



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea specialistica in Scienze Forestali e Ambientali

**"Effetti del *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu
sull'accrescimento legnoso di *Castanea sativa* Miller in Canton
Ticino e in Piemonte"**

Relatore
Prof. Mario Pividori

Correlatore
Dott. Enrico Marcolin

Laureando
Alvise Anchel Arribas
Matricola n. 1128039

ANNO ACCADEMICO 2017-2018

Indice

Abstract	10
Riassunto	9
1. Introduzione.....	11
1.1 <i>Castanea sativa</i> Miller	12
1.1.1 Inquadramento ecologico.....	14
1.1.3 Aspetti biologici	15
1.1.4 Proprietà e usi del legno	16
1.1.5 Principali avversità.....	18
1.1.5.1 Mal dell'inchiostro	18
1.1.5.2 cancro del castagno	19
1.1.6 Aspetti selvicolturali	19
1.2 <i>Dryocosmus kuriphilus</i> Yasumatsu.....	20
1.2.1 Ciclo biologico.....	21
1.2.2 Metodi di lotta	22
1.2.2.1 Lotta chimica.....	23
1.2.2.2 Resistenza genetica	23
1.2.2.3 Lotta biologica	24
1.2.3 <i>Torymus sinensis</i> Kamijo	24
2 Aree di studio	26
2.1 Zona Svizzera	27
2.1.1 Aspetti pedologici	27
2.1.2 Aspetti vegetazionali.....	28
2.1.3 Comune di Bedano, Canton Ticino (CH).....	30
2.1.4 Comune di Iseo, Lombardia (I).....	31
2.2 Zona del Cuneese.....	32
2.2.1 Aspetti pedologici	32
2.2.2 Aspetti vegetazionali.....	33
2.2.3 Comune di Frabosa, Piemonte (I)	35
2.2.4 Comune di Chiusa di Pesio, Piemonte (I)	36
2.3 Zona del canavese.....	37
2.3.1 Aspetti pedologici	37
2.3.2 Aspetti vegetazionali.....	38
2.3.3 Comune di Torre canavese, Piemonte (I).....	38
3. Materiali e metodi	39
3.1 Campionamento	39

3.2 Analisi di laboratorio.....	47
3.2.1 Preparazione dei campioni	47
3.2.2 Osservazioni e misurazioni al microscopio	48
3.2.3 Crossdating	49
3.2.4 Passaggio da incremento radiale a incremento basimetrico.....	50
3.2.5 Serie cronologiche	50
3.2.6 Analisi statistica	51
4. Risultati	54
4.1 Serie cronologiche medie	54
4.1.2 Iseo Bioggio, zona svizzera.....	57
4.1.3 Chiusa Pesio, zona de cuneese	59
4.1.4 Frabosa, zona del torninese.....	62
4.1.5 Torre Canavese, zona del torinese.....	63
4.2 Differenza fra ceduo vecchio e giovane.....	67
4.3 Perdita in termini di area basimetrica	69
5. Discussione.....	75
6. Conclusioni.....	79
Bibliografia.....	81
Sitografia.....	87

