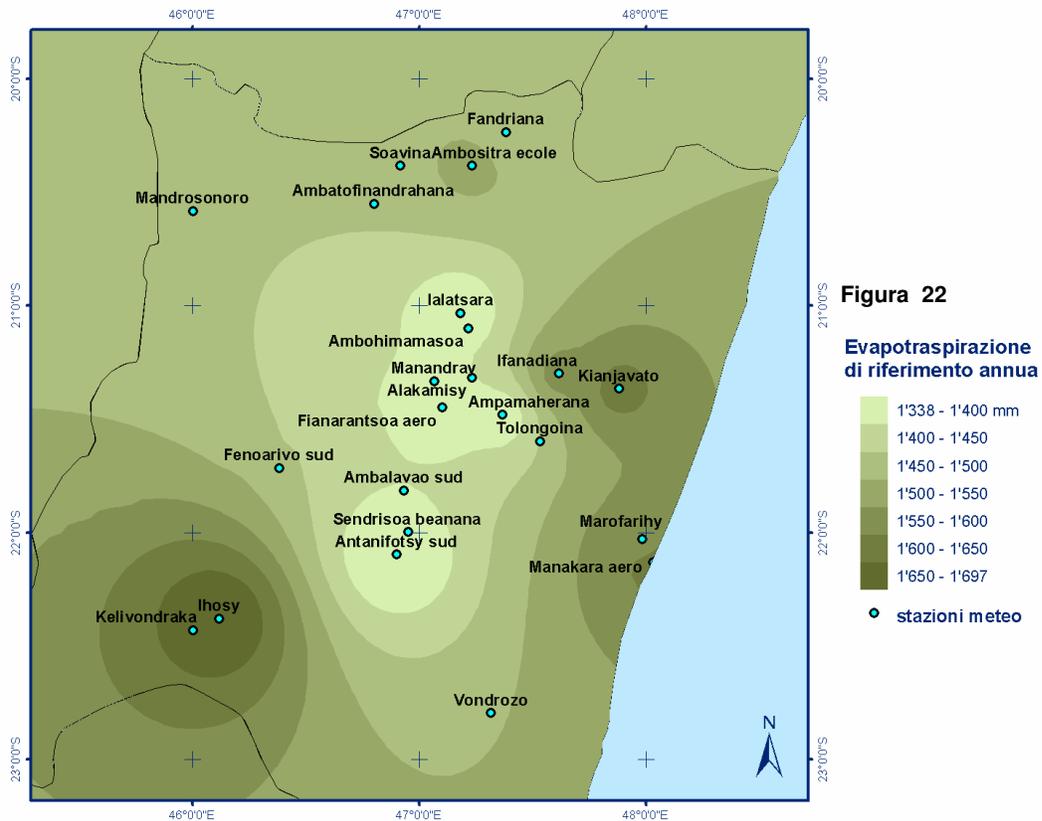
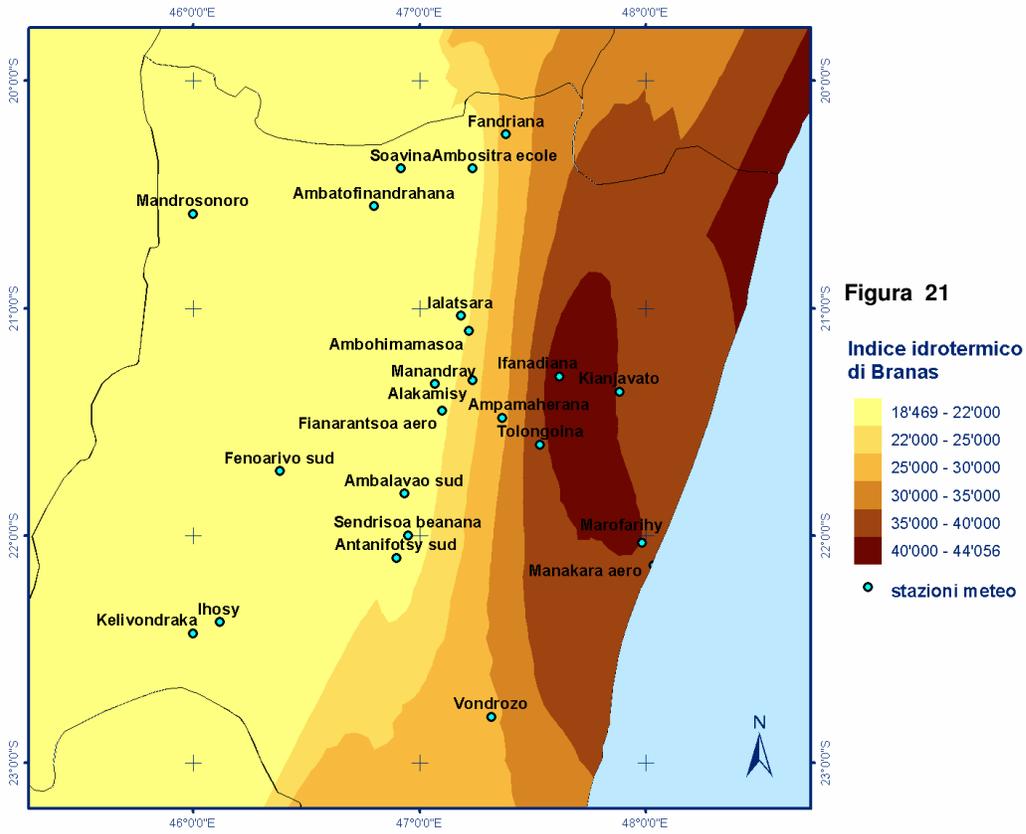


