

ENEA

Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

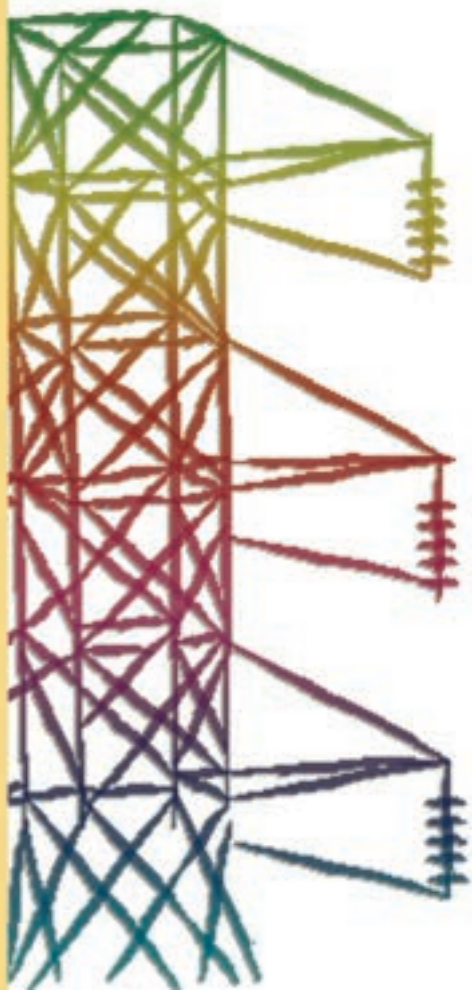


Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Rilievo delle produttività delle colture energetiche in Italia e analisi del loro mercato

G. Venturi, A. Monti, L. Barbanti





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Rilievo delle produttività delle colture energetiche in Italia e analisi
del loro mercato

G. Venturi, A. Monti, L. Barbanti



RILIEVO DELLE PRODUTTIVITÀ DELLE COLTURE ENERGETICHE IN ITALIA E ANALISI DEL LORO MERCATO

G. Venturi, A. Monti, L. Barbanti (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali – DiSTA – dell'Università di Bologna)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Censimento del potenziale energetico nazionale delle biomasse e implementazione di una piattaforma software interattiva, operante in modalità GIS, da utilizzare come supporto alle decisioni per la scelta e localizzazione ottimale di impianti di produzione energetica da biomasse

Responsabile Tema: Vincenzo Motola, ENEA

Rilievo delle produttività delle colture energetiche in Italia e analisi del loro mercato (Università di Bologna)

Dipartimento di scienze e Tecnologie Agroambientali (DiSTA) – Università di Bologna

Gruppo di lavoro: Prof. Gianpietro Venturi, Dr. Andrea Monti e Dr. Lorenzo Barbanti.



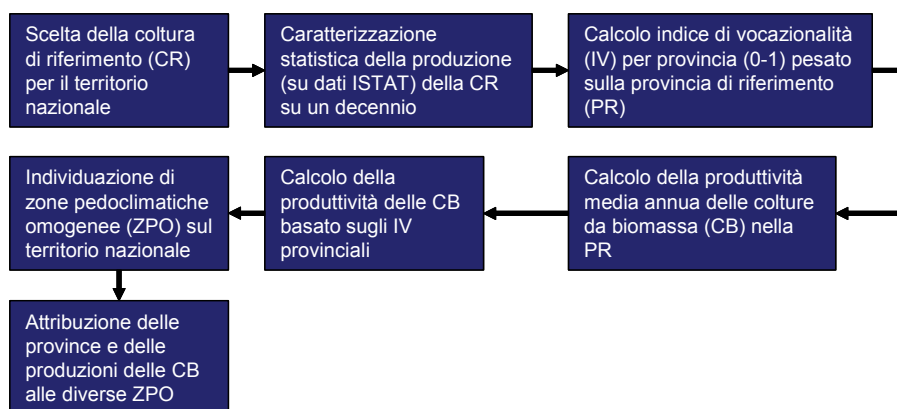
Premessa

Lo studio è finalizzato a stimare le produzioni potenziali di colture erbacee da energia nelle diverse province italiane, elemento di particolare interesse ai fini della pianificazione territoriale e della dislocazione degli impianti di trasformazione.

Mentre per le colture erbacee tradizionali (es. frumento e mais), e in minor misura anche per quelle da biomassa arborea (es. pioppo), esiste una rete nazionale di prove e dati abbastanza particolareggiata da permettere una stima diretta delle potenzialità produttive delle colture a livello provinciale, il settore delle colture da biomassa erbacea è ancora ampiamente scoperto, con esperienze sufficientemente rappresentative in meno di 10 province (Bologna, Udine, Catania, Pisa, Bari, Potenza). Di conseguenza, una stima capillare della produttività richiede estrapolazioni e raffronti indiretti. In tale ottica, viene di seguito descritta la metodologia utilizzata con l'obiettivo di creare un "atlante italiano delle biomasse" a livello di singole province e/o di aggregati territoriali più ampi.

Metodologia

La metodologia si compone di una sequenza di passaggi logici riassunti nel seguente diagramma e descritti in maggior dettaglio in seguito.



Aggregati territoriali

Sono state individuate zone eco-pedologiche derivate dall'omonima carta, reperibile in formato interattivo sul sito Internet del Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente

(<http://www.pcn.minambiente.it/PCN/>). La carta eco-pedologica, realizzata per soddisfare gli obiettivi di caratterizzazione dei suoli e l'individuazione delle relazioni suolo-vegetazione, si configura come elemento di raccordo delle varie componenti della Carta della Natura (esclusa la parte faunistica): geologia, geo-morfologia, suolo, vegetazione e clima. La carta ecopedologica è quindi stata individuata come fonte di zonazione più appropriata per suddividere il territorio italiano in aree omogenee dal punto di vista agro-climatico, partendo dal presupposto che la costruzione ad hoc di aree pedo-climatiche che rispondano alle esigenze specifiche (es. dotazione di elementi nutritivi, disponibilità idriche ecc.) delle colture da energia presupporrebbe un lavoro a sé stante.