Indice delle figure

FIGURA 1 AREALE DI <i>CASTANEA SATIVA</i> MILLER (BIOVERSITYINTERNATIONAL.ORG).....	13
FIGURA 2 SEZIONE TRASVERSALE DEL LEGNO DI CASTAGNO VISTA AL BINOCULARE (CONEDERA ET AL., 2002)	17
FIGURA 3 CARATTERISTICO DANNO A FIAMMA DI COLORAZIONE SCURA CAUSATO DAL MAL DELL'INCHIOSTRO (WWW.UNIPD.IT/ESTERNI/WWWFITF)	18
FIGURA 4 CEPPAIA CON CARATTERISTICHE DEPRESSIONI NECROTICHE COLOR CUOIO (WWW.CLUBAGRICOLTORI.ALTERVISTA.ORG).....	19
FIGURA 5 FEMMINA DI <i>D. KURIPHILUS</i> MENTRE DEPONE LE UOVA A GEMMA (WWW.REGIONE.PIEMONTE.IT).....	21
FIGURA 6 CARATTERISTICA GALLA SU CASTAGNO CAUSATA DA <i>D. KURIPHILUS</i> (FOTO G. BOSIO DEL SERVIZIO FITOSANITARIO REGIONE PIEMONTE)	21
FIGURA 7 DIAGRAMMA TERMOUDOMETRICO SECONDO WALTER E LIETH SVILUPPATO SUI DATI METEO DELLA STAZIONE DI METEOROLOGICA DI LUGANO (CH) NEL PERIODO DAL 1981 AL 2010.....	27
FIGURA 8 COMUNE DI BEDANO, CANTON TICINO (CH), ZONA SVIZZERA.....	30
FIGURA 9 COMUNE DI ISEO BIOGGIO, CANTON TICINO (CH), ZONA SVIZZERA.....	31
FIGURA 10 DIAGRAMMA TERMOUDOMETRICO SECONDO WALTER E LIETH SVILUPPATO SUI DATI METEO DELLA STAZIONE DI METEOROLOGICA DI MONDOVÌ (I) NEL PERIODO DAL 1994 AL 2016.....	32
FIGURA 11 COMUNE DI FRABOSA, PIEMONTE (I), ZONA DEL CUNEESE.....	35
FIGURA 12 COMUNE DI CHIUSA DI PESIO, PIEMONTE (I), ZONA DEL CUNEESE.....	36
FIGURA 13 DIAGRAMMA TERMOUDOMETRICO SECONDO WALTER E LIETH SVILUPPATO SUI DATI METEO DELLA STAZIONE DI METEOROLOGICA DI BORGOFRANCO IVREA (I) NEL PERIODO DAL 1999 AL 2016	37
FIGURA 14 COMUNE DI TORRE CANAVESE, PIEMONTE (I), ZONA DEL CANAVESE.....	38
FIGURA 15 FASE DI ESTRAZIONE CON LA TRIVELLA DI PRESSLER DEL CAMPIONE DI LEGNO (WWW.ELMEG.ORG).....	39
FIGURA 16 ESEMPIO DI FOGLIO DI CAMPO UTILIZZATO PER LA RACCOLTA DEI DATI	40
FIGURA 17 CORDELLA METRICA PER LA MISURA DELLA CIRCONFERENZA (WWW.ARTICOLIFORESTALI.COM)	41
FIGURA 18 IPSOMETRO PER MISURARE L'ALTEZZA DELLE PIANTE (WWW.ARTICOLIFORESTALI.COM)	41
FIGURA 19 FASE DI PREPARAZIONE DEI CAMPIONI ALLA LETTURA MEDIANTE POSIZIONAMENTO ED INCOLLAGGIO DELLE CAROTE NEI SUPPORTI (CADENAZZO, SVIZZERA 2017).....	47
FIGURA 20 ESEMPIO DEL SOFTWARE TSAP-WIN CON CUI SONO STATI ELABORATI I DATI DI QUESTO STUDIO.....	48
FIGURA 21 GRAFICO DELLE TEMPERATURE DAI DATI DELLA STAZIONE METEO DI LUGANO DAL 1996 AL 2016. EVIDENZIATE LA MEDIA E LE FASCE PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE ANNATE ANOMALE: SI TRATTA DI 1 DEVIAZIONE STANDARD IN AMPIEZZA DI T SUPERIORE ED INFERIORE ALLA MEDIA CORRISPONDENTE. SONO STATI CONSIDERATI I VALORI DI TEMPERATURA DEI MESI DI ATTIVITÀ VEGETATIVA DA APRILE A OTTOBRE.	54
FIGURA 22 GRAFICO DELLE PRECIPITAZIONI DAI DATI DELLA STAZIONE METEO DI LUGANO DAL 1996 AL 2016. EVIDENZIATE LA MEDIA E LE FASCE PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE ANNATE ANOMALE: SI TRATTA DI 1 DEVIAZIONE STANDARD IN AMPIEZZA DI P SUPERIORE ED INFERIORE ALLA MEDIA CORRISPONDENTE. SONO STATI CONSIDERATI I VALORI DI TEMPERATURA E PRECIPITAZIONI DEI MESI DI ATTIVITÀ VEGETATIVA DA APRILE A OTTOBRE.....	55

