

**Progetto GO Cereali Resilienti. Codice ARTEA GO 835241**

**Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali.  
Università degli Studi di Firenze**

## **Allegato Analisi della varianza**

Firenze, 19 aprile 2022

Responsabile scientifico

Prof.ssa Donatella Paffetti

Le finalità dei WP3 e WP4 sono state quella di valutare la stabilità della popolazione evolutiva osservata tra le quattro macroaree climatiche considerate (fattore Zona). È stato, quindi, adottato un modello dell'analisi della varianza (ANOVA), considerando in particolare le interazioni di primo ordine. I fattori presi in considerazione sono quattro: Anno, Zona (Macroaree climatiche), Azienda e Qualità della parcella (tre parcelle in base al transetto della fertilità del campo classificate in: produttiva, media e poco produttiva). Il modello dell'analisi della varianza adottato è il modello misto, dove l'Anno, Aziende e Qualità sono stati considerati come fattori ad effetti casuali, mentre il fattore Zona è stato considerato ad effetti fissi. La stabilità, per ogni singola variabile considerata, è stata valutata mediante l'interazione Anno x Zona (MAC) e la tra Azienda entro Zona: Azienda(Zona). Ad ogni tabella dell'analisi delle varianze è riportato anche il coefficiente di determinazione  $R^2$ , calcolato per l'intero modello e per le fonti di variazione Interazione Anno x Zone e Aziende(Zona), questo al fine di quantificare quanta della variazione totale è attribuibile all'eterogeneità dei valori osservati tra le aziende entro ogni macroarea climatica (Azienda(Zona)). Il valore del coefficiente di determinazione è espresso in percentuale.

### Altezza della pianta

In tabella 8 è riportata l'analisi della varianza (ANOVA) della variabile altezza della pianta. È interessante notare che solo l'effetto principale del fattore Anno risulta significativo statisticamente ( $p < 0,05$ ), mentre, per gli altri fattori, solo le varie interazioni di primo grado, considerate dal modello adottato dell'ANOVA, risultano significative. Valutando ora il grado di variazione ( $R^2$ ) dovuto alle varie fonti di variazione, si osserva che il contributo maggiore alla varianza del modello è dalla fonte di variazione Azienda(Zona) ( $R^2 = 25,22$  se riferito alla devianza totale e di circa il 48 % se riferito alla devianza spiegata dal modello). Questo valore indica come questa variabile è fortemente influenzata dalle diverse condizioni che si sono verificate tra le aziende, rispetto alla variazione che si osserva mediamente tra le zone.

Variabile dipendente: Fonti di variazione	Altezza pianta cm					
	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno (A)	367770,263	1	367770,263	28,252	0,013	*
Zona (Z)	141587,121	3	47195,707	3,626	0,159	n.s.
Interazione AxZ	39052,190	3	13017,397	42,935	0,000	**
Azienda(Zona)	656514,179	19	34553,378	113,966	0,000	**
Qualità (Q)	105457,008	2	52728,504	3,483	0,133	n.s.
Interazione AxQ	21880,821	2	10940,411	36,084	0,000	**
Interazione ZxQ	35999,596	8	4499,950	14,842	0,000	**
Errore	1234591,054	4072	303,190			
Totale	2602852,233	4110				

%  $R^2$  Modello Totale 52,57

%  $R^2$  Interazione. Anno x Zona 1,50

%  $R^2$  Azienda(Zona)= 25,22

Tabella 8. Analisi della varianza per la variabile Altezza della pianta cm; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di  $R^2$  (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Per visualizzare l'effetto significativo dell'interazione Anno x Zona, il grafico di figura 3, riporta le medie delle zone considerate (MAC) registrate nei due anni di prova. È possibile visualizzare una certa diminuzione della taglia delle piante passando dal primo anno al secondo anno di coltivazione, con una maggiore riduzione osservata nella zona Costa rispetto a quelle che si osservano nella Pianura e nelle altre zone.

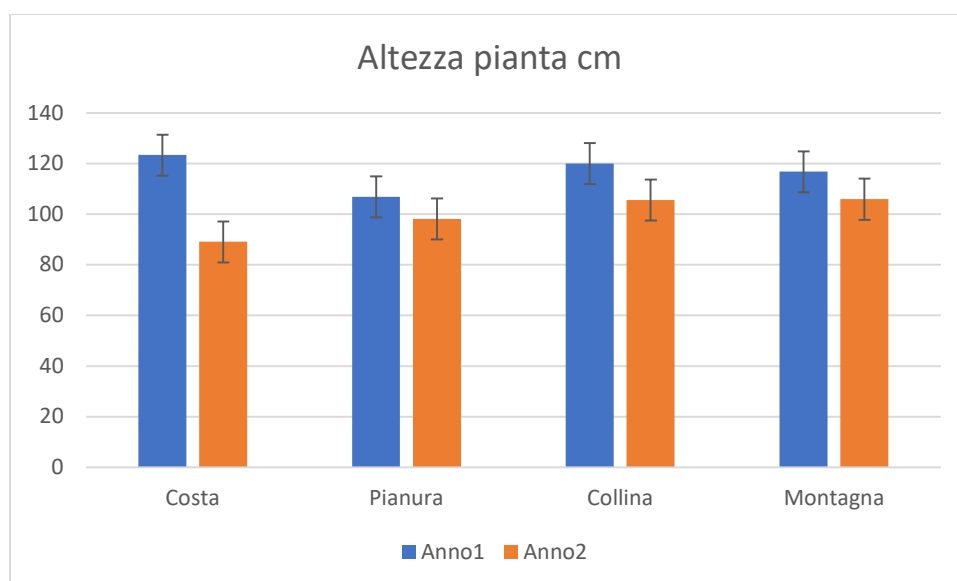


Figura 3. Istogramma delle medie della variabile altezza della pianta, misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

### Lunghezza spiga.

L'analisi della varianza per la variabile lunghezza della spiga è riportata in tabella 9. In questo caso il modello giustifica solo il 33 % della variazione totale e di questa il 18 % è dovuto alla fonte di variazione Aziende(Zona), altamente significativa ( $p < 0,01$ ). La qualità delle parcelle campionate risulta significativa con una probabilità inferiore al 5%.

Variabile dipendente:	Lunghezza spiga cm						
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno (A)		5,611	1	5,611	0,006	0,944	n.s.
Zona (Z)		820,857	3	273,619	0,285	0,835	n.s.
Interazione AxZ		2875,917	3	958,639	293,233	0,000	**
Azienda(Zona)		6691,293	19	352,173	107,724	0,000	**
Qualità (Q)		1303,405	2	651,703	9,223	0,032	*
Interazione AxQ		76,200	2	38,100	11,654	0,000	**
Interazione ZxQ		215,000	6	35,833	10,961	0,000	**
Errore		24332,724	7443	3,269			
Toptale		36321,007	7479				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 33,006 %

% R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 7,918 %

% R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 18,423 %

Tabella 9. Analisi della varianza per la variabile Lunghezza della spiga cm; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Mentre l'interazione Anno x Zona, pur significativa con una probabilità inferiore al 1%, spiega circa l'8 % della variazione totale. Nell'istogramma di figura 4 sono riportate le medie per anno della variabile lunghezza della spiga, misurate su campioni provenienti dalle 4 zone. L'interazione significative è dovuta al diverso comportamento osservato tra le zone: si osserva, infatti, una riduzione della lunghezza della spiga dal primo

anno al secondo anno nelle zone Costa e Collina, mentre in Pianura si osserva un incremento e non si osserva alcuna variazione nella zona di Montagna.

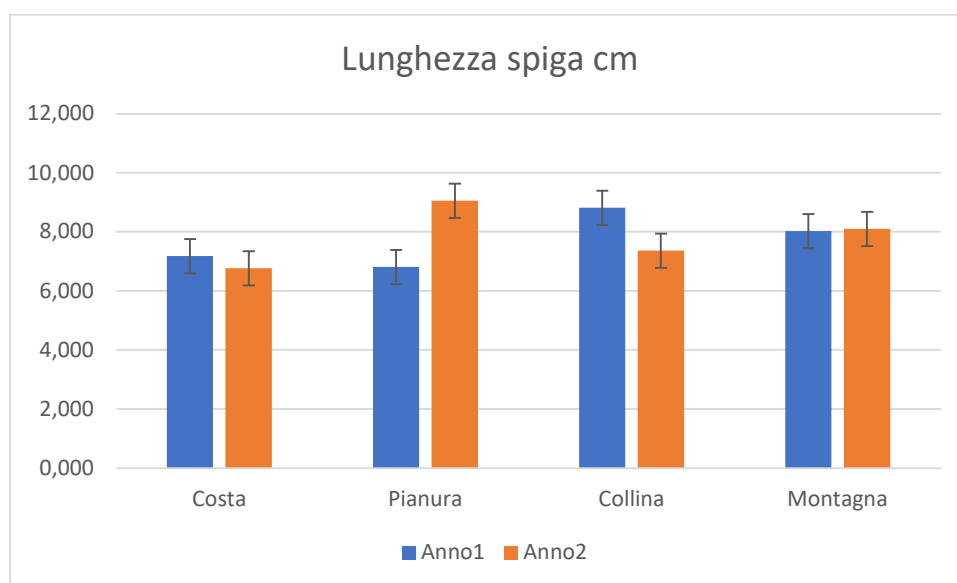


Figura 4. Istogramma delle medie della variabile Lunghezza spiga in cm; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

### Larghezza spiga.

In tabella 10 è riportata l'ANOVA per la variabile Larghezza della spiga; anche in questo caso si osserva la componente dovuta alla Azienda(Zona) sempre altamente significativa che spiega più delle 50% della varianza del modello adottato.

Variabile dipendente:	Larghezza spiga mm						
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno (A)		0,180	1	0,180	0,327	0,608	n.s.
Zona (Z)		0,731	3	0,244	0,442	0,740	n.s.
Interazione AxZ		1,652	3	0,551	95,356	0,000	**
Azienda(Zona)		5,871	19	0,309	53,493	0,000	**
Qualità (Q)		0,335	2	0,168	1,548	0,318	n.s.
Interazione AxQ		0,161	2	0,081	13,943	0,000	**
Interazione ZxQ		0,201	6	0,034	5,800	0,000	**
Errore		43,276	7492	0,006			
Toptale		52,407	7528				
% R <sup>2</sup> Modello Totale		17,423 %					
% R <sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona		3,153 %					
% R <sup>2</sup> Azienda(Zona)=		11,202 %					

Tabella 10. Analisi della varianza per la variabile Larghezza della spiga; “\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

In figura 5 si osserva il diverso andamento della larghezza della spiga in considerazione dei due anni nelle quattro zone considerate. Varia la larghezza della spiga diminuendo quando si passa dal primo al secondo

anno nei campioni raccolti nella Costa e in Collina, mentre aumenta in quelli raccolti in Pianura e leggermente in quelli di Montagna.