Il Servizio Cartografico Nazionale ha suddiviso il territorio italiano in 13 zone omogenee per caratteristiche eco-pedologiche (Tabella 1). Le province a cavallo di più zone sono state attribuite alle zone che per estensione le rappresentavano maggiormente.

Calcolo degli indici, della produttività media provinciale delle colture

Per superare i limiti insiti nella carenza di dati produttivi sulle colture da biomassa erbacea, si è scelto di adottare la metodologia già descritta nel report consegnato nel mese di Ottobre 2008.

Tale metodologia si sviluppa attraverso un processo iterativo sintetizzato nei seguenti punti:

1. scelta di una coltura di riferimento (CR) su cui indicizzare la vocazionalità del territorio delle diverse province. Il mais è stato scelto quale CR essendo quella con ciclo primaverile estivo (quindi grosso modo analogo a quello delle colture erbacee dedicate qui considerate) più diffusa nel territorio nazionale.
2. sulla base dei dati ISTAT, è stato costruito un database della produttività del mais suddiviso per singola provincia nel decennio 1999-2008. La valutazione della produttività del mais in un decennio, anziché per un solo anno, ha permesso di calcolare successivamente la variabilità temporale dell'indice di vocazionalità e quindi la variabilità temporale della produttività potenziale delle colture da biomassa.
3. Il calcolo dell'indice di vocazionalità (IV; adimensionale) per ogni i -esima provincia è stato calcolato come:

$$IV = R_{CRi}/R_{CRr}$$

ove R_{CRi} è la resa del mais nella i -esima provincia (fonte ISTAT), mentre R_{CRr} è la resa del mais nella provincia di riferimento (Bologna). Quest'ultima è stata scelta come riferimento poiché è la stessa provincia in cui sono state misurate le rese medie delle colture da energia (Barbanti et al., 2008; Bezzi et al., 2006, 2007; Monti et al., 2004). Tali rese sono state ottenute mediando le rese produttive di un settennio escludendo, per le colture poliennali, l'anno di impianto. In particolare le rese medie ($t\ ha^{-1}$ di sostanza secca) sono risultate le seguenti: *Arundo donax* = 23.6; *Panicum virgatum* = 14.2; *Cynara cardunculus* = 7.6; *Miscanthus sinensis* x *Giganteus* = 18.8; *Sorghum bicolor* = 19.3. La lista degli IV e delle rispettive deviazioni standard sono riportati in Tabella 2.

4. una volta calcolati gli IV e le rispettive deviazioni standard, si è potuto stimare la produzione media delle colture da energia nella i -esima provincia (PM_i) semplicemente moltiplicando la resa della coltura da biomassa nella provincia di riferimento (PM_r) per i relativi IV provinciali (IV_i):

$$PM_i = IV_i \cdot PM_r$$

Rispetto alle biomasse, per le principali oleaginose destinate alla produzione di biodiesel (girasole, colza), esistono dati statistici di colture commerciali in larga parte del territorio nazionale. Ove presenti, ci si è pertanto riferiti ai dati provinciali ISTAT 2006 (www.istat.it/agricoltura/datiagri/coltivazioni/), scelta come annata di riferimento per questo studio e non caratterizzata, da nord a sud, da profonde anomalie climatiche.

In tutte quelle province in cui anche per girasole e colza non si dispone di dati, sono stati adottati valori di riferimento costruiti nel modo seguente:

1. nelle province in cui si dispone di dati per il 2006, confronto fra produzioni di girasole e colza con quelle di cereali di riferimento (frumento tenero, orzo e mais);
2. scelta del cereale di riferimento, per ciascuna delle due oleaginose, in base alla bontà statistica della relazione trovata;
3. costruzione del dato nelle province mancanti attraverso l'equazione lineare che lega i dati del cereale (variabile indipendente) a quelli dell'oleaginosa (variabile dipendente).

Limiti della metodologia

Un limite della metodologia è rappresentato dall'attribuzione di una provincia ad una specifica zona eco-pedologica quando invece la Provincia stessa si trova a cavallo di più zone. In tal caso è stato scelto di attribuire la Provincia alla zona che più ne rappresenta l'estensione territoriale.

Altro limite è rappresentato dalla impossibilità di tenere conto della disomogeneità territoriale all'interno di una stessa provincia. Moltissimi sono i casi infatti di province comprendenti zone pianeggianti e collinari, terreni sciolti e compatti, aree a diversa piovosità annuale, aree a diverso indirizzo produttivo ecc. L'individuazione della produttività media potenziale su scala provinciale, dovrebbe prevedere l'impostazione di un lavoro *ad hoc* che tenga conto della variabilità delle caratteristiche pedo-climatiche di una singola provincia, per giungere alla distinzione di zone pedo-climatiche con diversi gradi di vocazione alla produzione di specie dedicate da biomassa. Non essendo prevista dal lavoro in oggetto e richiedendo un tempo e un impegno sicuramente molto consistenti, ove sia realizzabile, questa fase operativa è stata sostituita dall'utilizzo della zonazione eco-pedologica prodotta dal Ministero per l'Ambiente.

Se i gruppi eco-pedologici rappresentano un metodo per omogeneizzare zone geografiche in base alle caratteristiche del suolo, climatiche e quindi del rapporto pianta-suolo-atmosfera, il raggruppamento di Province, e quindi l'attribuzione del valore medio di resa, può portare ad una diminuzione nell'accuratezza del dato. Per contro, il raggruppamento di più province all'interno di una stessa area permette il calcolo della deviazione standard spaziale oltreché temporale, come calcolata dalla media di produzione decennale.

I risultati di produttività potenziale delle Province italiane andrebbero inoltre letti non solo in senso assoluto, ma in relazione alla qualità della superficie agricola utilizzabile e della sua destinazione. Se infatti una provincia presenta una grande SAU, ma prevalentemente adibita a produzioni alimentari con buoni sbocchi economici, sarà difficile prevedere una sostituzione di tali colture con quelle energetiche. È forse più realistico pensare che zone meno vocate alle produzioni tipiche alimentari possano essere convertite a produzioni non-food. Un'altra opzione potrebbe essere rappresentata dalla introduzione delle colture energetiche in avvicendamento a quelle alimentari.