FIGURA 23 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI (TRW) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI BEDANO (CH)	56
FIGURA 24 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI STANDARDIZZATI (TRI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI BEDANO (CH)	56
FIGURA 25 SERIE CRONOLOGICA DEGLI INCREMENTI ANNUALI MEDI IN AREA BASIMETRICA (BAI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI BEDANO (CH).....	57
FIGURA 26 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI (TRW) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI ISEO (CH)	58
FIGURA 27 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI STANDARDIZZATI (TRI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI ISEO BIOGGIO (CH)	58
FIGURA 28 SERIE CRONOLOGICA DEGLI INCREMENTI ANNUALI MEDI IN AREA BASIMETRICA (BAI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI ISEO (CH)	59
FIGURA 29 GRAFICO DELLE TEMPERATURE DAI DATI DELLA STAZIONE METEO DI MONDOVÌ DAL 1996 AL 2016. EVIDENZIATE LA MEDIA E LE FASCE PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE ANNATE ANOMALE: SI TRATTA DI 1 DEVIAZIONE STANDARD IN AMPIEZZA DI T SUPERIORE ED INFERIORE ALLA MEDIA CORRISPONDENTE. SONO STATI CONSIDERATI I VALORI DI TEMPERATURA E PRECIPITAZIONI DEI MESI DI ATTIVITÀ VEGETATIVA DA APRILE A OTTOBRE.....	59
FIGURA 30 GRAFICO DELLE PRECIPITAZIONI DAI DATI DELLA STAZIONE METEO DI MONDOVÌ DAL 1996 AL 2016. EVIDENZIATE LA MEDIA E LE FASCE PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE ANNATE ANOMALE: SI TRATTA DI 1 DEVIAZIONE STANDARD IN AMPIEZZA DI P SUPERIORE ED INFERIORE ALLA MEDIA CORRISPONDENTE. SONO STATI CONSIDERATI I VALORI DI TEMPERATURA E PRECIPITAZIONI DEI MESI DI ATTIVITÀ VEGETATIVA DA APRILE A OTTOBRE.....	60
FIGURA 31 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI (TRW) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI CHIUSA PESIO (I).....	61
FIGURA 32 GRAFICO TRI MEDIO DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) DEL SITO DI CHIUSA PESIO (I)	61
FIGURA 33 SERIE CRONOLOGICA DEGLI INCREMENTI ANNUALI MEDI IN AREA BASIMETRICA (BAI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI CHIUSA PESIO (I)	62
FIGURA 34 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI (TRW) DEI GRUPPI PIANTE VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI FRABOSA (I)	62
FIGURA 35 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI STANDARDIZZATI (TRI) DEL GRUPPO PIANTE VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) DEL SITO DI FRABOSA (I)	63
FIGURA 36 GRAFICO BAI MEDIO DEL GRUPPO PIANTE VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) DEL SITO DI FRABOSA (I)	63
FIGURA 37 GRAFICO DELLE TEMPERATURE DAI DATI DELLA STAZIONE METEO DI BORGOFRANCO D'IVREA DAL 1996 AL 2016. EVIDENZIATE LA MEDIA E LE FASCE PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE ANNATE ANOMALE: SI TRATTA DI 1 DEVIAZIONE STANDARD IN AMPIEZZA DI T SUPERIORE ED INFERIORE ALLA MEDIA CORRISPONDENTE. SONO STATI CONSIDERATI I VALORI DI TEMPERATURA DEI MESI DI ATTIVITÀ VEGETATIVA DA APRILE A OTTOBRE.....	64