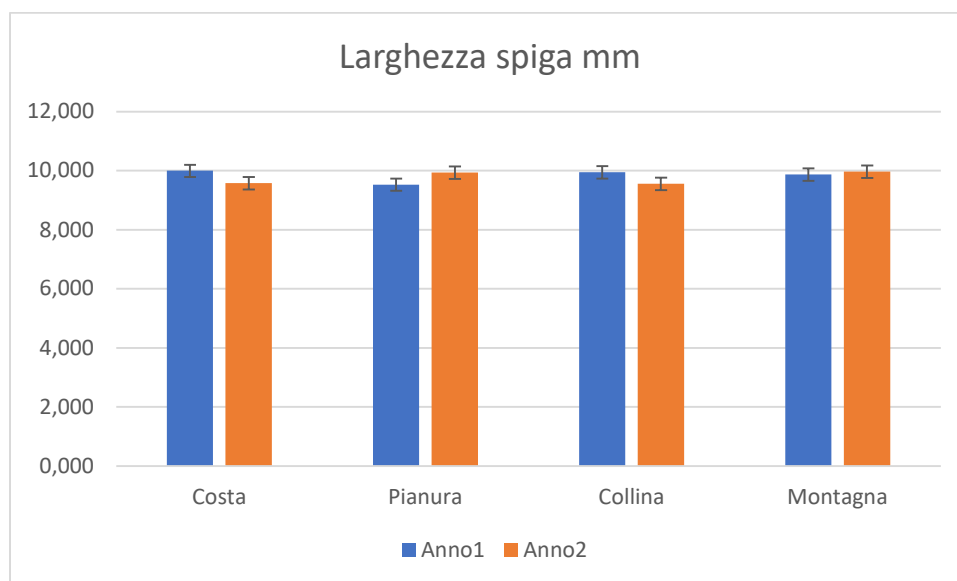


Figura 5. Istogramma delle medie della variabile Larghezza spiga in mm; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

### Numero delle spighe/spiga

La fonte di variazione Azienda(Zona) determina la variazione del modello adottato per un valore intorno al 50 % (Tab. 11). La varianza per questa fonte di variazione è altamente significativa. Dimostrazione di come la variabilità delle spighe collezionate sia fortemente determinata dalla diversità che esiste tra le aziende entro ogni macro area considerata.

Variabile dipendente:	Numero spighe						
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno (A)		2997,887	1	2997,887	1,515	0,306	n.s.
Zona (Z)		7622,984	3	2540,995	1,284	0,421	n.s.
Interazione AxZ		5935,033	3	1978,344	285,588	0,000	**
Azienda(Zona)		19386,394	19	1020,337	147,293	0,000	**
Qualità (Q)		3215,354	2	1607,677	6,199	0,035	*
Interazione AxQ		30,093	2	15,047	2,172	0,114	n.s.
Interazione ZxQ		1556,102	6	259,350	37,439	0,000	**
Errore		51933,651	7497	6,927			
Totale		92677,497	7533				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 43,96

% R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 6,40

% R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 20,92

Tabella 11. Analisi della varianza per la variabile Numero di spighe; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

L’interazione Anno x Zona è altamente significativa (p < 0,01), anche se il grado di variazione è decisamente inferiore se confrontato con la fonte di variazione Azienda(Zona).

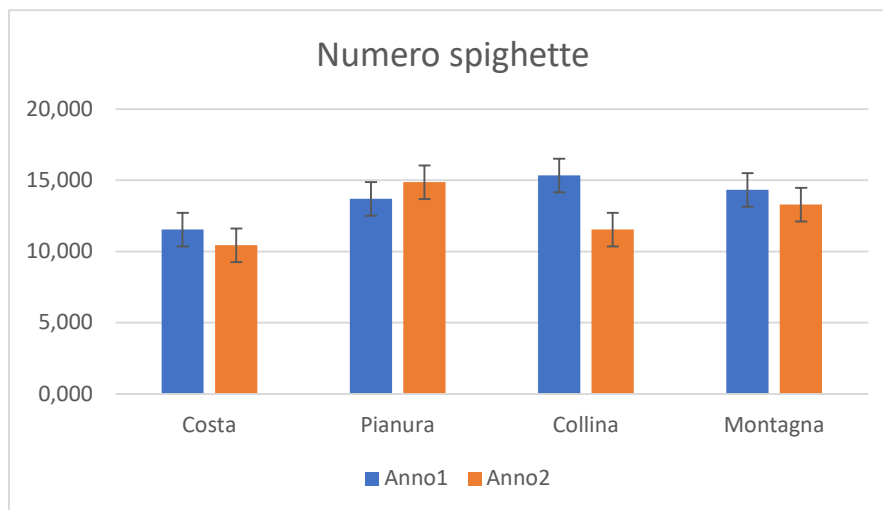


Figura 6. Istogramma delle medie della variabile Numero di spighette; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

La figura 6 mette in evidenza il diverso comportamento tra gli anni osservato nelle quattro macro aree climatiche.

### Densità della spiga

Questa variabile deriva dalla misurazione della distanza tra 10 spighette della porzione del terzo medio della spiga. Quando il valore è maggiore di >52 mm la spiga è definita “lasca” o molto lasca in base ad una seconda classificazione; se compresa tra 42 – 52, si indica come “semi-lasca” o lasca; tra 37 – 44 mm è definita “media” in entrambe le schede varietali; tra 29-36 “semi-compatta” o compatta; < 29 mm “compatta” o molto compatta. Dalla tabella

Variabile dipendente:	Densità Spiga cm					
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno (A)	982,788	1	982,788	24,950	0,015	*
Zona (Z)	922,630	3	307,543	7,808	0,063	n.s.
Interazione AxZ	118,170	3	39,390	26,701	0,000	**
Azienda(Zona)	1199,307	19	63,121	42,787	0,000	**
Qualità (Q)	62,109	2	31,055	0,648	0,571	n.s.
Interazione AxQ	63,587	2	31,794	21,551	0,000	**
Interazione ZxQ	105,741	6	17,623	11,946	0,000	**
Errore	11059,917	7497	1,475			
Totale	14514,249	7533				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 23,80

% R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 0,81

% R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 8,26

Tabella 12. Analisi della varianza per la variabile Densità della spiga; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Per questa variabile risulta significativo l’effetto principale della componente Anno e tutte le interazioni di primo ordine previste dal modello dell’ANOVA. La fonte di variazione che contribuisce maggiormente alla variazione del modello è, anche in questo caso Azienda(Zona).

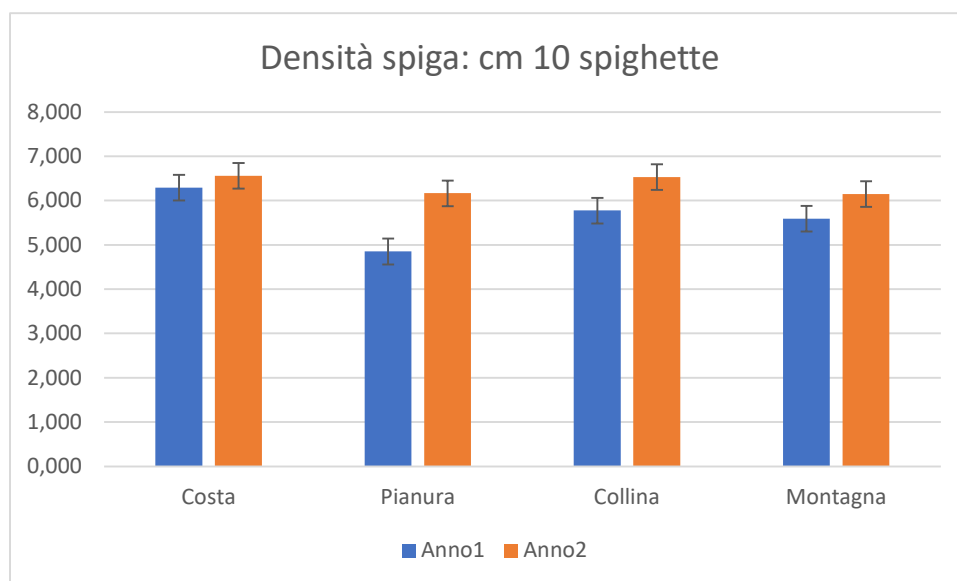


Figura 7. Istogramma delle medie della variabile Densità della spiga; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

Dall'istogramma riportato nella figura 7 è possibile osservare una diminuzione della densità della spiga dato che la lunghezza compresa tra le 10 spighette del terzo mediano della spiga aumenta, passando da semi-lasca a lasca (da lassa a molto lassa nel caso della seconda classificazione).

### Numero di cariossidi per spiga.

Variabile dipendente:	Numero cariossidi spiga					
Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno (A)	5549,243	1	5549,243	1,309	0,336	n.s.
Zona (Z)	47037,344	3	15679,115	3,698	0,156	n.s.
Interazione AxZ	12718,111	3	4239,370	66,604	0,000	**
Azienda(Zona)	99723,582	19	5248,610	82,460	0,000	**
Qualità (Q)	17433,280	2	8716,640	3,736	0,122	n.s.
Interazione AxQ	1452,158	2	726,079	11,407	0,000	**
Interazione ZxQ	10026,170	6	1671,028	26,253	0,000	**
Errore	476996,366	7494	63,650			
Totale	670936,255	7530				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 28,91

% R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 1,90

% R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 14,86

Tabella 13. Analisi della varianza per la variabile numero di cariossidi/spiga; “\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

La variabile numero di cariossidi per spiga principale è una variabile fortemente associata alle caratteristiche produttive. Il modello adottato dell'analisi della varianza spiga circa il 29 % della variazione totale, e di questa più del 50 % è da imputare alla fonte di variazione Azienda(Zona). Indicando una forte influenza delle condizioni aziendali entro ogni zona (macro aerea climatica). Tutte le interazioni di primo ordine risultano statisticamente significative (Tab. 13)

Il diverso comportamento della variabile numero cariossidi tra i due anni nelle quattro zone è sottolineato dalla significatività dell'interazione Anno x Zona ed è visualizzata nell'istogramma di figura 8.

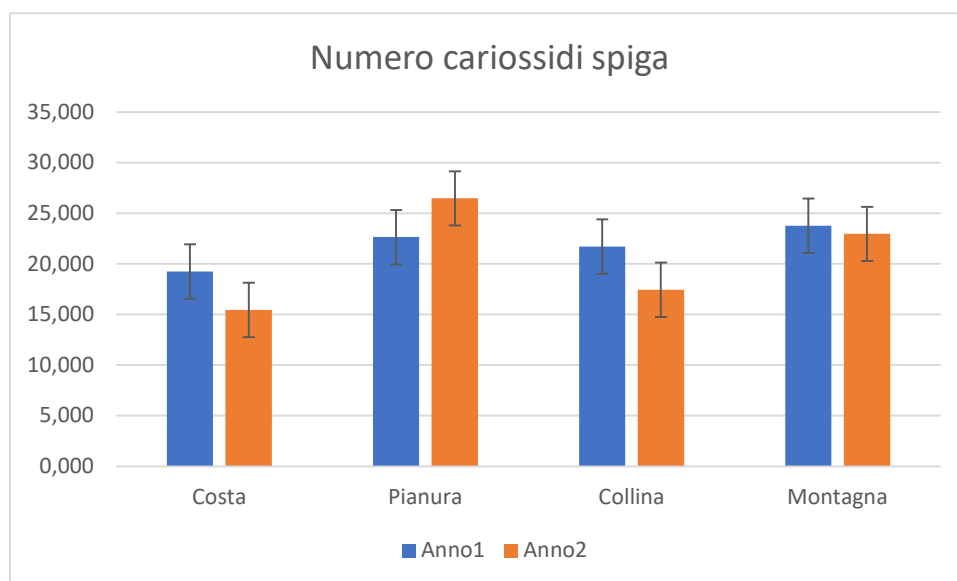


Figura 8. Istogramma delle medie della variabile Numero di cariossidi/spiga; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

### Peso della spiga.

Altra variabile associata con le caratteristiche produttive della pianta. Si osserva che il modello adottato descrive il 31 % della varianza totale e sempre la componente più determinante è la fonte di variazione Azienda(Zona) con circa il 16 % della variazione totale (% R<sup>2</sup> = 15,63). Sempre questa fonte di variazione risulta altamente significativa ( $p < 0,01$ ), insieme alle altre relative alle interazioni di primo ordine (Tab. 14).