Altro limite riguarda l'assunzione che tutte le colture abbiano risposte proporzionali a quella del mais, vale a dire l'applicazione di un unico indice a tutte le colture. Se infatti è ammissibile che il mais fornisca una indicazione attendibile della vocazionalità produttiva del territorio, non è certo che tutte le colture da energia abbiano decrementi o incrementi produttivi proporzionali ad esso. Ad esempio, la diminuzione di resa del mais da zone umide a siccitose potrebbe essere simile a quella di miscanto, ma più che proporzionale rispetto al sorgo o al cardo. Non si dispone del resto di confronti sperimentali fra mais e colture da biomassa che permettano di supportare tale ipotesi. A ciò si aggiunge che anche il dato ISTAT su mais assume una diversa rilevanza in zone di ampia diffusione della coltura, rispetto a zone dove la sua presenza è molto più circoscritta e probabilmente legata ad ambienti o situazioni di coltura particolari. In altre parole occorrerebbe correggere l'IV con coefficienti colturali specifici che tengano conto della diversa tolleranza delle colture a situazioni meno favorevoli. Coefficienti che potrebbero essere facilmente ottenuti in pochi anni con la creazione una rete nazionale di monitoraggio delle rese di tali colture.

In tal senso, i risultati di questa attività vanno interpretati come una indicazione alla vocazionalità delle Province italiane alla produzione di colture dedicate da energia. In assenza di dati specifici sulla produttività di tali colture in Italia, il riferimento alla vocazionalità dell'area

viene dato in base alle produzioni di una coltura diffusa in tutto il Paese e con ciclo paragonabile a quello delle specie da biomassa.

Risultati

I risultati vengono presentati su un foglio di lavoro Excel, sia in formato tabulare, sia grafico. La Tab. 2 riporta gli indici di vocazionalità calcolati come precedentemente descritto per tutte le province italiane, e la relativa deviazione standard. In Tab. 3 sono indicati i valori del coefficiente di determinazione (R^2) delle relazioni fra le due oleaginose e i tre cereali, sempre statisticamente altamente significative ($P = 0.01$), e le equazioni di regressione scelte per costruire i dati provinciali mancanti delle oleaginose a partire dai dati del cereale. Per entrambi colza e girasole è stato scelto l'orzo come cereale di riferimento. Il mais, infatti, ha sempre fornito una performance inferiore in termini di variabilità spiegata (R^2), oltre tutto con correlazione inversa (pendenza della retta negativa) di non facile interpretazione. Viceversa, il grano tenero ha fornito una prestazione analoga a quella dell'orzo, ma la sua disomogenea distribuzione da nord a sud lo rende potenzialmente meno esplicativo dell'orzo. Interessante anche la relazione che lega le due oleaginose direttamente tra loro ($R^2 = 0.40$). Assumendo l'orzo come coltura di riferimento, i dati produttivi delle due oleaginose ($t\ ha^{-1}$) per le province mancanti sono stati costruiti con le equazioni di regressione emerse dallo studio relazionale:

$$\text{Girasole} = 1.1966 + 0.26 * [\text{orzo}] ;$$

$$\text{Colza} = 0.4162 * [\text{orzo}].$$

Le Figg. 1-3 mostrano le rese potenziali delle colture da energia considerate per ciascuna Provincia singolarmente, rispettivamente nell'Italia del Nord, Centro e Sud. Per le cinque colture con produzioni stimate (Arundo, Miscanto, Panico, Cardo e Sorgo), le barre di errore indicano la deviazione standard su base temporale nei dieci anni di cui si dispone delle rese della coltura di riferimento. I dati delle due oleaginose (girasole e colza) risultano notevolmente più bassi in quanto dovuti al computo del solo seme in piante intrinsecamente caratterizzate da basso *Harvest Index* (il rapporto tra la porzione di interesse commerciale e la biomassa totale della pianta). A ciò si aggiunge che l'accumulo di sostanze grasse nel seme (attorno al 45% e al 40%, rispettivamente per girasole e colza) è intrinsecamente più costoso dell'accumulo di carboidrati (in una proporzione di circa 2.5 : 1), il che rende inevitabilmente più bassa la produzione delle oleaginose rispetto ai cereali. Comparando i risultati di tutte le Province, che per ragioni di dimensioni non è possibile riportare su uno stesso grafico, si nota che i valori di resa potenziali più elevati si riscontrano nelle Province del raggruppamento Nord (Lodi, Bergamo, Brescia) e in generale i valori medio-alti si concentrano nelle Province settentrionali, con alcune eccezioni, tra le quali spiccano Crotone e Nuoro. Tali valori vengono interpretati come outlier rispetto al quadro generale delle produzioni. Questo fatto è una misura del rischio in cui si incorre nel momento in cui ci si affida a dati statistici (in questo caso i dati annuali Istat sulle produzioni agricole) per sviluppare proiezioni future, nei casi in cui questi dati siano basati su superfici limitate (Fig. 4).

In Italia il limite più rilevante al raggiungimento di elevate produzioni è infatti la disponibilità idrica. È del tutto evidente che tale vincolo sia più forte al Sud che al Nord. A confronto con la questa, la durata del ciclo colturale (somma termica stagionale), più limitata al Nord che al Sud, rappresenta un vincolo di gran lunga inferiore, come dimostrato dall'andamento delle rese produttive, decrescente da Nord a Sud. L'effetto delle piovosità legato alla latitudine appare così forte da riflettersi anche su colza, nonostante la collocazione autunno-primaverile del ciclo di questa coltura.

La Fig. 5 mostra invece le rese delle colture da energia per raggruppamento eco-pedologico. Ogni gruppo ha come resa la media delle rese delle province componenti, con la deviazione standard come indice di variabilità al suo interno. Sono stati espunti i dati relativi al gruppo S2, con la sola Provincia di Siracusa, poiché le limitate superfici a mais non possono rappresentarne la vocazionalità. Più attendibili, invece, i dati dei gruppi N ed NE, costituiti da più province del Nord a medio-ampia diffusione della coltura di riferimento (mais). I buoni risultati dei gruppi N ed NE confermano nuovamente come la minor durata potenziale del ciclo

in queste zone rappresenti una limitazione minore rispetto alla siccità che colpisce più duramente le province del Sud Italia.