FIGURA 38 GRAFICO DELLE PRECIPITAZIONI DAI DATI DELLA STAZIONE METEO DI BORGOFRANCO D'IVREA DAL 1996 AL 2016. EVIDENZIATE LA MEDIA E LE FASCE PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE ANNATE ANOMALE: SI TRATTA DI 1 DEVIAZIONE STANDARD IN AMPIEZZA DI P SUPERIORE ED INFERIORE ALLA MEDIA CORRISPONDENTE. SONO STATI CONSIDERATI I VALORI DI TEMPERATURA DEI MESI DI ATTIVITÀ VEGETATIVA DA APRILE A OTTOBRE.....	64
FIGURA 39 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI (TRW) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI TORRE CANAVESE (I).....	65
FIGURA 40 SERIE CRONOLOGICA DEGLI ACCRESCIMENTI MEDI STANDARDIZZATI (TRI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) DEL SITO DI TORRE CANAVESE (I)	66
FIGURA 41 SERIE CRONOLOGICA DEGLI INCREMENTI ANNUALI MEDI IN AREA BASIMETRICA (BAI) DEI GRUPPI DI PIANTE GIOVANI (CEDUI ENTRO IL TURNO ORDINARIO) E VECCHI (CEDUO OTRE IL TURNO ORDINARIO) NEL SITO DI TORRE CANAVESE (I)	66
FIGURA 42 SERIE CRONOLOGICA DELL'INCREMENTO MEDIO IN AREA BASIMETRICA (BAI) NEL SITO DI BEDANO (CH): 3 ANNI CHE PRECEDONO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E 2 ANNI DOPO L'INTRODUZIONE DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C).....	70
FIGURA 43 SERIE CRONOLOGICA DELL'INCREMENTO MEDIO IN AREA BASIMETRICA (BAI) NEL SITO DI ISEO BIOGGIO (CH): 3 ANNI CHE PRECEDONO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E 2 ANNI DOPO L'INTRODUZIONE DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C).....	71
FIGURA 44 SERIE CRONOLOGICA DELL'INCREMENTO MEDIO IN AREA BASIMETRICA (BAI) NEL SITO DI CHIUSA PESIO (CN): 3 ANNI CHE PRECEDONO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E 2 ANNI DOPO L'INTRODUZIONE DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C).....	72
FIGURA 45 SERIE CRONOLOGICA DELL'INCREMENTO MEDIO IN AREA BASIMETRICA (BAI) NEL SITO DI FRABOSA (CN): 3 ANNI CHE PRECEDONO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E 2 ANNI DOPO L'INTRODUZIONE DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C).....	73
FIGURA 46 SERIE CRONOLOGICA DELL'INCREMENTO MEDIO IN AREA BASIMETRICA (BAI) NEL SITO DI TORRE CANAVESE (TO): 3 ANNI CHE PRECEDONO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E 2 ANNI DOPO L'INTRODUZIONE DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C)	74