Variabile dipendente:	Peso spiga g					
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno (A)	36,188	1	36,188	1,500	0,308	n.s.
Zona (Z)	250,295	3	83,432	3,458	0,168	n.s.
Interazione AxZ	72,382	3	24,127	77,481	0,000	**
Azienda(Zona)	529,547	19	27,871	89,502	0,000	**
Qualità (Q)	85,135	2	42,568	2,636	0,186	n.s.
Interazione AxQ	9,663	2	4,832	15,516	0,000	**
Interazione ZxQ	69,763	6	11,627	37,339	0,000	**
Errore	2334,242	7496	0,311			
Totale	3387,217	7532				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 31,09  
 % R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 2,14  
 % R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 15,63

Tabella 14. Analisi della varianza per la variabile peso spiga; “\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.



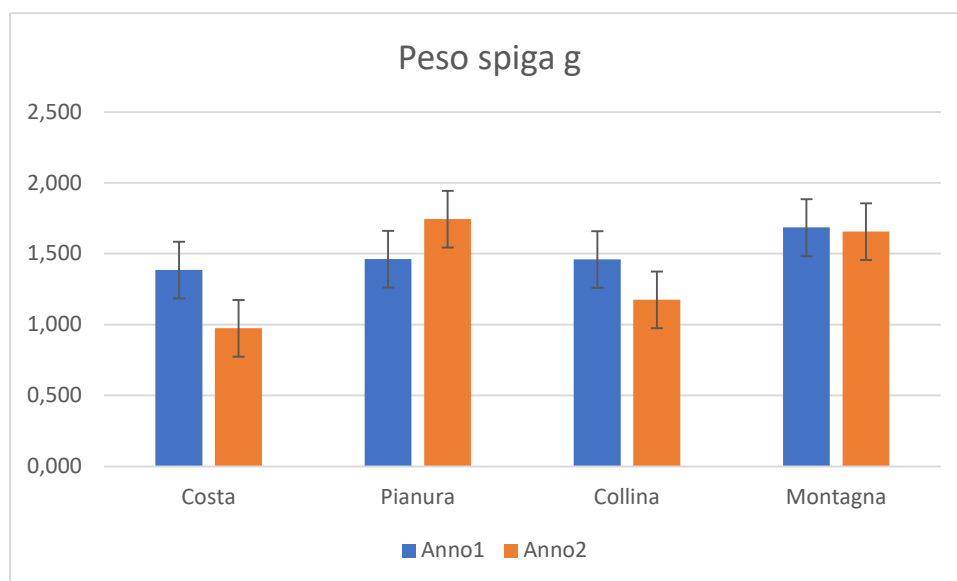


Figura 9. Istogramma delle medie della variabile Peso della spiga; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

Il peso della spiga oscilla tra valori di 0,9 g a valori di circa 1,7 dimostrando una forte variazione per questo carattere e un diverso comportamento tra i due anni per ogni zona considerata (Fig. 9): interazione Anno x Zona altamente significativa (Tab. 14).

### Peso cariossidi spiga.

Il modello adottato spiega meno del 12 % della variazione totale, indicando che ci sono altre fonti di variazione che non sono state considerate: queste sono da attribuire a tutte le interazioni di secondo livello e di livelli superiori che determinano forti cambiamenti. Una stima di questa variazione non controllata può essere ottenuta dalla fonte di variazione Azienda(Zona) che risulta determinante all'interno del modello e altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Anche l'interazione Anno x Zona risulta altamente significativa, anche se il suo contributo alla variazione del modello non è molto elevato (1,0 %).

Variabile dipendente:	Peso cariossidi spiga g					
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno (A)	3,350	1	3,350	0,194	0,689	n.s.
Zona (Z)	168,344	3	56,115	3,248	0,180	n.s.
Interazione AxZ	51,827	3	17,276	28,247	0,000	**
Azienda(Zona)	297,531	19	15,660	25,605	0,000	**
Qualità (Q)	39,207	2	19,604	2,313	0,180	n.s.
Interazione AxQ	3,199	2	1,599	2,615	0,073	n.s.
Interazione ZxQ	50,852	6	8,475	13,858	0,000	**
Errore	4583,272	7494	0,612			
Totale	5197,582	7530				
% R <sup>2</sup> Modello Totale	11,82					
% R <sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona	1,00					
% R <sup>2</sup> Azienda(Zona)=	5,72					

Tabella 15. Analisi della varianza per la variabile peso delle cariossidi spiga; “\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

La significatività dell'interazione Anno x Zona e visualizzabile in figura 10.

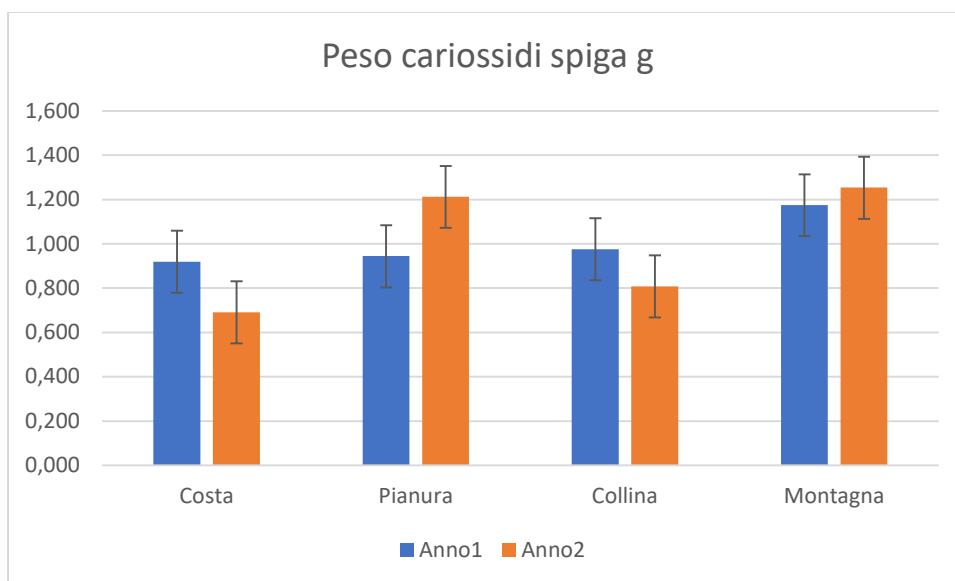


Figura 10. Istogramma delle medie della variabile Peso cariossidi spiga; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

### Peso 1000 cariossidi.

Per questa variabile il modello non riesce a spiegare più del 1,2% della varianza totale osservata, questo risultato indica come questa variabile sia fortemente influenzata da tutte le interazioni che non sono state considerate nel modello, quindi, hanno contribuito alla varianza dell'errore residuo. Dall'analisi della varianza risultano statisticamente significative ( $p < 0,05$ ) solo le fonti da variazione Interazione Anno x Zona e Azienda(Zona) (Tab, 16).

Variabile dipendente:	Peso 1000 cariossidi g					
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno (A)	6857,62	1	6857,618	0,756	0,449	n.s.
Zona (Z)	80334,66	3	26778,220	2,952	0,199	n.s.
Interazione AxZ	27216,68	3	9072,228	3,699	0,011	*
Azienda(Zona)	81115,81	19	4269,253	1,741	0,024	*
Qualità (Q)	2678,20	2	1339,102	0,546	0,579	n.s.
Interazione AxQ	3689,31	2	1844,656	0,752	0,471	n.s.
Interazione ZxQ	20882,92	6	3480,486	1,419	0,203	n.s.
Errore	18311981,58	7466	2452,717			
Totale	18534756,79	7502				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 1,20

% R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 0,15

% R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 0,44

Tabella 16. Analisi della varianza per la variabile Peso 1000 cariossidi; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

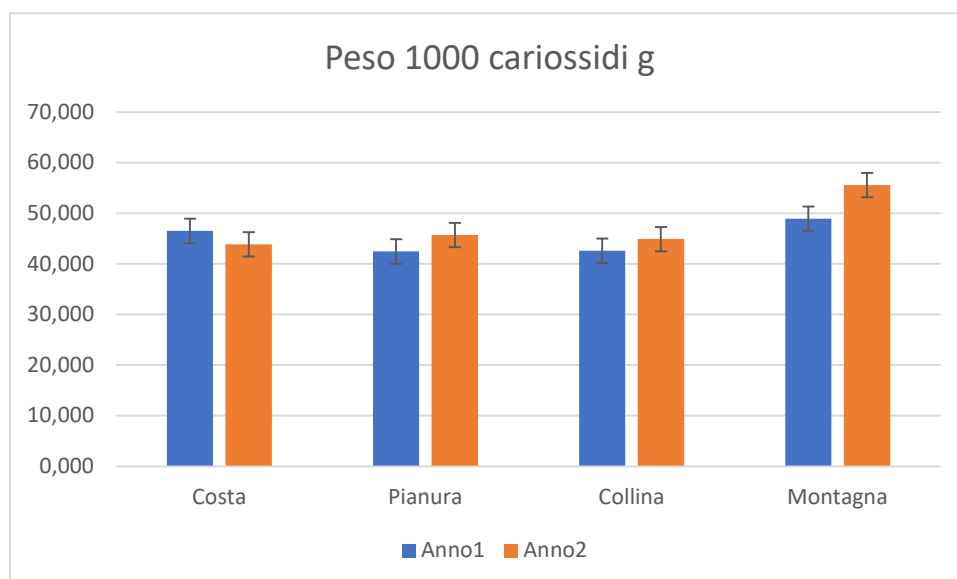


Figura 11. Istogramma delle medie della variabile Peso 1000 cariossidi; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

L'istogramma di figura 11, evidenzia comunque come le medie di questa variabile non si differenziano in maniera sostanziale (da un minimo di circa 42 g ad un massimo di 55 g), si osserva solo un diverso comportamento dei valori tra gli anni nelle quattro macro aree (interazione significativa Anno x Zona).

### % Spighe aristate.

La percentuale di spighe aristate è un indice della variazione dei genotipi dato che la presenza delle ariste è determinato geneticamente e non è modificabile dalle condizioni ambientali. Quindi questa variabile indica il cambiamento delle frequenze geniche che possono avvenire all'interno della popolazione evolutiva. Per questa variabile la componente Azienda(Zona) non è stata specificata nel modello, in modo da sommare la variazione dovuta al fattore Azienda nell'errore considerato per il test dell'ANOVA "F". In tabella 17 è riportato il risultato dell'analisi della varianza, dove è possibile verificare che l'unica fonte di variazione significativa ( $p < 0,01$ ) è l'Interazione Anno x Zona.

Variabile dipendente:	% Spighe aristate					
	Fonti di variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno (A)	6275,406	1	6275,406	3,493	0,158	n.s.
Zona (Z)	8550,363	3	2850,121	1,586	0,357	n.s.
Interazione AxZ	5389,693	3	1796,564	5,003	0,003	**
Qualità (Q)	368,779	2	184,390	0,514	0,601	n.s.
Interazione AxQ	168,184	2	84,092	0,234	0,792	n.s.
Interazione ZxQ	1058,951	6	176,492	0,492	0,812	n.s.
Errore	23340,450	65	359,084			
Totale	45151,826	82				
% R <sup>2</sup> Modello Totale	48,31					
% R <sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona	18,94					
% R <sup>2</sup> Azienda(Zona)=	11,94					

Tabella 17. Analisi della varianza per la variabile % Spighearistate; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

L'andamento delle medie, riportato nell'istogramma di figura 12, mostra una variazione marcata tra l'andamento dei valori nei due anni. Si osserva un incremento delle spighe aristate tra il primo e il secondo anno nella zona di Pianura e un notevole decremento tra il primo e il secondo anno nelle altre zone.