Per quanto riguarda l'aspetto economico, non esiste ancora un mercato di riferimento per le biomasse erbacee. Il loro sviluppo presuppone la capacità di competere con le alternative colturali, rappresentate principalmente dai cereali. Il prezzo dei cereali ha mostrato una sostanziale volatilità negli ultimi due anni, raddoppiando e quindi ritornando ai valori di origine. In tali condizioni, soprattutto per le poliennali che vincolano il terreno per almeno un decennio, occorrerà pensare a sistemi di indicizzazione dei prezzi e a sedi di discussione interprofessionali tra produttori e trasformatori, onde evitare prevalenze ora dell'uno, ora dell'altro attore della filiera.

Le oleaginose a destinazione non-food ed in particolare il colza sono già attualmente oggetto di contratti di coltivazione. I prezzi più ricorrenti per merce standard (semi con umidità 9%, impurità 2%) franco azienda sono dell'ordine dei 350 e dei 400 €/t, rispettivamente per girasole e colza. Le quotazioni del prodotto a destinazione non-food sono inevitabilmente legate ai corsi mondiali dei semi oleosi per usi alimentari, a loro volta legati ai prezzi delle materie prime (olio di colza e di girasole) e dei sottoprodotti (panelli proteici). In quanto tali, il loro andamento appare di difficile previsione. Nel medio periodo, sono comunque destinati a convergere verso un rapporto di equilibrio con i prezzi dei cereali, in funzione della produttività relativa; infatti, prezzi squilibrati a favore dell'uno o dell'altro gruppo automaticamente determinano compensazioni delle superfici e quindi dell'offerta in queste colture a ciclo annuale.

Conclusioni

Monitorare su larga scala le produzioni di colture come le biomasse per energia, non ancora diffuse sul territorio, rappresenta un esercizio di non facile svolgimento, inevitabilmente soggetto ad una certa aleatorietà dei risultati. Per superare tale limite, è parso utile adottare una coltura di riferimento con buona diffusione territoriale come il mais, che compie il proprio ciclo nella stagione calda così come tutte le colture comprese in questo studio.

Il raffronto con le produzioni della coltura standard in un areale in cui si dispone di dati parcellari ben assestati per le biomasse (Provincia di Bologna), ha permesso di stilare una graduatoria di produttività per queste ultime, da estendere al resto di Italia. Con poche eccezioni, tale graduatoria vede primeggiare le zone più fertili del Nord e del Centro, in cui il deficit idrico non rappresenta una limitazione così forte come nel Sud e nelle Isole. Per le oleaginose, la presenza in larghe fasce del territorio e la correlazione con i dati dell'orzo per la copertura delle zone sprovviste di dati, hanno reso il compito più semplice.

L'approccio seguito lascia un quesito aperto relativamente all'effettiva produttività delle colture da biomassa ove, nell'ambito delle unità studiate (province, gruppi), non siano coltivate nei terreni normalmente destinati a mais, ma in terreni di inferiore qualità agronomica. In tal senso, i dati riportati esprimono la potenzialità delle cinque colture da biomassa a parità di situazione colturale col mais e permettono di ipotizzare prezzi e punti di pareggio economico che queste dovrebbero realizzare per poter reggere la concorrenza col cereale. È del resto scontato che in condizioni colturali meno favorevoli la loro superiorità dovrebbe essere certa, in virtù della generale rusticità che le caratterizza e della minor incidenza di stadi colturali critici all'interno del ciclo, paragonabili alle fasi riproduttive nel mais.

Bibliografia

- Barbanti L., Monti A., Pritoni G., Vecchi A., Venturi G. 2008. Testing Resource Use-Efficiency in Annual Energy Crops. X ESA Congress. Multi-functional Agriculture. Italian Journal of Agronomy 3 (suppl), 475-476.
- Bezzi G., Monti A., Venturi G. 2006. Le colture da energia: tecniche di coltivazione e gestione economica. Agricoltura, 30, 24-30.

Bezzi G., Monti A., Vecchi A., Pritoni G., Venturi G. 2007. Confronto fra specie annuali e poliennali da energia: ripartizione della biomassa e aspetti qualitativi. Atti del 37° convegno nazionale SIA, 13-14 settembre 2007. Catania, 129-130.

Monti A., Pritoni G., Venturi G. 2004. Effects of nitrogen fertilization on biomass productivity of a six year plant of Giant reed. 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, May 10-14, 1, 231-233

Tabella 1. Aree eco-pedologiche (dal Servizio Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente) con province attribuite in base all'estensione prevalente.

GRUPPO	AREA	SIGLA	PROVINCE
1	Nord - Ovest	NW	Torino, Vercelli, Cuneo, Verbano c.o., Aosta, Sondrio, Bolzano, Trento, Savona
2	Nord - Est	NE	Vercelli, Novara, Alessandria, Milano, Mantova, Verona, Treviso, Venezia, Padova, Rovigo, Pordenone, Udine, Ferrara, Ravenna
3	Nord	N	Bergamo, Brescia, Lecco, Lodi, Vicenza, Belluno
4	Nord - Centro	NC	Genova, La Spezia, Bologna, Forli-Cesena, Modena, Parma, Piacenza, Reggio Emilia, Rimini, Massa Carrara, Pistoia, Firenze, Arezzo, Perugia, Pesaro Urbino
5	Centro	C	Rieti, L'Aquila, Frosinone
6	Centro - Est	CE	Ancona, Macerata, Ascoli P., Teramo, Pescara
7	Centro - Sud	CS	Grosseto, Chieti, Campobasso, Benevento, Avellino, Potenza, Salerno, Matera
8	Centro - ovest	CW	Pisa, Roma, Viterbo, Caserta
9	Sud	S	Latina, Foggia, Cosenza, Taranto, Crotone, Vibo Valentia
10	Salento	SA	Lecce, Brindisi
11	Sud + Sardegna	SS	Catanzaro, Reggio Calabria, Sassari, Nuoro, Oristano, Cagliari
12	Sicilia 1	S1	Palermo, Messina
13	Sicilia 2	S2	Siracusa

Tabella 2. Indici di vocazionalità delle provincie italiane calcolati sulla base della resa media decennale del mais.