Indice delle tabelle

TABELLA 1 PERIODI DI ARRIVO NEI SITI INTERESSATI DALLO STUDIO DI <i>DK (DRYOCOSMUS KURIPHILUS YASUMATSU)</i> E <i>TS (TORYMUS SINENSIS KAMIJO)</i> (MARCO CONEDERA, DATI NON PUBBLICATI).....	25
TABELLA 2 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI SAGGIO E DEI SOGGETTI CAMPIONATI A BEDANO (CH) COMPREDENTI: ACCRESCIMENTO RADIALE ANNUALE (TRW), INCREMENTO DI AREA BASIMETRICA (BAI). SONO ELENCATI ANCHE LE PRINCIPALI STATISTICHE RELATIVE AL PROCESSO DI CROSSDATING PER LA SERIE CRONOLOGICA: SENSIBILITÀ MEDIA (MS), EXPRESSED POPULATION SIGNAL (EPS).....	42
TABELLA 3 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI SAGGIO E DEI SOGGETTI CAMPIONATI A ISEO BIOGGIO (CH) COMPREDENTI: ACCRESCIMENTO RADIALE ANNUALE (TRW), INCREMENTO DI AREA BASIMETRICA (BAI). SONO ELENCATI ANCHE LE PRINCIPALI STATISTICHE RELATIVE AL PROCESSO DI CROSSDATING PER LA SERIE CRONOLOGICA: SENSIBILITÀ MEDIA (MS), EXPRESSED POPULATION SIGNAL (EPS).....	43
TABELLA 4 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI SAGGIO E DEI SOGGETTI CAMPIONATI A TORRE CANAVESE (I) COMPREDENTI: ACCRESCIMENTO RADIALE ANNUALE (TRW), INCREMENTO DI AREA BASIMETRICA (BAI). SONO ELENCATI ANCHE LE PRINCIPALI STATISTICHE RELATIVE AL PROCESSO DI CROSSDATING PER LA SERIE CRONOLOGICA: SENSIBILITÀ MEDIA (MS), EXPRESSED POPULATION SIGNAL (EPS).....	44
TABELLA 5 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI SAGGIO E DEI SOGGETTI CAMPIONATI A FRABOSA (I) COMPREDENTI: ACCRESCIMENTO RADIALE ANNUALE (TRW), INCREMENTO DI AREA BASIMETRICA (BAI). SONO ELENCATI ANCHE LE PRINCIPALI STATISTICHE RELATIVE AL PROCESSO DI CROSSDATING PER LA SERIE CRONOLOGICA: SENSIBILITÀ MEDIA (MS), EXPRESSED POPULATION SIGNAL (EPS).....	45
TABELLA 6 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI SAGGIO E DEI SOGGETTI CAMPIONATI A CHIUSA PESIO (I) COMPREDENTI: ACCRESCIMENTO RADIALE ANNUALE (TRW), INCREMENTO DI AREA BASIMETRICA (BAI). SONO ELENCATI ANCHE LE PRINCIPALI STATISTICHE RELATIVE AL PROCESSO DI CROSSDATING PER LA SERIE CRONOLOGICA: SENSIBILITÀ MEDIA (MS), EXPRESSED POPULATION SIGNAL (EPS).....	46
TABELLA 7 RISULTATI DEL TESTS STATISTICO MANN- WHITNEY OPERATO CONFRONTANDO I CEDUI GIOVANI CON I CEDUI VECCHI NELLE DIVERSE FINESTRE TEMPORALI (3 ANNI CHE PRECEDONO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E 2 ANNI DOPO L'INTRODUZIONE DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C)).	67
TABELLA 8 BAI MEDIO E VARIAZIONI % NEL SITO DI BEDANO (CH) DEI 3 ANNI PRIMA DELL'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), DEI 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E DEI 2 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C). COMPRESI TEST STATISTICI DI CORRELAZIONE FRA LE DIVERSE FINESTRE TEMPORALI.....	69
TABELLA 9 BAI MEDIO E VARIAZIONI % NEL SITO DI BEDANO (CH) DEI 3 ANNI PRIMA DELL'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), DEI 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E DEI 2 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C). COMPRESI TEST STATISTICI DI CORRELAZIONE FRA LE DIVERSE FINESTRE TEMPORALI.....	70
TABELLA 10 BAI MEDIO E VARIAZIONI % NEL SITO DI BEDANO (CH) DEI 3 ANNI PRIMA DELL'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), DEI 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E DEI 2 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C). COMPRESI TEST STATISTICI DI CORRELAZIONE FRA LE DIVERSE FINESTRE TEMPORALI.	71
TABELLA 11 BAI MEDIO E VARIAZIONI % NEL SITO DI BEDANO (CH) DEI 3 ANNI PRIMA DELL'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), DEI 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E DEI 2 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C). COMPRESI TEST STATISTICI DI CORRELAZIONE FRA LE DIVERSE FINESTRE TEMPORALI.	73
TABELLA 12 BAI MEDIO E VARIAZIONI % NEL SITO DI BEDANO (CH) DEI 3 ANNI PRIMA DELL'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (A), DEI 3 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>D. KURIPHILUS</i> (B) E DEI 2 ANNI DOPO L'ARRIVO DI <i>T. SINENSIS</i> - CONTROLLO BIOLOGICO (C). COMPRESI TEST STATISTICI DI CORRELAZIONE FRA LE DIVERSE FINESTRE TEMPORALI.	74