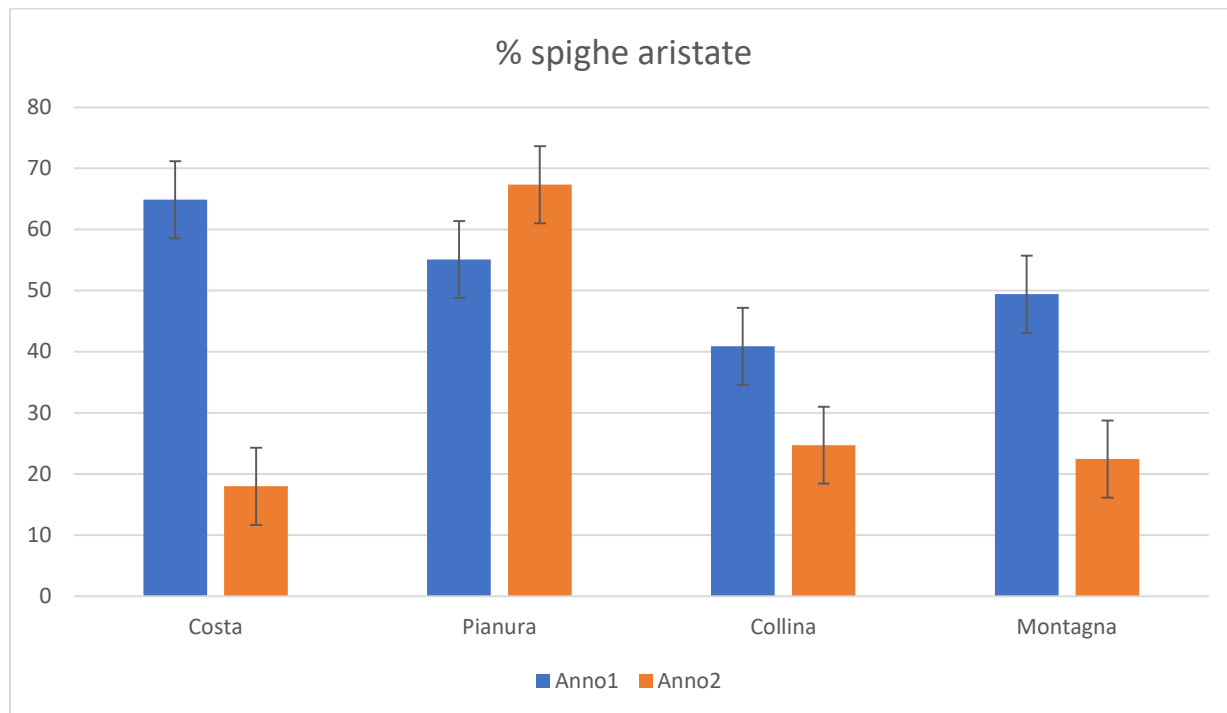


Figura 12. Iistogramma delle medie della variabile % Spighe aristate; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche - MAC).

Questa diminuzione della frequenza delle spighe aristate tra il primo e il secondo anno denota una variazione delle frequenze dei genotipi all'interno della popolazione evolutiva confermando la forte instabilità di questa popolazione, probabilmente non dovuta alle sole forze evolutive.

### Produzione ad ettaro q/ha.

Variabile dipendente:	Produzione q/ha					
	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno (A)	240,848	1	240,848	5,318	0,104	n.s.
Zona (Z)	47,399	3	15,800	0,349	0,795	n.s.
Interazione AxZ	135,878	3	45,293	1,519	0,221	n.s.
Qualità (Q)	144,058	2	72,029	2,415	0,100	n.s.
Interazione AxQ	77,890	2	38,945	1,306	0,271	n.s.
Interazione ZxQ	181,956	6	30,326	1,017	0,426	n.s.
Errore	1461,471	49	29,826			
Totale	2289,501	66				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 36,17  
 % R<sup>2</sup> Interazione. Anno x Zona 2,07  
 % R<sup>2</sup> Azienda(Zona)= 5,93

Tabella 18. Analisi della varianza per la variabile Produzione per ettaro q/ha; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

In tabella 4 è possibile osservare una variazione molto marcata della produzione di granella per unità di superfici. Non avendo considerato il fattore azienda nel modello, questo ha contribuito ad incrementare la varianza d'errore che, di conseguenza, ha determinato la riduzione della potenza del test. Infatti, in tabella 18, non risulta significativa nessuna delle fonti di variazione prese in considerazione dal modello stesso.

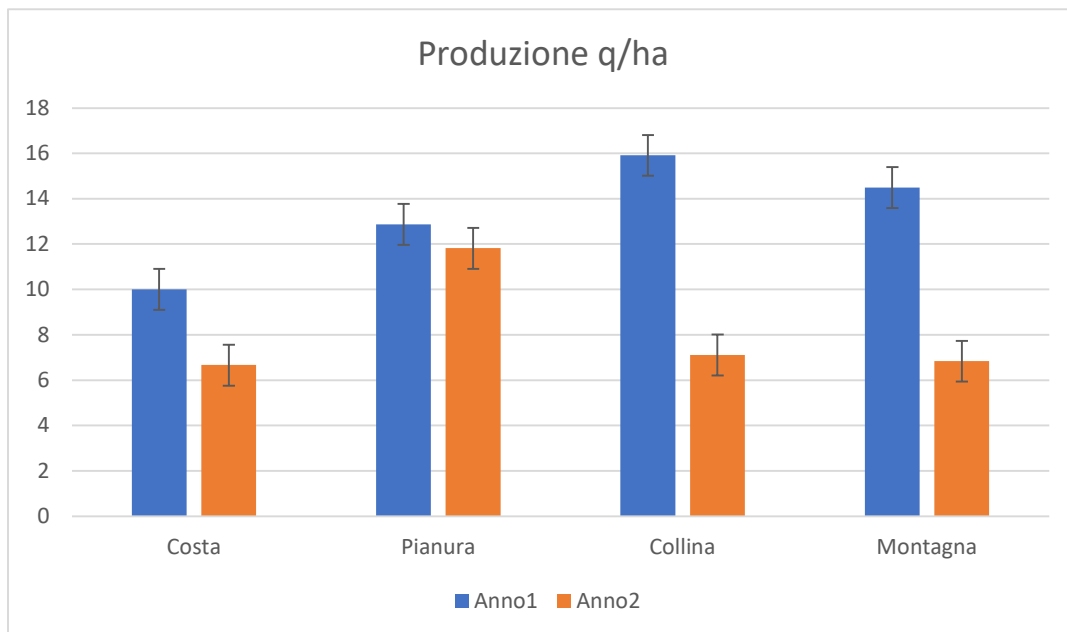


Figura 13. Istogramma delle medie della variabile Produzione granella per ettaro q/ha; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

### Caratteristiche delle farine.

Per quanto riguardano le caratteristiche delle farine i campioni sono stati riuniti per Zona di provenienza considerando gli anni di prova. In questo modo i fattori presi in esame sono: Anno e Zona. La varianza della fonte di variazione interazione Anno x Zona è stata utilizzata come varianza d'errore. In questo modo la potenza del test risulta molto limitata, ma attraverso l'Istogramma è possibile stimare la variabilità dei parametri in funzione dell'anno e della zona (macro area climatica).

## Contenuto di carbonio % s.s.

Il contenuto di carbonio (%/s.s.) non determina nessuna varianza statisticamente significativa per le fonti di variazione considerate nel modello (Tab. 19)

Variabile dipendente:	% contenuto in carbonio/s.s.					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno	0,201	1	0,201	6,909	0,078	n.s.
Zona	0,298	3	0,099	3,418	0,170	n.s.
Errore	0,087	3	0,029			
Totale	0,586	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale

85,121

Errore Std=

0,170

% R<sup>2</sup> Anno

34,267

% R<sup>2</sup> Zona

50,855

Tabella 19. Analisi della varianza per la variabile % Carbonio; “\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Il valore del contenuto di Carbonio varia molto tra i due anni e tra le zone considerate

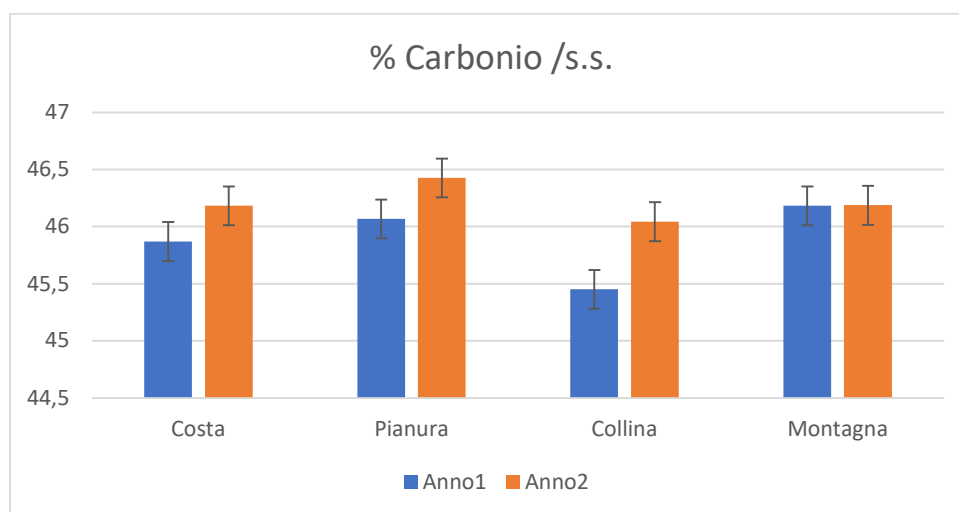


Figura 14. Istogramma delle medie della variabile Contenuto di carbonio %; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

Il modello spiega più dell’85% della varianza totale, ma la potenza del test risulta non sufficientemente elevata da mettere in evidenza differenze significative. In figura 14 si osserva una variazione marcata tra i due anni tra le zone considerate che ha contribuito ad incrementare la varianza dell’errore usata per il test “F”.

## Proteina totale % s.s.

Il contenuto di proteina totale espresso come % sulla sostanza secca, non fa registrare varianze significative per le due fonti di variazione considerate nel modello. Circa il 99,5 % della variazione spiegata dal modello è determinata dalla fonte di variazione Zona (Tab. 20).