NORD			CENTRO			SUD		
Provincia	IV	Dev. St.	Provincia	IV	Dev. St.	Provincia	IV	Dev. St.
torino	1.105	0.193	massa carrara	0.790	0.126	caserta	0.995	0.095
vercelli	0.939	0.126	lucca	1.028	0.117	benevento	0.516	0.046
novara	1.040	0.184	pistoia	0.753	0.201	napoli	0.899	0.105
cuneo	0.892	0.066	firenze	0.858	0.180	avellino	0.467	0.113
asti	0.665	0.119	livorno	0.763	0.209	salerno	0.797	0.085
alessandria	0.705	0.089	pisa	0.908	0.059	foggia	0.636	0.119
biella	0.878	0.159	arezzo	0.908	0.117	taranto	1.273	0.206
verbano c.o.	0.759	0.146	siena	0.828	0.209	brindisi	0.840	0.172
aosta	0.609	0.159	grosseto	0.794	0.246	lecce	0.736	0.135
varese	0.864	0.214	prato	0.727	0.274	potenza	0.654	0.104
como	0.973	0.128	perugia	1.101	0.133	matera	0.638	0.118
sondrio	0.835	0.110	terni	0.781	0.048	cosenza	0.517	0.161
milano	1.145	0.098	pesaro urbino	0.696	0.077	catanzaro	0.460	0.057
bergamo	1.299	0.197	ancona	0.911	0.100	reggio c.	0.179	0.023
brescia	1.319	0.193	macerata	0.674	0.100	crotone	1.523	0.249
pavia	1.146	0.099	ascoli p	0.680	0.093	vibo val.	0.359	0.054
cremona	1.289	0.104	viterbo	1.206	0.107	palermo	0.674	0.182
mantova	1.179	0.070	rieti	0.711	0.073	messina	0.285	0.034
lecco	0.847	0.136	roma	0.874	0.067	siracusa	1.155	0.210
lodi	1.414	0.220	latina	0.794	0.065	sassari	0.765	0.126
bolzano	0.747	0.085	frosinone	0.709	0.117	nuoro	1.384	0.387
trento	0.366	0.064	l'aquila	0.396	0.049	oristano	0.930	0.161
verona	1.006	0.112	teramo	1.002	0.141	cagliari	0.587	0.105
vicenza	1.193	0.117	pescara	0.948	0.117			
belluno	0.841	0.091	chieti	0.464	0.066			
treviso	1.129	0.211	campobasso	0.497	0.103			
venezia	1.068	0.109	isernia	0.582	0.211			
padova	0.971	0.147						
rovigo	1.009	0.079						
pordenone	1.059	0.085						
udine	1.016	0.177						
gorizia	1.011	0.123						
trieste	0.695	0.227						
savona	0.454	0.106						
genova	0.739	0.089						
la spezia	0.772	0.088						
bologna	1.000	0.003						
ferrara	0.991	0.083						
forli-cesena	0.785	0.184						
modena	1.085	0.054						
parma	1.119	0.104						
piacenza	0.975	0.118						
ravenna	0.832	0.090						
reggio emilia	1.033	0.102						
rimini	0.604	0.088						

Tabella 3. Coefficienti di correlazione (r) delle relazioni lineari esistenti fra girasole e colza, da un lato, e grano tenero, orzo e mais, dall'altro, nelle province italiane in cui erano presenti i dati ISTAT delle due oleaginose (73, girasole; 42, colza), oltre che dei tre cereali. Le colture con i coefficienti di correlazione più elevati (orzo per girasole e grano tenero per colza) sono state assunte come riferimenti per il calcolo delle produzioni di girasole e colza nelle province ove le due colture risultavano assenti.