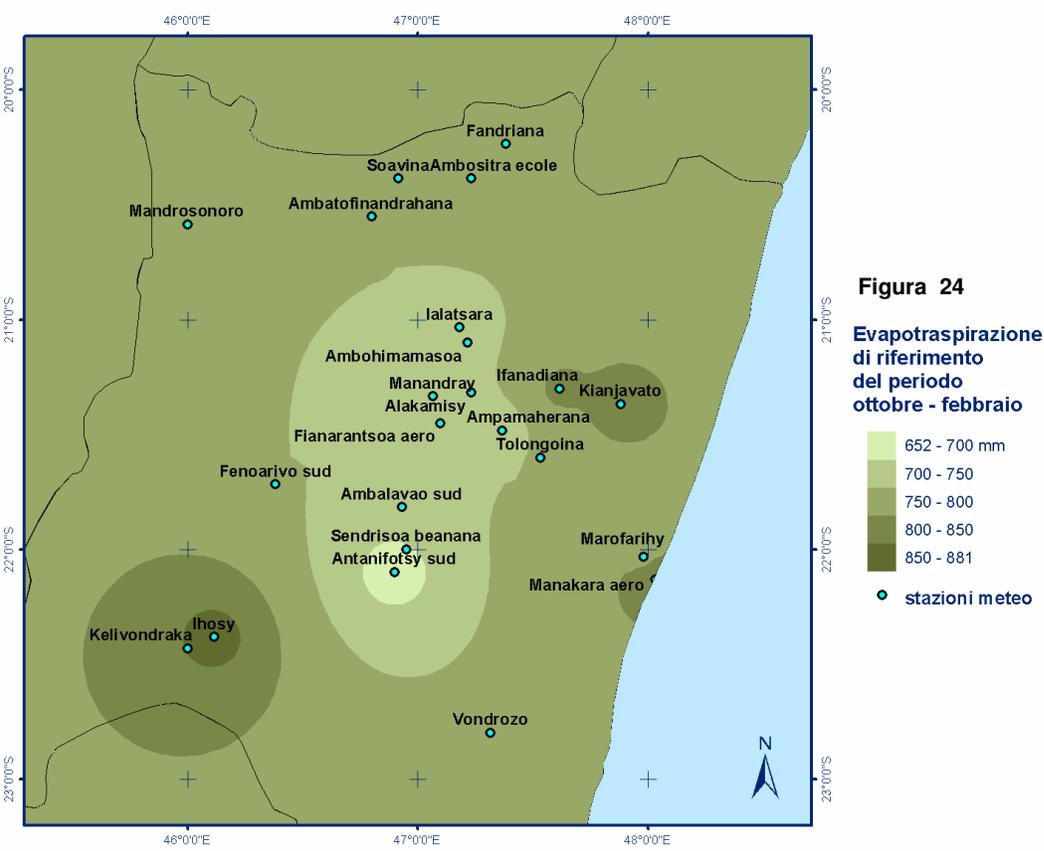
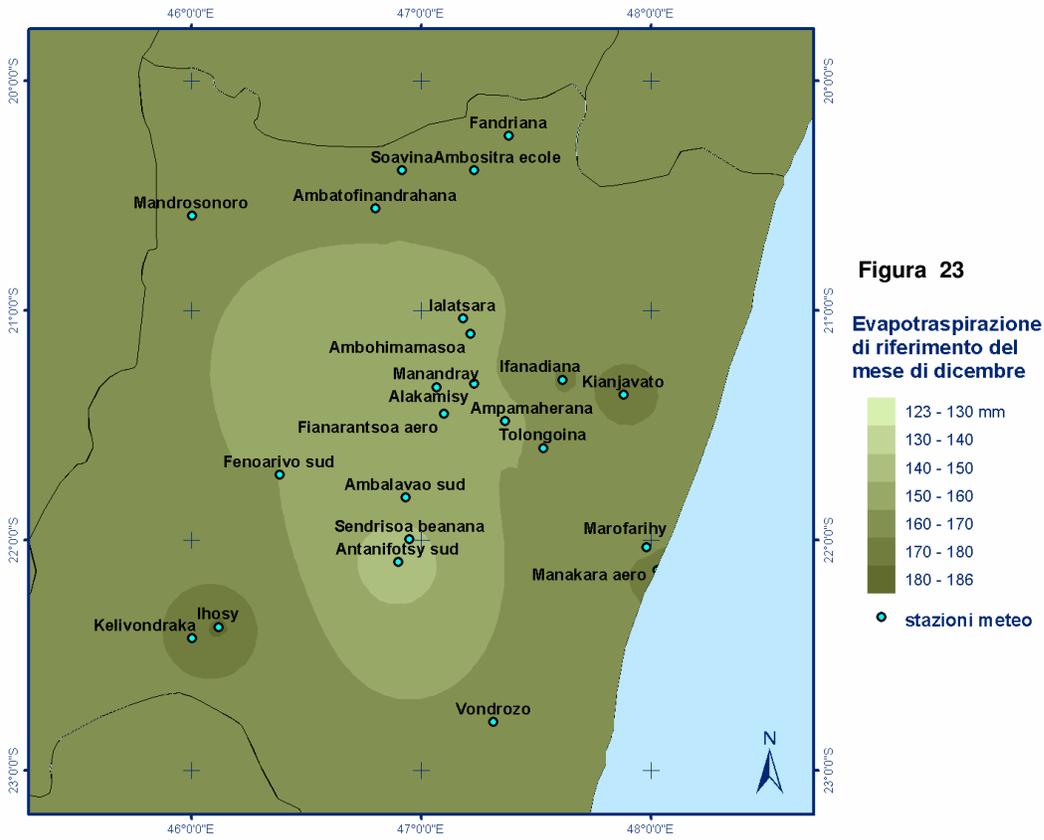
**Figura 19**  
Escursioni termiche medie del mese di gennaio