Variabile dipendente:	% proteine totali / s.s.					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l.	Varianza	F	p
Anno	0,044	1	0,044	0,020	0,896	n.s.
Zona	9,404	3	3,135	1,418	0,390	n.s.
Errore	6,631	3	2,210			
Totale	16,080	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale

58,760

Errore Std=

1,487

% R<sup>2</sup> Anno

0,276

% R<sup>2</sup> Zona

58,484

Tabella 20. Analisi della varianza per la variabile % Proteine Totali; “\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

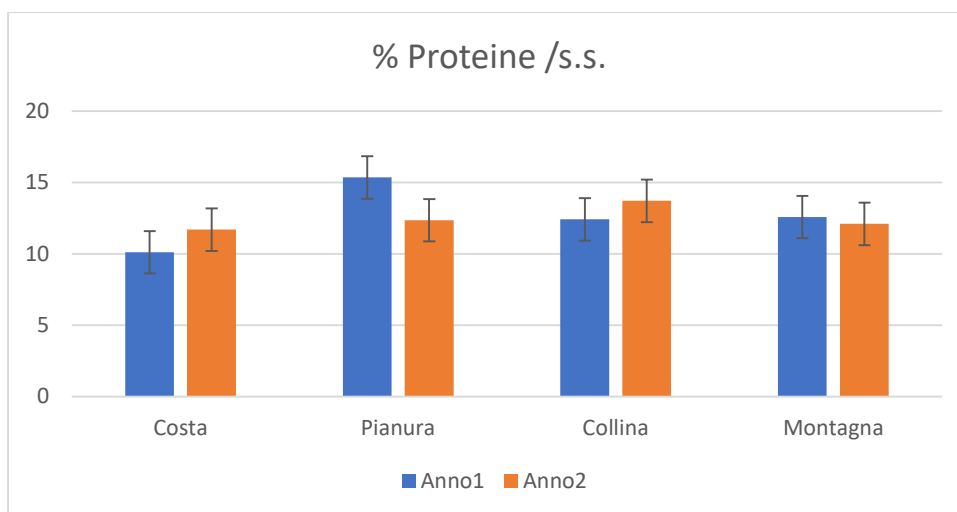


Figura 15. Istogramma delle medie della variabile Proteina totale %; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

Dall’istogramma di figura si osserva una marcata variazione del contenuto di proteina totale che va da un valore minimo del 10,11 % ad un valore massimo di 15,3 %, con variazioni positive tra il primo e il secondo anno nelle zone di Costa e Collina, negative nelle altre due zone. Questo diverso comportamento determina una forte interazione Anno x Zona, non considerata nel modello adottato a causa della distribuzione non omogenea delle repliche all’interno di ogni combinazione di tesi.

## % Glutine secco.

Anche per questa variabile non si osservano varianze significative. Il modello adottato descrive il 45,37 della variazione totale e di questo circa 99,8 % è controllato dalla fonte di variazione Zona.

Variabile dipendente:	% glutine secco / s.s.					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l.	Varianza	F	p
Anno	0,029	1	0,029	0,005	0,949	n.s.
Zona	14,969	3	4,990	0,829	0,559	n.s.
Errore	18,057	3	6,019			
Totale	33,055	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 45,373 Errore Std= 2,453

% R<sup>2</sup> Anno 0,088

% R<sup>2</sup> Zona 45,285

Tabella 21. Analisi della varianza per la variabile % Glutine secco; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

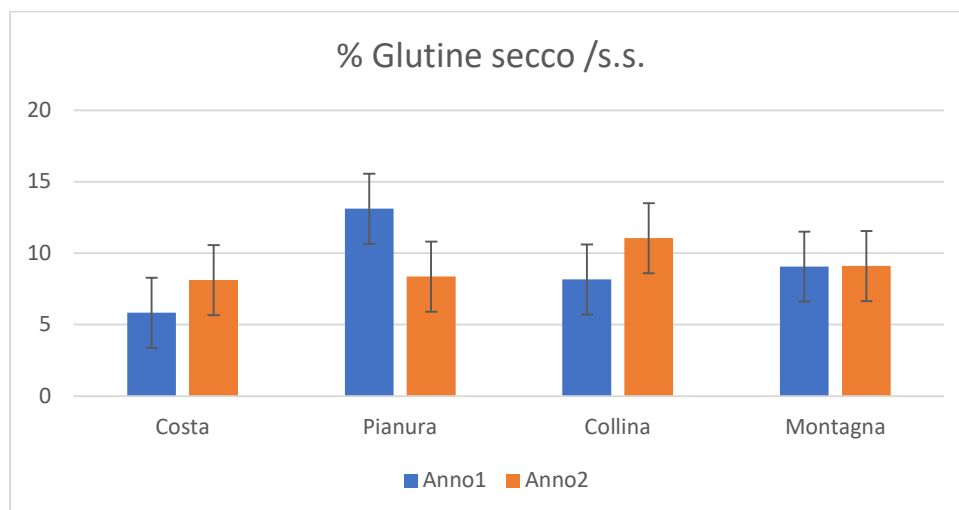


Figura 16. Istogramma delle medie della variabile % Glutine secco; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

L'istogramma di figura 16 mette in evidenza una forte interazione Anno x Zona, anche per questa variabile, si osserva infatti una diminuzione marcata della percentuale di glutine secco dal primo al secondo anno solo nei campioni provenienti dalla Zona di pianura; andamento decisamente diverso negli altri campioni.



## Indice di Glutine

Questa variabile, normalmente non considerata nei frumenti teneri, è stata calcolata come stima della grandezza dei polimeri di glutine che si formano durante l’impastamento. Nella tabella dell’ANOVA (Tab. 22) non risultano varianze significative. Il modello adottato non descrive più del 36 % della variazione totale

Variabile dipendente	Indice di glutine					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno	457,299	1	457,299	1,062	0,379	n.s.
Zona	267,787	3	89,262	0,207	0,886	n.s.
Errore	1292,321	3	430,774			
Totale	2017,407	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 35,941 Errore Std= 20,755  
 % R<sup>2</sup> Anno 22,668  
 % R<sup>2</sup> Zona 13,274

Tabella 22. Analisi della varianza per la variabile Indice di glutine; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Anche per questa variabile si osserva una forte variazione degli andamenti tra i due anni osservati nelle quattro macroaree climatiche (Fig. 17).

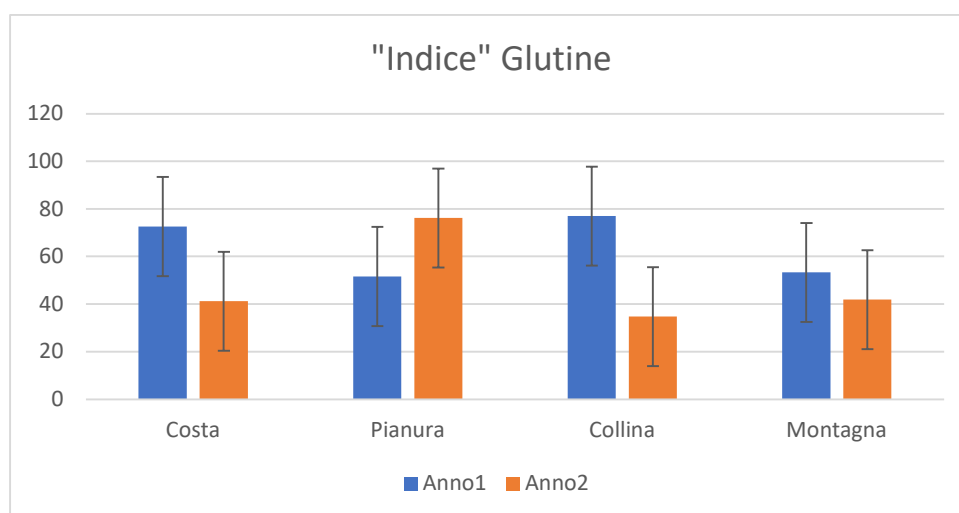


Figura 17. Istogramma delle medie della variabile Indice di glutine; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

## Tenacità dell'Impasto.

La variabile "P" stimata con l'alveografo di Chopin, permette di misurare la tenacità degli impasti. I fattori considerati (Anno e Zona) non sembrano incidere statisticamente sul valore di questa variabile. In effetti il modello adottato non riesce a spigare più del 26 % della variazione totale, determinato principalmente dalla sola variazione dovuta alla Zona (Tab. 23).

Variabile dipendente:	Tenacità dell'impasto "P"					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno	4,530	1	4,530	0,012	0,920	n.s.
Zona	407,590	3	135,863	0,361	0,788	n.s.
Errore	1130,050	3	376,683			
Totale	1542,170	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 26,723 Errore Std= 15,267  
 % R<sup>2</sup> Anno 0,294  
 % R<sup>2</sup> Zona 26,430

Tabella 23. Analisi della varianza per la variabile Tenacità dell'impasto "P"; "\*" valore del test F significativo con p<0,05; "\*\*\*" valore del test F significativo con p<0,01; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Analizzando ora l'andamento delle medie (Fig. 18), si osserva la componente dell'interazione Anno x Zona che nel modello è stata considerata come errore, molto incisiva. Infatti si osserva un incremento marcato nella zona di collina quando si confrontano i valori registrati nei due anni, mentre le zone Pianura e Montagna sono caratterizzate da un andamento decisamente opposto.

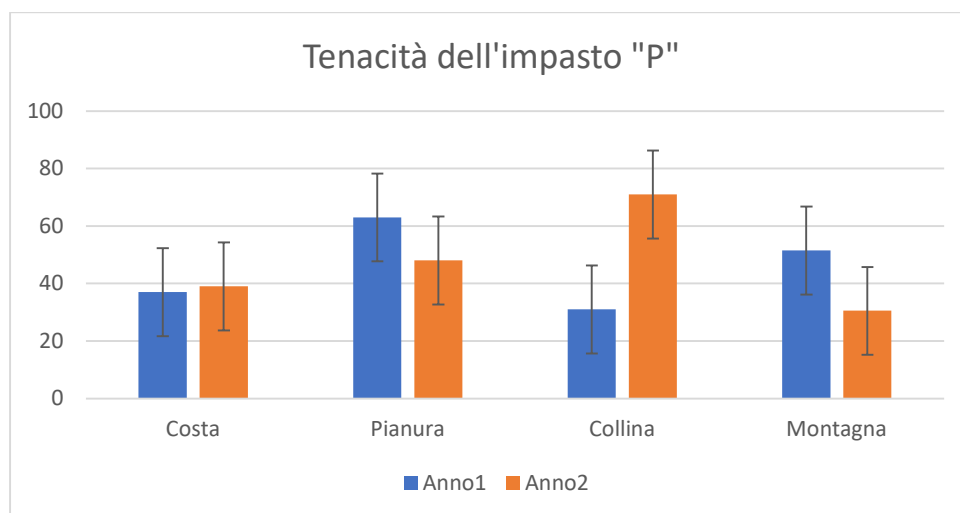


Figura 18. Istogramma delle medie della variabile Tenacità dell'impasto "P"; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

### Estensibilità dell'impasto "L".

Altro parametro legato alle caratteristiche della estensibilità degli impasti. In questo caso il modello descrive molto poco della varianza totale osservata, dovuta al fatto che la varianza dell'errore (Interazione Anno x Zona) risulta molto elevata.

Variabile dipendente:	Estensibilità dell'impasto "L"					
Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno	16,103	1	16,103	0,056	0,828	n.s.
Zona	72,041	3	24,014	0,083	0,965	n.s.
Errore	864,128	3	288,043			
Totale	952,272	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 9,256 Errore Std= 13,350  
 % R<sup>2</sup> Anno 1,691  
 % R<sup>2</sup> Zona 7,565

Tabella 24. Analisi della varianza per la variabile Estensibilità dell'impasto "P"; "\*" valore del test F significativo con p<0,05; "\*\*\*" valore del test F significativo con p<0,01; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Infatti, osservando l'istogramma di figura 19, si osserva un decremento marcato nelle zone Costa e Pianura passando dai valori del primo anno a quelli del secondo anno e un andamento decisamente contrario nelle altre due zone (Collina e Montagna).