OLEAGINOSA \ CEREALE	GRANO TENERO	ORZO	MAIS
GIRASOLE	0.46	0.53	0.41
COLZA	0.64	0.62	0.49

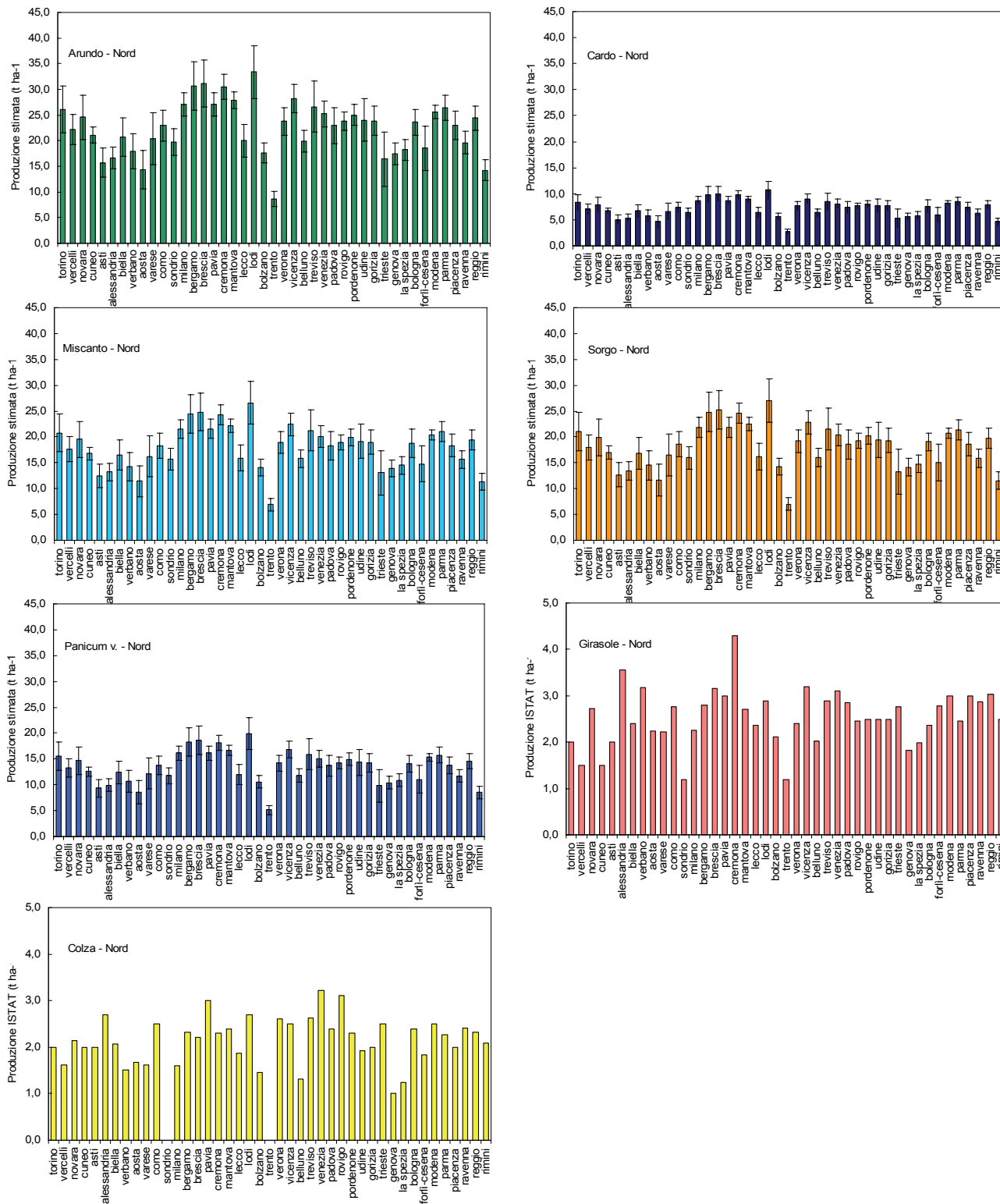


Figura 1. Produzioni stimate con le relative deviazioni standard e produzioni su base statistica (ISTAT 2006 e relazioni con orzo) delle colture per energia nelle Province del Nord.

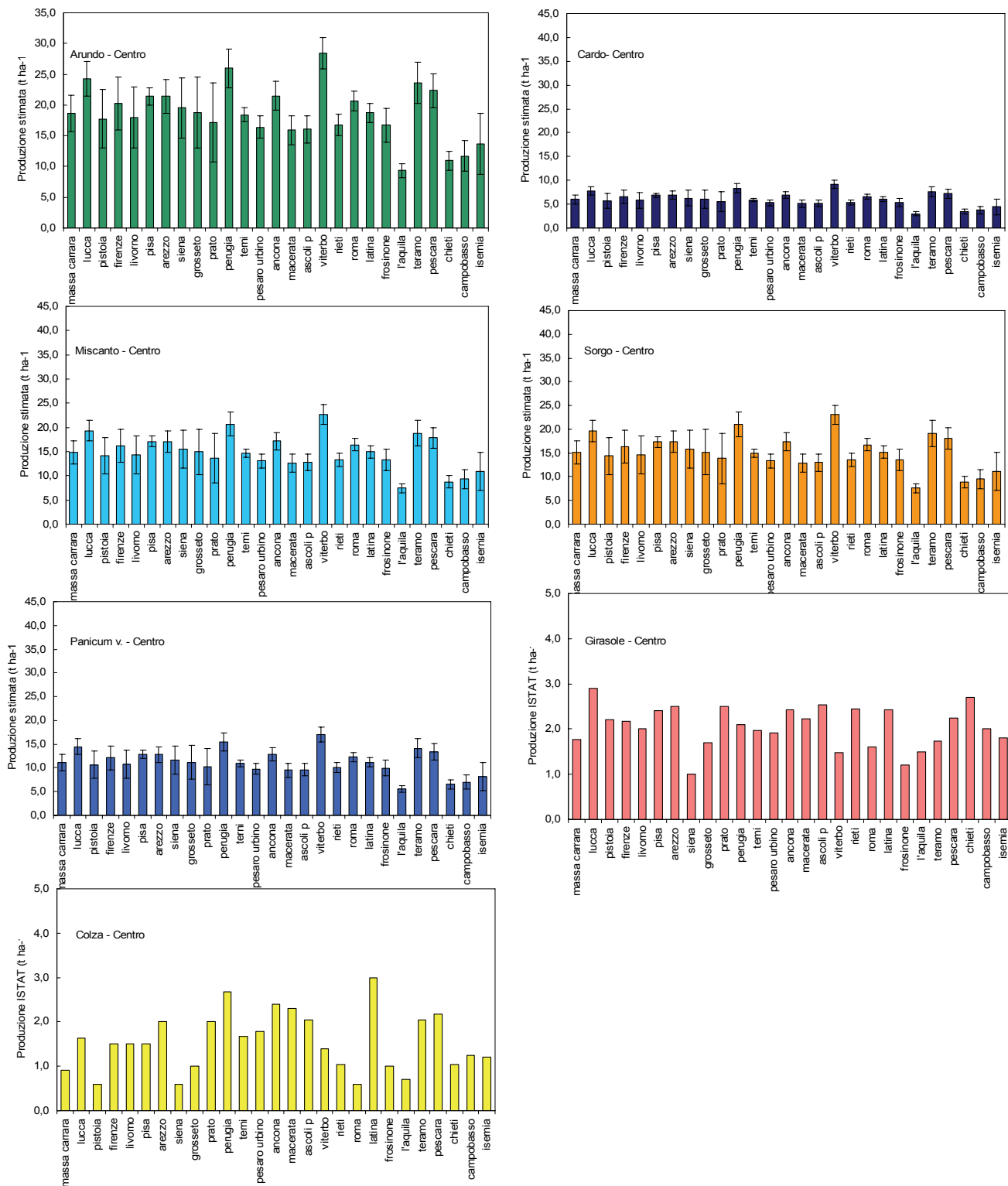


Figura 2. Produzioni stimate con le relative deviazioni standard e produzioni su base statistica (ISTAT 2006 e relazioni con orzo) delle colture per energia nelle Province del Centro.