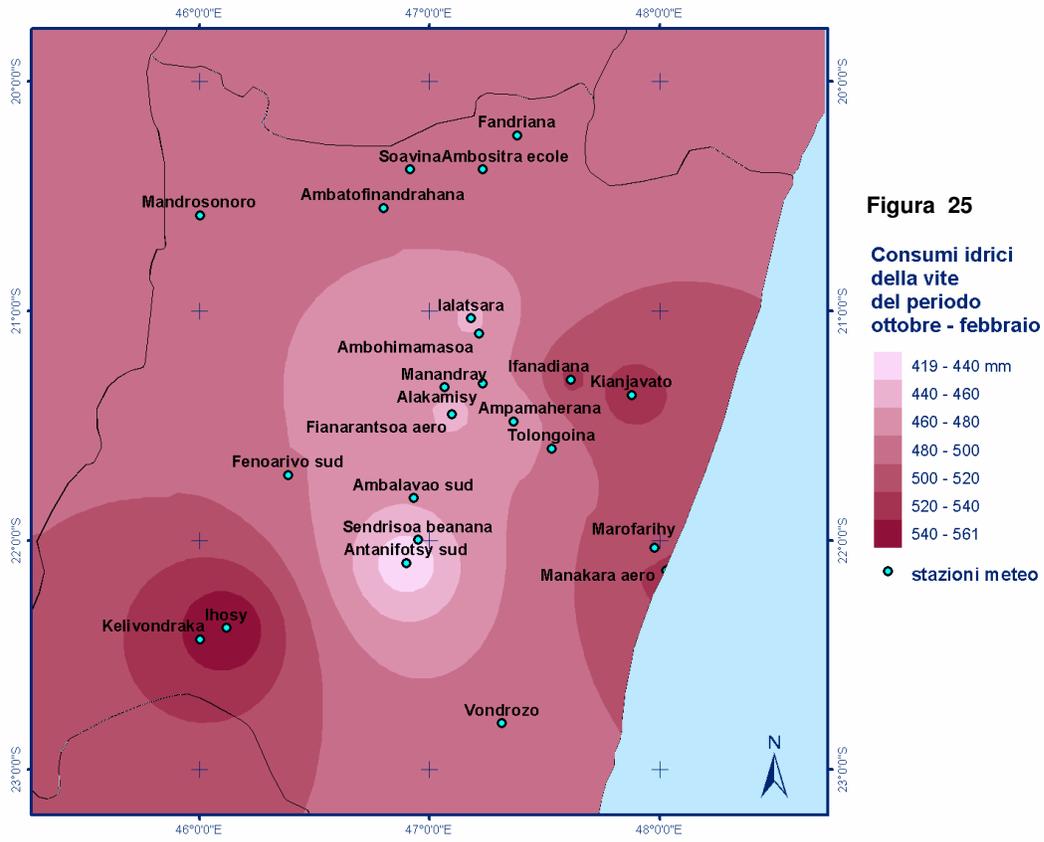


**Figura 20**  
Escursioni termiche medie del mese di febbraio









## 5 Conclusioni ed indicazioni propositive

Lo studio condotto ha consentito di realizzare una macrozonazione del territorio della provincia di Fianarantsoa, cioè di suddividere tale area in zone omogenee dal punto di vista climatico e pedologico. Questo risultato diventa preliminare a qualsiasi studio di programmazione del territorio, di scelta della coltivazione e delle tecniche di gestione agronomica. A questo proposito la caratterizzazione delle aree dell'isola consentirà in futuro la programmazione di nuovi impianti di vigneti ma anche di altre specie vegetali sulla base delle specifiche esigenze ambientali, nonché della storia e delle tradizioni del Paese.

La scelta del vitigno, fattore che maggiormente influenza la qualità del prodotto finale, può essere affrontata sia facendo riferimento al mercato straniero, che individuando tra i vitigni attualmente coltivati, quelli più meritevoli dal punto di vista qualitativo, considerando in particolare modo le varietà tradizionali dotate di alta adattabilità ambientale. Inoltre, è necessario sottolineare che l'ottenimento di una produzione vinicola di qualità rappresenta il risultato oltre che di una corretta scelta varietale e della razionale conduzione agronomica del vigneto, delle tecniche adottate nella successiva fase di vinificazione ed invecchiamento. Il presente studio si limita ad esprimere alcune considerazioni e suggerimenti sulle più opportune scelte da adottare per l'ottenimento di una materia prima ottimale rispetto alle condizioni ambientali presenti.