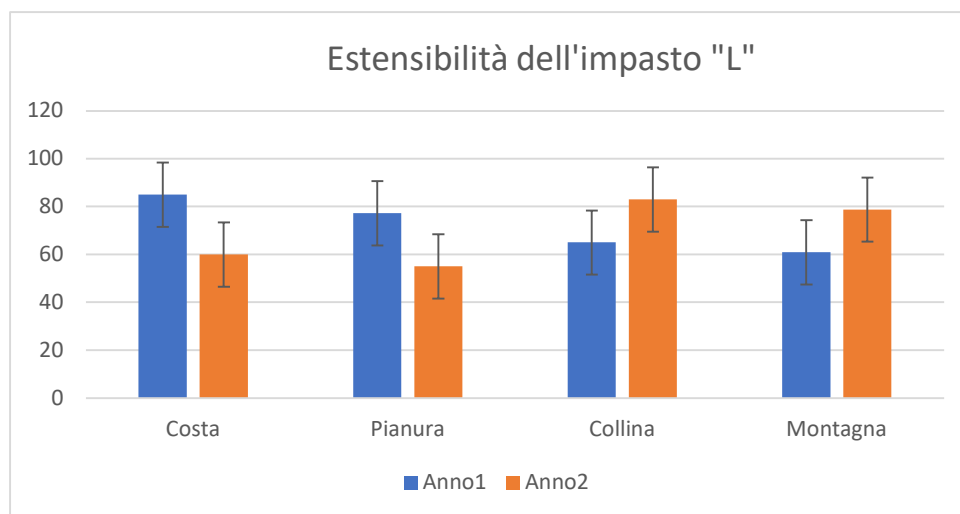


Figura 19. Iistogramma delle medie della variabile Estensibilità dell'impasto "P"; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

## Forza dell'impasto "W".

La forza dell'impasto è, insieme al rapporto P/L, un parametro molto importante e fondamentale nella scelta delle farine per la panificazione e per altri prodotti da forno. Il modello dell'ANOVA adottato descrive circa il 13 % della variazione totale. Questo valore basso di  $R^2$  (coefficiente di determinazione). Può essere spiegato dalla decisa incidenza dell'interazione, come visualizzato nell'istogramma di figura 20.

Variabile dipendente: Fonti Variazione	Forza dell'impasto "W"					
	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno	0,383	1	0,383	0,000	0,989	n.s.
Zona	810,523	3	270,174	0,157	0,919	n.s.
Errore	5161,023	3	1720,341			
Totale	5971,930	7				

%  $R^2$  Modello Totale 13,579 Errore Std= 32,626

%  $R^2$  Anno 0,006

%  $R^2$  Zona 13,572

Tabella 25. Analisi della varianza per la variabile Forza della farina "W"; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di  $R^2$  (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Si osserva, infatti, un diverso andamento dei valori dei due anni per ogni zona considerata.

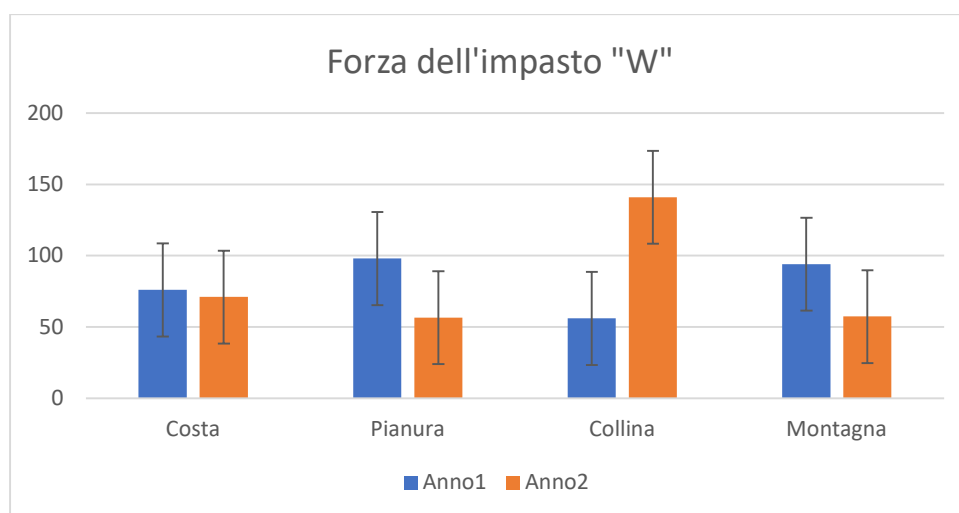


Figura 20. Iistogramma delle medie della variabile Forza della farina "W"; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

È importante sottolineare i valori osservati che vanno da un minimo di circa 51 ad un massimo di circa 140, dimostrando che è possibile, con dovuti accorgimenti e in base alla zona di coltivazione, ottenere farine con buone caratteristiche panificatorie.

## Rapporto P/L.

Anche se il modello adottato descrive più del 79 % della variazione totale, le medie delle due fonti di variazione considerate, non risultano statisticamente differenti. Comunque il fattore Zona incide maggiormente alla varianza del modello.

Variabile dipendente:	Rapporto P/L					
Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno	0,030	1	0,030	1,293	0,338	n.s.
Zona	0,231	3	0,077	3,361	0,173	n.s.
Errore	0,069	3	0,023			
Totale	0,329	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 79,131 Errore Std= 0,119  
 % R<sup>2</sup> Anno 8,997  
 % R<sup>2</sup> Zona 70,134

Tabella 26. Analisi della varianza per la variabile Rapporto "P/L"; "\*" valore del test F significativo con p<0,05; "\*\*\*" valore del test F significativo con p<0,01; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

In questo caso la non significatività della fonte di variazione del fattore zona, dipende dalla varianza elevata dell'errore, sempre da imputare all'interazione Anno x Zona che contribuisce alla varianza dell'errore. Questa interazione è, comunque, facilmente visualizzabile nell'istogramma di figura 21

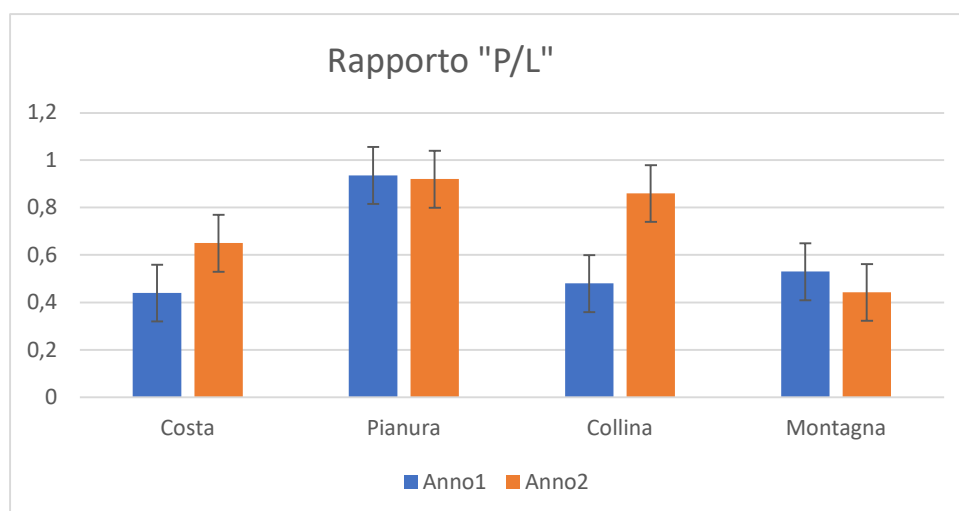


Figura 21. Iistogramma delle medie della variabile Rapporto "P/L"; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

Gli altri parametri sempre rilevati con l'alveografo di Chopin (volume della sfera "G" e l'indice di elasticità "Ie") non vengono riportati perché poco rappresentati dal modello adottato; inoltre, presentano, come gli altri parametri analizzati per la qualità tecnologiche degli impasti, un andamento caratteristico dovuto fondamentalmente all'interazione Anno x Zona.

## Caratteristiche nutraceutiche.

Anche per le caratteristiche nutraceutiche è stato adottato il modello dell'analisi della varianza considerando solo le medie delle zone nei due anni di prova, al fine di ridurre, per queste variabili l'eterogeneità della distribuzione dei dati.

## Flavonoidi frazione solubile

La frazione solubile dei flavonoidi non risulta essere influenzata dai soli effetti principali dei due fattori considerati. Il modello adottato non descriva più del 22 % della variazione totale. La fonte di variazione maggiore è quella relativa alla varianza d'errore, dovuta all'interazione Anno x Zona.

Variabile dipendente	Flavonoidi frazione solubile mg/g s.s.					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno	0,001	1	0,001	0,046	0,843	n.s.
Zona	0,012	3	0,004	0,270	0,845	n.s.
Errore	0,045	3	0,015			
Totale	0,057	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 22,187  
% R<sup>2</sup> Anno 1,200  
% R<sup>2</sup> Zona 20,987

Tabella 27. Analisi della varianza per la variabile Flavonoidi frazione solubile; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

In figura 22 l'istogramma riportato mostra una notevole variazione del comportamento delle medie tra le varie zone per i valori osservati nei due anni: nella Costa e nella Pianura si osserva una diminuzione del valore dei flavonoidi della frazione libera passando dal primo al secondo anno di valutazione, mentre nelle Zone di Collina e Montagna, si osserva un incremento.

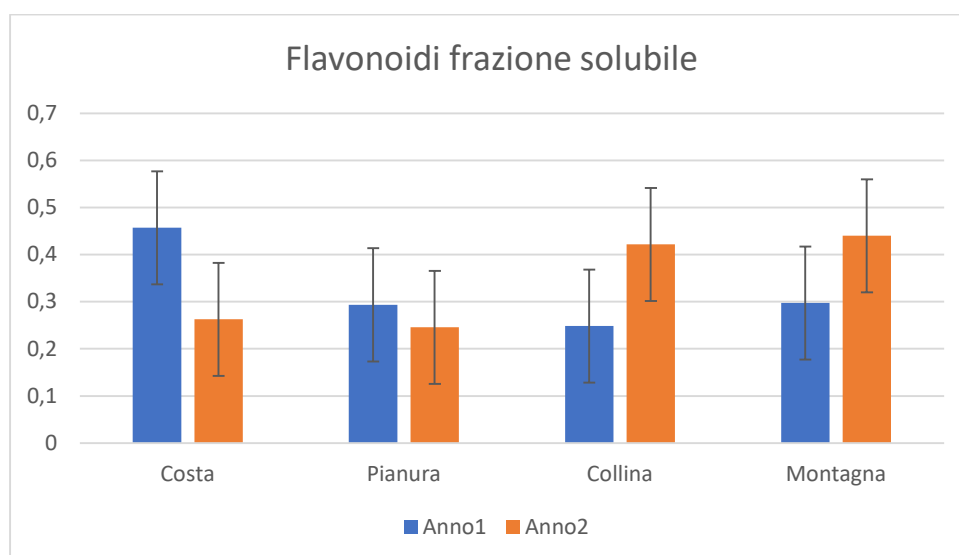


Figura 22. Iistogramma delle medie della variabile Flavonoidi frazione solubile; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

## Flavonoidi frazione insolubile.

La frazione dei flavonoidi derivati dall'estrazione basica e acida (frazione insolubile), anche se non statisticamente significativa, mostra la componente dovuta alla Zona molto importante nel determinare la varianza tra le medie.