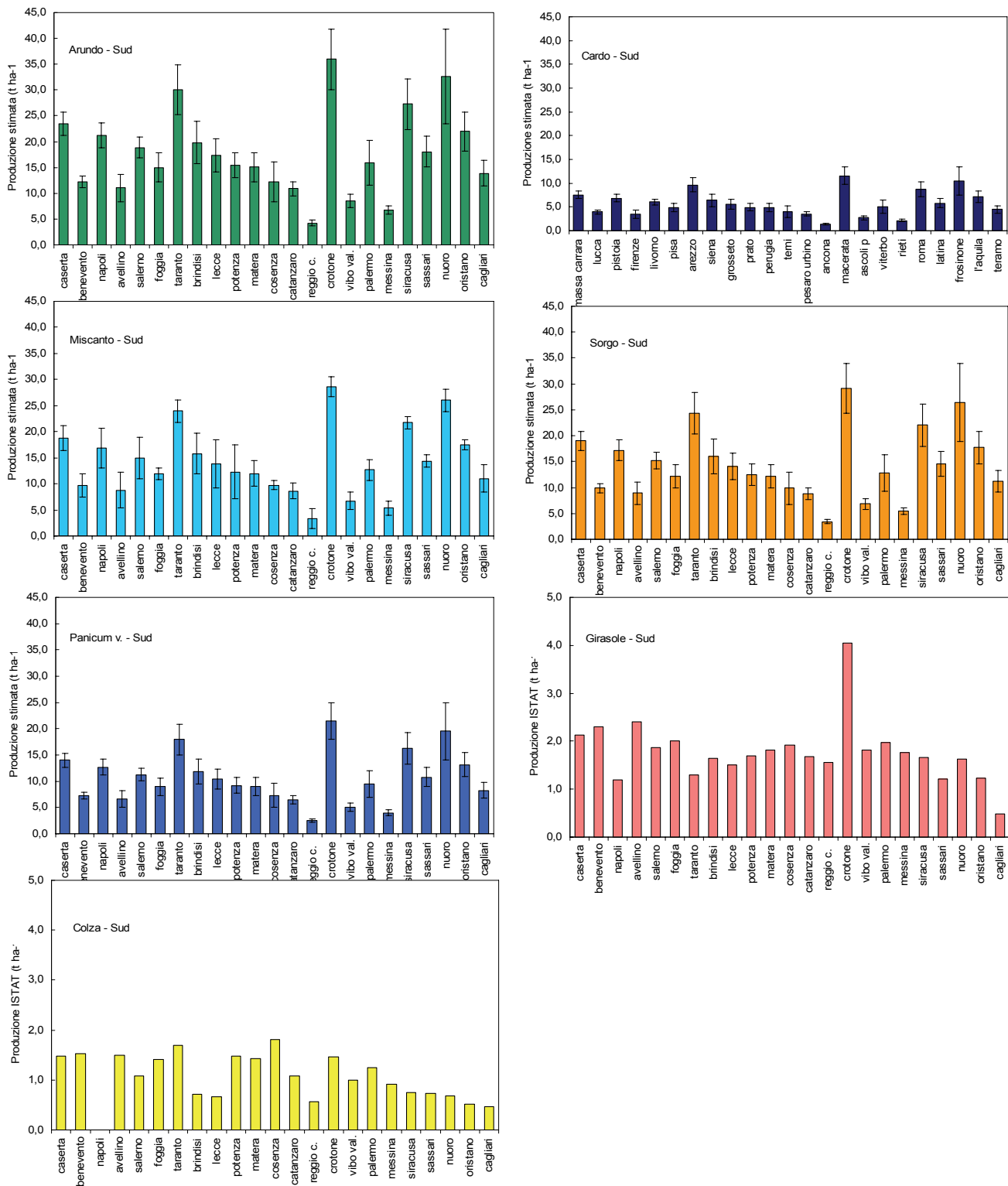


Figura 3. Produzioni stimate con le relative deviazioni standard e produzioni su base statistica (ISTAT 2006 e relazioni con orzo) delle colture per energia nelle Province del Sud.