Sulla base delle informazioni acquisite ed elaborate si evince come il territorio oggetto di studio, nel suo complesso, è caratterizzato da un lato da una disponibilità termica idonea all'impiego di un'ampia gamma di vitigni, come si rileva dall'analisi degli indici di Winkler e Huglin, che esprimono la potenzialità energetica del clima. Anche le potenzialità climatiche che influenzano la qualità, espresse dai valori delle escursioni termiche dei mesi che precedono la vendemmia risultano adeguate all'ottenimento di produzioni di buona qualità.

Per quanto riguarda le disponibilità termiche, in definitiva, si può affermare che sia lo sviluppo che la maturazione dei frutti non ne risultano condizionati negativamente. Potrebbero manifestarsi dei problemi legati alla mancanza di freddo invernale soprattutto nelle zone più calde. Per ovviare a tale problema la coltivazione della vite potrebbe innalzarsi di quota, dove possibile, oppure si dovrebbero utilizzare le tecniche di defogliazione manuale o chimica che possono consentire l'accumulo di amido nei tessuti di riserva.

Analizzando congiuntamente i consumi idrici e gli apporti di pioggia si evidenzia inoltre come questi ultimi mediamente siano sensibilmente superiori ai consumi, indicando perciò una condizione di surplus idrico e la non necessità dell'irrigazione, se si eccettuano condizioni particolari legate alla variabilità interannuale.

L'analisi delle precipitazioni mostra invece come l'abbondanza che caratterizza l'intero ciclo colturale ed in particolare i mesi in cui si verifica la maturazione, rappresenta un fattore critico per l'ottenimento di produzioni con buone caratteristiche qualitative.

Infatti, le condizioni di surplus idrico, soprattutto nelle fasi successive alla fioritura risultano pregiudizievoli all'ottenimento di buoni risultati qualitativi in quanto diluiscono la concentrazione del succo negli acini.

Inoltre, l'indice bioclimatico di Branas, sebbene calibrato su standard climatici europei, evidenzia un altro aspetto legato alle abbondanti precipitazioni: la potenzialità infettiva delle malattie funginee legate alle condizioni di elevata umidità, ed in particolare della *Peronospora* della vite. L'indice di Branas, come si evince dalla relativa figura, assume valori notevolmente superiori a quelli che normalmente si registrano per esempio nelle condizioni climatiche europee, a testimoniare l'alta virulenza del patogeno.

Le caratteristiche pedologiche del territorio oggetto di studio, paiono generalmente buone, anche se la carenza di elementi nutritivi richiede adeguati interventi di fertilizzazione; un discorso a parte meri-

tano i suoli con pH particolarmente basso, piuttosto diffusi nell'areale di coltivazione, fattore che potrebbe rivelarsi limitante per il buon esito della coltivazione e comunque richiedere la scelta di vitigni o l'adozione di portinnesti tolleranti all'acidità o l'esecuzione di interventi correttivi (calcitazioni).

Esaminate le componenti ambientali singolarmente, la scelta dei vitigni più idonei dovrebbe scaturire da una sintesi delle informazioni nel loro insieme, in quanto l'analisi delle singole grandezze e degli indici derivati porterebbe a conclusioni di volta in volta differenti.

Nel complesso, dunque, tenendo conto delle disponibilità climatiche e delle caratteristiche pedologiche, nonché dei relativi fattori limitanti, si possono esprimere le seguenti considerazioni:

L'impiego dei vitigni europei (*Vitis vinifera*), dotati di ridotta resistenza alle infezioni crittogamiche è proponibile solo in circoscritte situazioni, ossia laddove è possibile un impiego costante ed elevato di prodotti fitosanitari. Tra i vitigni più plastici e che in diverse aree equatoriali del globo hanno fornito interessanti risultati figurano i vitigni internazionali quali il Cabernet Sauvignon, ed il Syrah, più plastici anche nella successiva gestione in cantina. Da rimarcare però che il costo degli interventi di difesa potrebbe ridurre notevolmente la redditività della coltura. In definitiva quindi l'impiego dei vitigni europei richiederebbe un'attenta ricerca delle nicchie di terroir, possibile attraverso uno studio di maggior dettaglio delle caratteristiche pedoclimatiche.