Variabile dipendente	Flavonoidi frazione insolubile mg/g s.s.						
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno		0,003	1	0,003	5,031	0,111	n.s.
Zona		0,005	3	0,002	3,103	0,189	n.s.
Errore		0,002	3	0,001			
Totale		0,010	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 82,700

% R<sup>2</sup> Anno 29,014

% R<sup>2</sup> Zona 53,686

Tabella 28. Analisi della varianza per la variabile Flavonoidi frazione insolubile; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

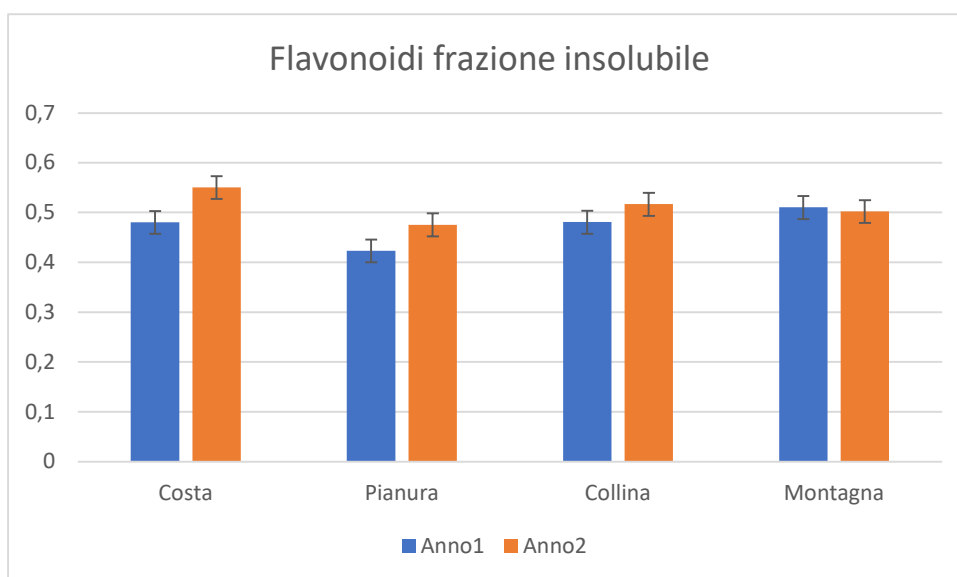


Figura 23. Istogramma delle medie della variabile Flavonoidi frazione insolubile; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

I valori rilevati, relativamente al frumento, sono da considerare elevati, si osservano, infatti, medie che oscillano da un minimo di 0,4 mg/g ad un massimo di 0,62 mg/g s.s. (Tab. 5 e Fig. 23). In questa variabile la componente dovuta all'interazione Anno x Zona non sembra essere molto incisiva, come visualizzato sia dal R<sup>2</sup> del modello totale che dall'istogramma di figura 23.

## Polifenoli frazione solubile.

Il modello dell'analisi della varianza adottato descrive circa il 57 % della varianza totale, non evidenzia nessuna delle fonti di variazione statisticamente significative. Anche l'interazione (varianza d'errore) non incide più del 43 %. Dimostrando una stabilità superiore alle altre variabili considerate.

Variabile dipendente	Polifenoli frazione solubile mg/g s.s.					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anno	0,018	1	0,018	1,573	0,299	n.s.
Zona	0,027	3	0,009	0,811	0,566	n.s.
Errore	0,033	3	0,011			
Totale	0,078	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale

57,189

Errore Std=

0,106

% R<sup>2</sup> Anno

22,453

% R<sup>2</sup> Zona

34,736

Tabella 29. Analisi della varianza per la variabile Polifenoli frazione solubile; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

Anche dalla figura 24 si osserva che l'oscillazione dei valori di questa variabile vanno da un minimo di 1,2 mg/g ad un massimo di 1,55.

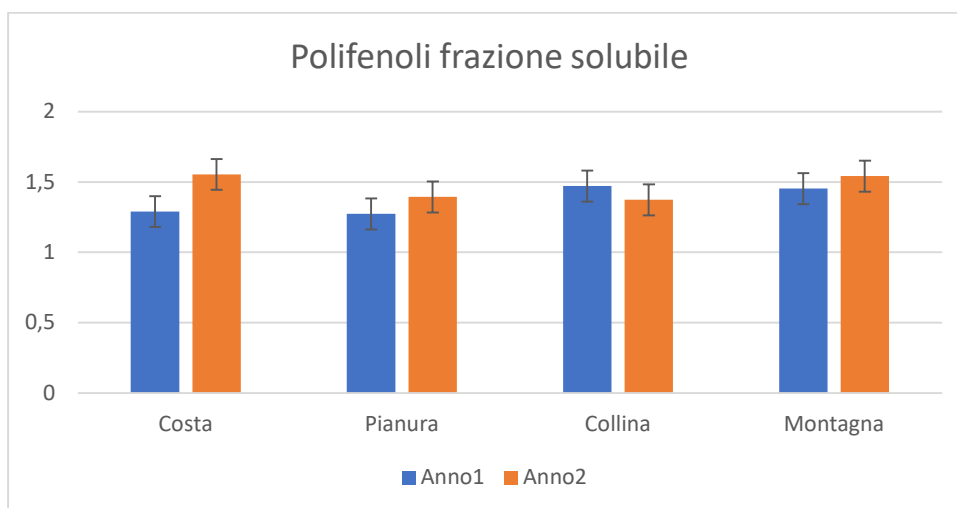


Figura 24. Istogramma delle medie della variabile Polifenoli frazione solubile; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).



## Polifenoli frazione insolubile.

Il modello adottato non riesce a descrivere più del 39 % della variazione osservata. Le fonti di variazione adottate non risultano statisticamente significativa.

Variabile dipendente	Polifenoli frazione insolubile mg/g s.s.					
	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno	0,021	1	0,021	0,441	0,554	n.s.
Zona	0,071	3	0,024	0,495	0,711	n.s.
Errore	0,144	3	0,048			
Totale	0,237	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 39,086 Errore Std= 0,219

% R<sup>2</sup> Anno 8,954

% R<sup>2</sup> Zona 30,132

Tabella 30. Analisi della varianza per la variabile Polifenoli frazione insolubile; “\*” valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; “\*\*\*” valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

L’andamento dell’istogramma di figura 25 mette in evidenza un diverso comportamento tra i valori del primo e secondo anno al variare della zona. I valori osservati, sempre riferiti al frumento, sono da considerarsi al di sopra dei valori che normalmente si osservano per i frumenti; evidenziando come questa popolazione può ritenersi interessante per questi metaboliti secondari.

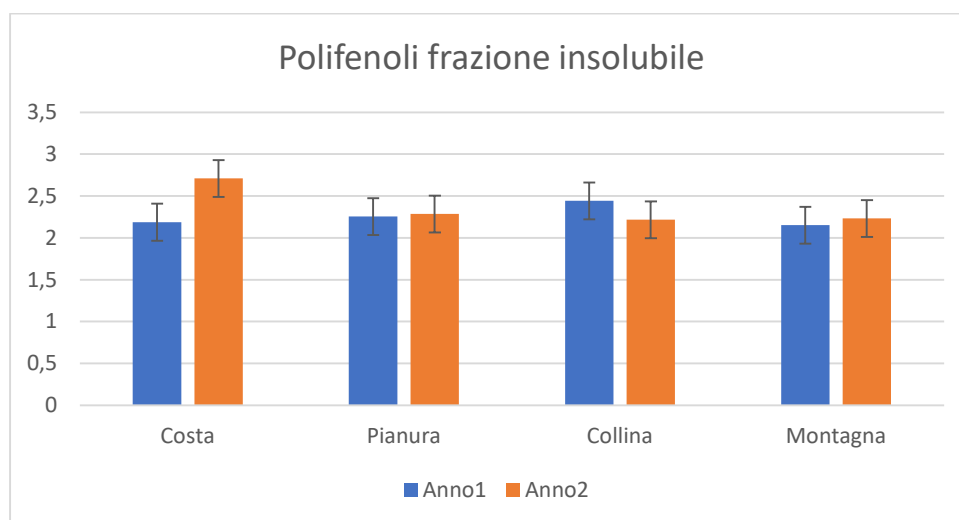


Figura 25. Istogramma delle medie della variabile Polifenoli frazione insolubile; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

Non si osservano, infatti, valori al di sotto di 2,1 e si osservano valori prossimi a 2,7 mg/g i s.s..

### Attività anti radicalica (ARP).

Queste variabili (frazione solubile e legata) che si basa sulla capacità di ridurre la presenza di radicali liberi, presentano valori interessanti sia della frazione libera che di quella legata. I modelli dell'analisi della varianza adottati riescono a controllare il 92 % (Tab. 31) della varianza totale per la frazione solubile e il 42 % (Tab. 32) per la frazione insolubile. Per quanto riguarda la frazione solubile, risulta anche significativa statisticamente la fonte di variazione dovuta alla Zona ( $p < 0,05$ ).

Variabile dipendente	Attività anti-radicalica (ARP) frazione solubile					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l.	Varianza	F	p
Anno	7,521	1	7,521	5,588	0,099	n.s.
Zona	96,501	3	32,167	23,901	0,013	*
Errore	4,038	3	1,346			
Totale	108,060	7				
% R <sup>2</sup> Modello Totale	96,264			Errore Std=	1,160	
% R <sup>2</sup> Anno	6,960					
% R <sup>2</sup> Zona	89,304					

Tabella 31. Analisi della varianza per la variabile Attività anti-radicalica frazione solubile; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

In figura 26 si osservano valori elevati nelle zone di Costa e Collina rispetto a quelli registrati in Pianura e in Montagna

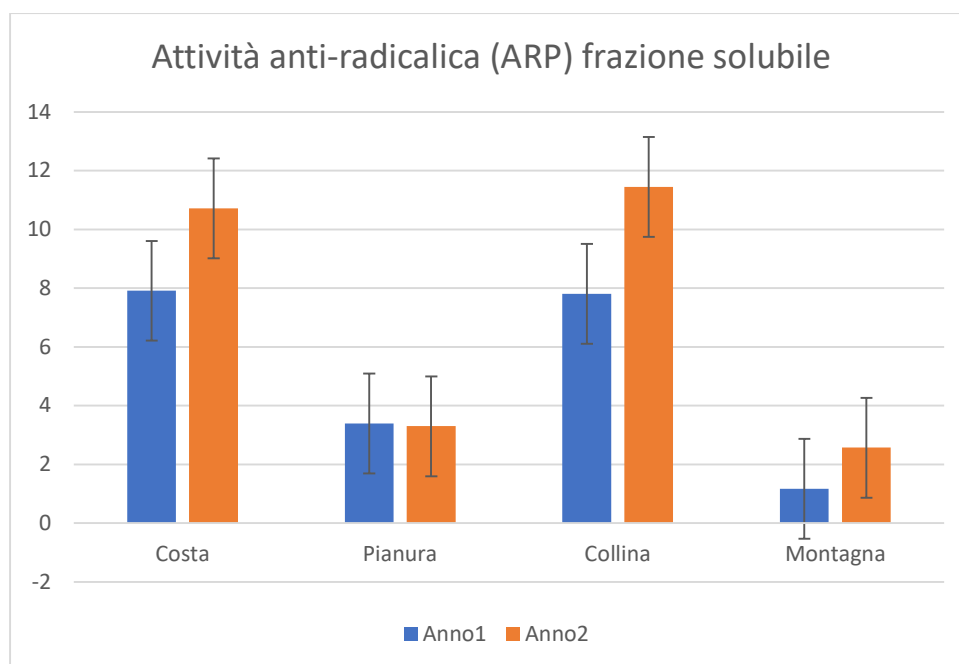


Figura 26. Istogramma delle medie della variabile Attività anti-radicalica frazione solubile; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

Nel caso dell'ARP della frazione legata, nessuna delle fonti di variazione risulta significativa, è da sottolineare comunque i valori osservati, che sempre riferiti al frumento, risultano molto elevati (Fig. 27).