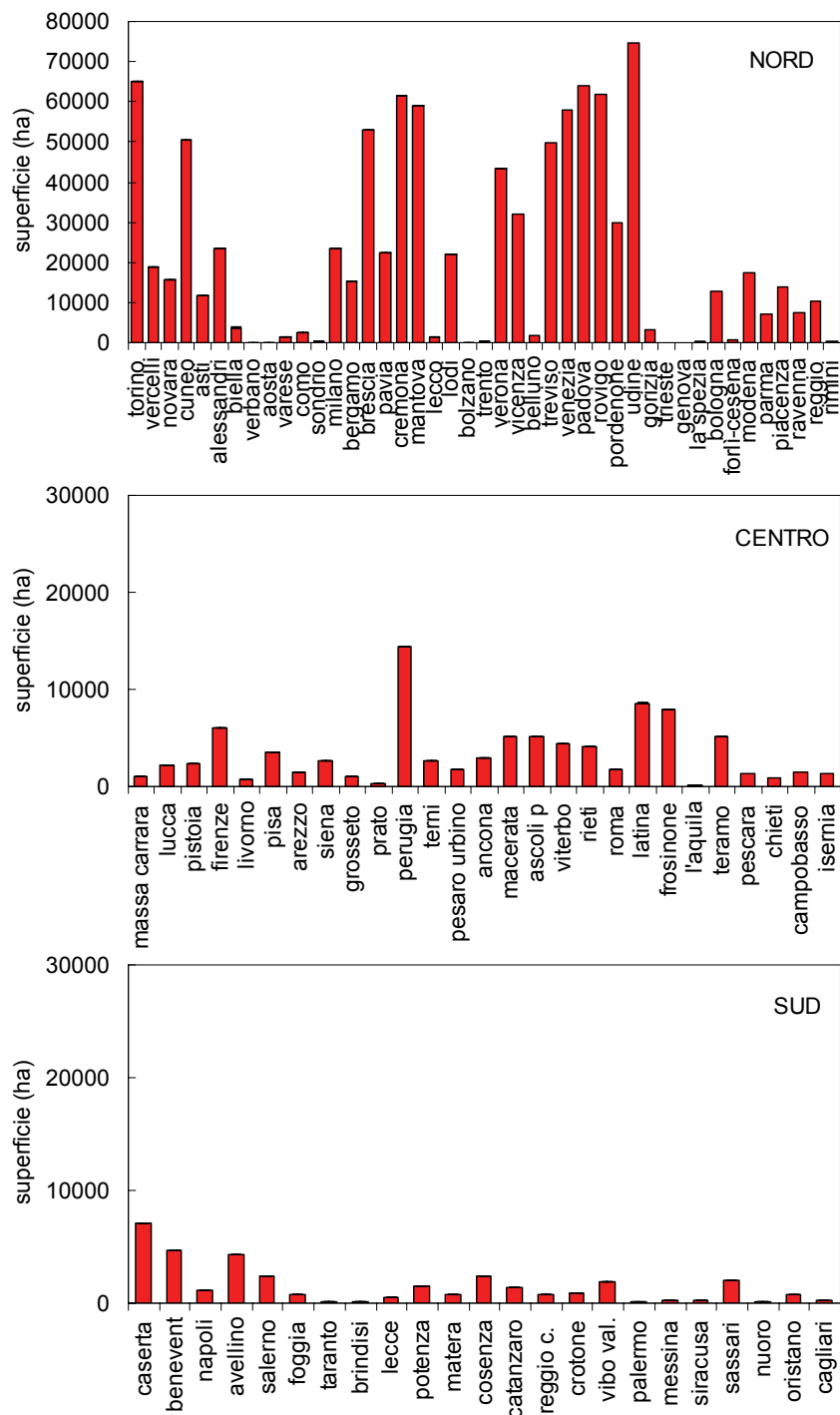


Figura 4. Superfici a mais (ha) nel Nord, Centro e Sud Italia.

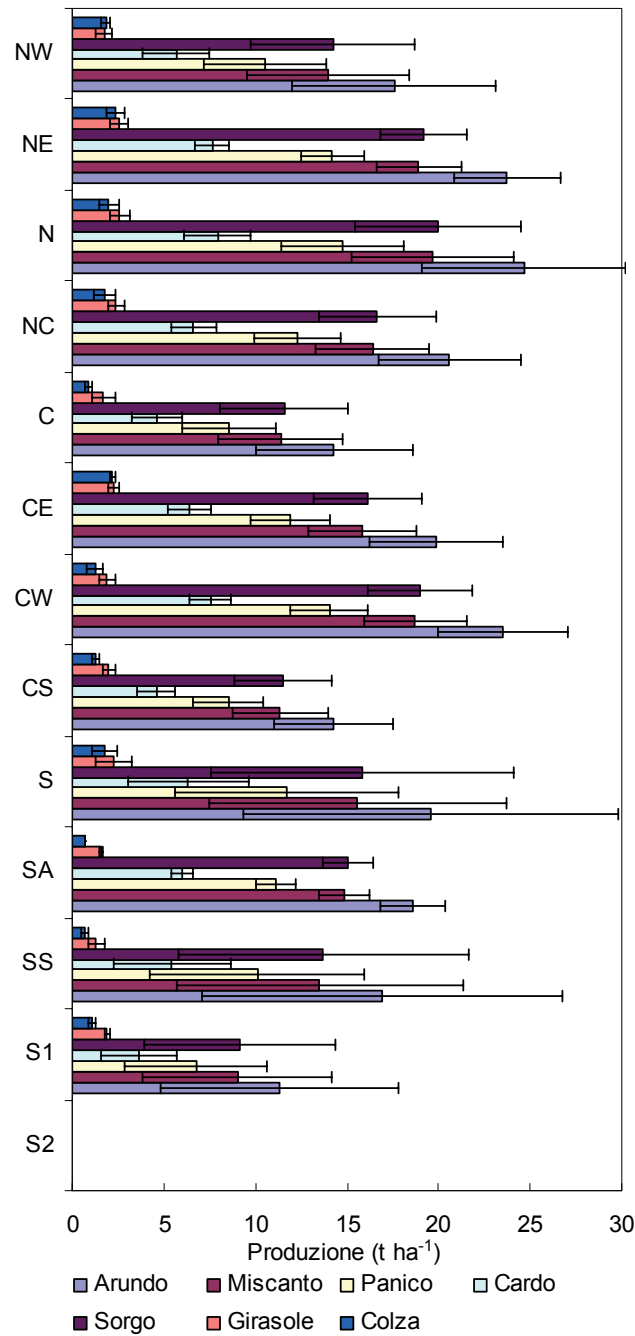


Figura 5. Produzioni potenziali e relative deviazioni standard (t ha⁻¹ di s.s.) nelle zone eco-pedologiche (vedi Tabella 1 per i simboli della zona). Le deviazioni standard sono calcolate sulla media delle produzioni delle province incluse nella zona. S2 non è stata considerata non avendo superfici a mais sufficientemente rappresentative.

Località: Cadriano, Bologna (44°33' N, 11°21' E, 32m a.s.l.)

Tipo di suolo: argilloso-limoso (vedi analisi Tabella seguente)

Andamento climatico medio ventennale (vedi analisi Tabella seguente)

Table 1
Chemical-physical characteristics of the soil

Parameters	Methods	Values
		1997
Sand (g kg^{-1})	Bojucos	270
Silt (g kg^{-1})	Bojucos	390
Clay (g kg^{-1})	Bojucos	340
pH	(H_2O)	7.2
SEC ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$)		48.2
Limestone total (g kg^{-1})	Gasvolumetria	<5
Limestone actual (g kg^{-1})	Droinesu-Gehu	<5
Organic matter (g kg^{-1})	Walkey-Black	18
N total ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Kjeldahl	1196
P assessed ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Olsen	20
K exchange ($\mu\text{g g}^{-1}$)	BaCl_2 + Tea	265
Ca exchange ($\mu\text{g g}^{-1}$)	BaCl_2 + Tea	4592
S ($\mu\text{g g}^{-1}$)	S (sulphate)	125
Mg exchange ($\mu\text{g g}^{-1}$)	BaCl_2 + Tea	368
Na ($\mu\text{g g}^{-1}$)	BaCl_2 + Tea	48

Mese	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Pioggia (mm)	Prof. Falda (cm)
gen	5.6	-0.9	37	107
feb	8.7	0.1	44	99
mar	14.0	3.3	57	95
apr	17.3	6.5	68	95
mag	22.7	11.1	64	108
giu	26.9	14.6	61	139
lug	29.8	17.2	49	173
ago	29.6	17.2	63	196
set	25.0	13.9	77	195
ott	18.5	9.6	81	183
nov	10.9	4.2	82	158
dic	6.5	0.2	55	125