L'attuale coltivazione della vite in Madagascar è basata prevalentemente sull'uso di ibridi tra *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca*. Questi ibridi si caratterizzano per l'elevata resistenza ai patogeni, con una conseguente riduzione dei costi per il portinnesto e per gli interventi di difesa dall'Oidio, Peronospora e Antracnosi, ma evidenziano dei limiti sulla qualità finale della produzione con un ridotto livello di zuccheri ed una gran quantità di pectine. La coltivazione della vite in Madagascar potrebbe pertanto continuare a basarsi sull'impiego di questi ibridi che tradizionalmente sono utilizzati nel Paese, nonché su nuo-

vi vitigni ibridi, recentemente selezionati in Europa.

A tal proposito si ritiene opportuno riferire dello studio finanziato dalla Commissione Europea relativo alla selezione di nuove varietà interspecifiche adatte alla produzione di vini di qualità.

Tale studio, condotto da un gruppo di esperti provenienti da 3 paesi (Francia, Germania e Ungheria), ha posto in evidenza come benché la maggior parte delle varietà interspecifiche presenti alcuni seri inconvenienti e produca vini di scarsa qualità, alcune di esse risultino adatte a produrre vini di buona qualità, purché coltivate e piantate in zone adeguate, con pratiche colturali molto rigorose ed attente, e la vinificazione ed invecchiamento siano effettuati correttamente.

## 6 Bibliografia e allegati

- B.D.P.A, Perspectives de developpement viticoles dans la vallee d'isandra, Bureau pour le developpement de la production agricole, B.D.P.A., Fianarantsoa, 1964.
- Bavaresco L. et al., Comportamento produttivo di cloni di chardonnay, Pinot nero e Sauvignon, L'informatore Agrario, n. 21, 2004
- Brancadoro L., Failla O., Dinamiche meteorologiche e climatiche e maturità fenologica dell'uva, Meteorologia clima e viticoltura, supplemento a L'informatore agrario, n.14, 2003.
- Charpentier H., Razanamparany C., et al, Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar - rapport de campagne 2000/2001 et synthèse des 3 années du projet, Cirad, TAFA, FOFIFA, 2001.
- Collins F. C., A comparison of spatial interpolation techniques in temperature estimation. Proceedings of the Third International Conference Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. January 21-25, Santa Fe, New Mexico, USA, 1996.
- Commissione delle Comunità Europee, Relazione della commissione al Parlamento europeo e al Consiglio "sull'impiego di varietà interspecifiche di vite alla produzione di vini di qualità prodotti in regioni determinate", Bruxelles, COM 838, 2003.
- Costabile S., L'uso dello Strumento "geostatistical analyst" come supporto alle decisioni in campo ambientale, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Conferenza ESRI, Italia, 2003.
- Drew R., International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits, ISHS Acta Horticulturae, Drew, 2002.
- Eynard I., Dalmasso G., Viticoltura moderna. Hoepli, Milano, 1990.
- FAO Solis Bulletin 73, agro-ecological zoning, Roma, 1996
- Fregoni M. et al. Ricerca pluridisciplinare per la zonazione viticola della Val Tidone (Piacenza, Italia). Vignevini, n. 11, 1992.
- Fregoni M., Viticoltura di qualità - Edizioni L'informatore Agrario s.r.l., 1999.
- Fregoni M., Adattamento della *vitis vinifera* ai climi tropicali ed equatoriali, Vignevini L'informatore Agrario, n. 45, 2002.
- Fregoni M., Schuster D., Paoletti A., Terroir Zonazione Viticola trattato internazionale, Phytolime, Piacenza, 2003.
- Hargreaves, G.H. and Samani, Z.A., Estimating Potential Evapotranspiration. Tech. Note, J. Irrig. Drain. Eng. 108(3):225-230, 1982.
- Howell G. S., Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship, Honorary research lecture, ASEV Annual meeting, Reno, Nevada, 1999.
- Husson O., Andriamahanina M., Rakotondralambo T. et al., Diffusion of direct planting on permanent soil cover the direct seeding group of Madagascar (GSDM), Cirad, Antsirabe, 2003.
- Johnston K. et al., Using ArcGis Geostatistical Analyst, ESRI, USA, 2001.
- Joly D., Nilsen L., Fury R., Elvebakk A., Brossard T., Temperature interpolation at a large scale: test on a small area in Svalbard. International Journal of climatology, n.23, 2003.
- Loisy L., La viticulture malgache en 1961-1962, Institut de recherches agronomiques a Madagascar, Division d'amélioration des plantes, Antananarivo, 1964.
- Mancini M., Orlandini S., Moriondo M., Maracchi G., Caratterizzazione bioclimatica di ecosistemi viticoli. Notiziario AIAM, n.1, 2001.
- Mancini M., Fattori climatici e meteorologici che condizionano la coltivazione della vite, Master in Meteorologia Applicata, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, 2003.
- Matassa, P., Di Lena B., Antenucci F., Gli indici bioclimatici applicati in un primo studio sulle potenzialità viticole dell'Abruzzo. Vignevini, 3:37, 1992.
- Michellon R., Rakotondralambo P., et al. Cropping systems on permanent soil cover for Madagascar highlands, Cirad, Antsirabe, 2003.