Variabile dipendente	Attività anti-radicalica (ARP) frazione insolubile						
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anno		8,387	1	8,387	1,250	0,345	n.s.
Zona		6,558	3	2,186	0,326	0,809	n.s.
Errore		20,132	3	6,711			
Totale		35,078	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 42,607 Errore Std= 2,591  
 % R<sup>2</sup> Anno 23,910  
 % R<sup>2</sup> Zona 18,697

Tabella 32. Analisi della varianza per la variabile Attività anti-radicalica frazione insolubile; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

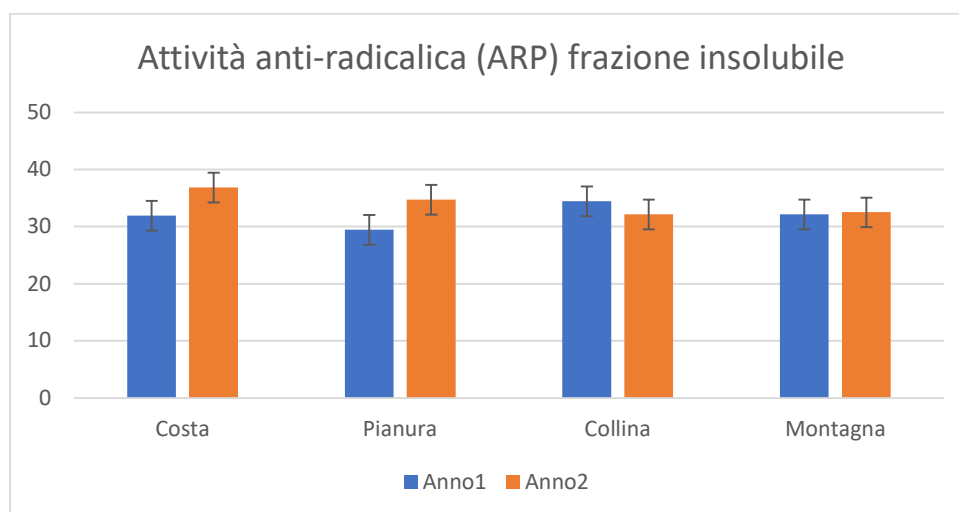


Figura 27. Istogramma delle medie della variabile Attività anti-radicalica frazione insolubile; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

### Idrolisi in vitro delle proteine.

Variabile dipendente:	% Proteina idrolizzata con pepsina						
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anni		95,981	1	95,981	36,658	0,009	**
Zona		144,833	3	48,278	18,439	0,019	*
Errore		7,855	3	2,618			
Totale		248,669	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale 96,841 Errore Std= 1,618  
 % R<sup>2</sup> Anno 38,598  
 % R<sup>2</sup> Zona 58,243

Tabella 33. Analisi della varianza per la variabile Idrolisi con pepsina; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

L'idrolisi delle proteine eseguita utilizzando inizialmente la pepsina in ambiente acido e poi la pancreaticina in ambiente neutro, permette di avere una stima approssimata del grado di digeribilità delle proteine.

Per quanto riguarda l'idrolisi con pepsina, il modello dell'ANOVA adottato descrive più del 96 % della variazione totale, con entrambe le fonti di variazione considerate significative statisticamente: Anno ( $p < 0,01$ ) e Zona ( $p < 0,05$ ).

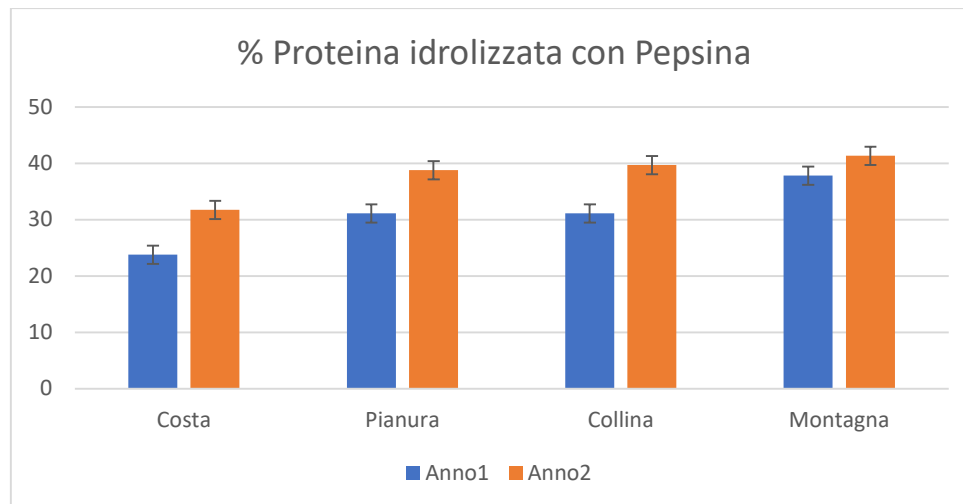


Figura 28. Istogramma delle medie della variabile Idrolisi con pepsina; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

In figura 28 l'istogramma riportato mostra un incremento della percentuale delle proteine idrolizzate rispetto al totale, passando dalla zona di Costa fino ad arrivare alla zona Montagna; inoltre i valori registrati il secondo anno sono sempre maggiori rispetto a quelli del primo anno, in tutte le zone considerate (Fig.28).

Per quanto riguarda l'idrolisi con pancreaticina, questa è fortemente influenzata dall'interazione Anno x Zona, infatti il modello dell'ANOVA non riesce a descrivere più del 34 % della varianza totale

Variabile dipendente:	% Proteina idrolizzata con pancreaticina					
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p
Anni	9,944	1	9,944	0,093	0,780	n.s.
Zona	154,124	3	51,375	0,483	0,717	n.s.
Errore	319,252	3	106,417			
Totale	483,321	7				
% R <sup>2</sup> Modello Totale	33,946			Errore Std=	10,316	
% R <sup>2</sup> Anno	2,058					
% R <sup>2</sup> Zona	31,889					

Tabella 34. Analisi della varianza per la variabile Idrolisi con pancreaticina; "\*" valore del test F significativo con  $p < 0,05$ ; "\*\*\*" valore del test F significativo con  $p < 0,01$ ; "n.s." valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

L'andamento delle medie (Fig. 29) per l'idrolisi con pancreaticina, mette in evidenza marcate oscillazioni tra le medie da un anno all'altro, per ogni zona considerata: incremento dal primo al secondo anno per le zone Costa e Collina, mentre in Pianura si osserva un decremento, con una piccola o nulla variazione in Montagna.

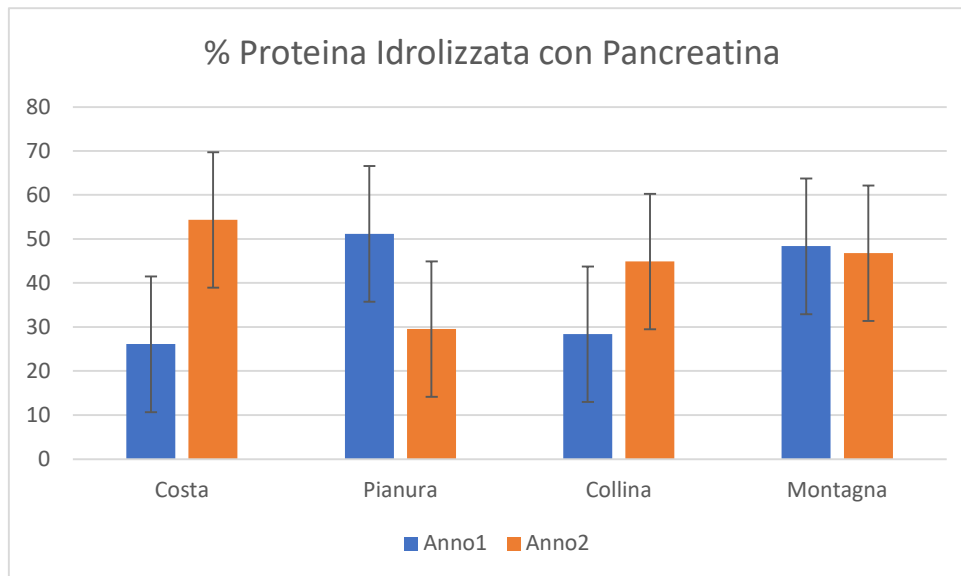


Figura 29. Istogramma delle medie della variabile Idrolisi con pancreatina; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).

La somma delle percentuali delle idrolisi con pepsina e pancreatina permette di valutare il totale delle proteine idrolizzate. Le varianze per il totale delle proteine idrolizzate non risultano significative statisticamente (Tab. 35). Sono da sottolineare comunque i valori di proteina idrolizzata in totale (Fig. 30),

Variabile dipendente:	% Proteina idrolizzata Totale						
	Fonti Variazione	Devianza	g.l	Varianza	F	p	Sig.
Anni		167,714	1	167,714	1,472	0,312	n.s.
Zona		420,232	3	140,077	1,230	0,434	n.s.
Errore		341,699	3	113,900			
Totale		929,646	7				

% R<sup>2</sup> Modello Totale                      63,244                      Errore Std=                      10,672  
 % R<sup>2</sup> Anno                                      18,041  
 % R<sup>2</sup> Zona                                      45,203

Tabella 35. Analisi della varianza per la variabile Idrolisi proteica totale; “\*” valore del test F significativo con p<0,05; “\*\*\*” valore del test F significativo con p<0,01; “n.s.” valore del test F non significativo. Sono riportati i valori di R<sup>2</sup> (coefficiente di determinazione) che spiegano la quota di variazione dovuta alle fonti di variazione indicate in relazione alla varianza totale.

che raggiungono livelli superiori al 70%. Questo risultato associato anche all’andamento dell’idrolisi con pepsina sottolinea come sia da ritenere importante la zona di coltivazione per migliorare le qualità nutraceutiche dei cereali.

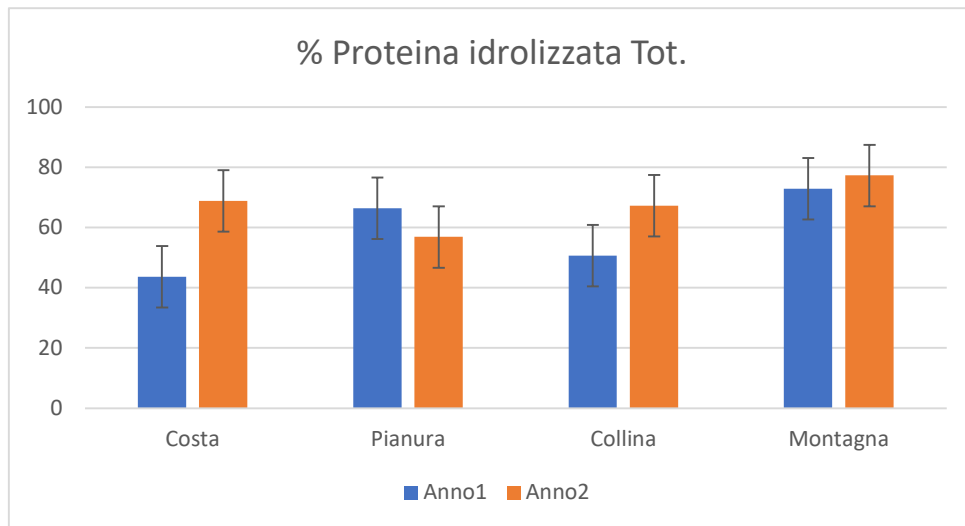


Figura 30. Istogramma delle medie della variabile Idrolisi proteica totale; misurate nei due anni di prova nelle quattro zone (Macro Aree Climatiche – MAC).