- Minelli R., Aspetti metodologici del rilevamento pedologico per le zonazioni viticole, Zonazioni viticole, supplemento a L'informatore agrario, n.16, 1999.
- Minelli R., La grande variabilità dei suoli vitati, Zonazioni viticole, supplemento a L'informatore agrario, n.16, 1999.
- Palese A., sintesi da "Il marketing del vino in Europa: consumi, canali, distributori e imprenditori", Nomisma, aprile 2003 da L'informatore agrario, n.18, 2003.
- Papademetriou M.K., Dent F. J., Grape Production in the Asia-Pacific region, Expert consultation on Viticulture in Asia and the Pacific, Bangkok, 2000.
- Pastore R., La zonazione per la promozione complessiva di un territorio vitato, Zonazioni viticole, supplemento a L'informatore agrario, n.16, 1999.
- Portolan V., Colombo M. et al., Variabilità climatiche in una valle alpina: applicazioni in agrometeorologia su Gis, Workshop "Geostatistica per lo studio e la gestione della variabilità" Università degli Studi di Milano, Facoltà di Agraria, Febbraio 2000.
- Portolan V., Ciampa M., Grass utilization to realize spatial distribution of crops water requirements in an alpine valley, Geomatics Workbooks, Politecnico di Milano, n.1, 2000.
- Tomasi B., Ecologia viticola e qualificazione delle produzioni, Zonazioni viticole, supplemento a L'informatore agrario, n.16, 1999.
- Toto E., Dynamique de la materie organique par rapport a l'evolution actuelle des sols de la region d'Alakamisy Ambohima, Universite de Fianarantsoa, Departement des chimies, Fianarantsoa, 2002.
- U.S. Department of the Army. Country Studies Handbook Series, 2003.
- Vercesi A., Castagnoli A., Dosso P. Metodologie di caratterizzazione agrometeorologica del territorio. L'Informatore Agrario, n 14, 2003.
- Nota: I documenti cartografici ed altro materiale bibliografico e di studio sono stati acquisiti durante la missione.



**CENTRO OPERATIVO REGIONALE**  
 viale Porto Torres, 119 - 07100 Sassari  
 tel. 079 258 600 fax 079 262 681  
[www.sar.sardegna.it](http://www.sar.sardegna.it) [sarinfo@sar.sardegna.it](mailto:sarinfo@sar.sardegna.it)