Riassunto

Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu, conosciuto anche con il nome comune di Vespa galligena del Castagno, è un insetto che fa parte dell'ordine Hymenoptera, famiglia Cynipidae, sottofamiglia Cynipinae, tribù Cynipini. Questo insetto è un galligeno esclusivo del genere *Castanea* ed è originario della Cina. A partire dal 2011 è stata verificata la sua presenza in tutte le formazioni di castagno del territorio italiano e svizzero.

Con questo lavoro si vuole indagare sugli effetti che questo insetto alloctono può avere nei confronti della produzione di massa legnosa da parte del castagno europeo (*Castanea sativa* Miller), a completamento di recenti studi che hanno già dimostrato quanto l'attacco da parte del *Dryocosmus* influenzi negativamente la capacità di produzione del frutto.

Per valutare l'azione del cinipide nei riguardi dell'accrescimento legnoso, si sono individuati cedui castanili localizzati in aree geografiche differenti collocate in Canton Ticino e in Piemonte. In ciascun sito sono stati condotti diversi prelievi di carote legnose da cedui di castagno entro il turno ordinario (giovani) e da cedui che ormai hanno già superato il normale turno (vecchi).

Analizzando gli accrescimenti dei diversi gruppi di piante, cresciute in diverse condizioni stazionali e climatiche, e confrontandole fra loro e con le specie di controllo siamo in grado di apprezzare la variazione della produzione di massa legnosa da parte del castagno dal periodo antecedente all'arrivo del cinipide fino al 2016.

La riduzione della produzione di massa legnosa riscontrata durante questo lavoro, evidenziata lungo un periodo di tempo assimilabile al periodo di diffusione del cinipide, si traduce in una perdita consistente di produzione legnosa che comporterà una revisione dei turni futuri o degli assortimenti ricavabili dai cedui di castagno. Durante questo studio si è anche evidenziato l'effetto della lotta biologica condotta negli ultimi anni contro il cinipide, riscontrando un generale incremento degli accrescimenti legnosi a seguito del controllo biologico del cinipide da parte di *Torymus sinensis* Kamijo.

Abstract

Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu (Hymenoptera Cynipidae) is one of the main invasive pests in European chestnut (*Castanea sativa* Miller) forests in Italy and many other parts of Europe. Since *D. kuriphilus* arrived, we hypothesized a serious negatively impactful on growth and wood production of chestnut coppices. At this purpose, in 2017 a dendrological investigation of radial growth-increment in chestnut coppices was started in the North of Italy and South of Switzerland; datasets of tree ring width and basal area increment were before and after the outbreak of *D. kuriphilus* and *Torymus sinensis* Kamiyo colonies. The cored samples have been taken and precisely measured for five study areas; each study area collected in younger and older stands, this was offered an image to objective assessment in wood reduction and an opportunity to calculate the percentages impact of gall wasp infestation on yield. The wood yield of *C. sativa* trees was significantly reduced corresponding to the gall wasp infestation; with losses ranges from 3 to 44% being reported. The percentage affected depends on the area and quantity of *D. kuriphilus* distributed. Moreover, the research project also successfully described the forest structure of *C. sativa* coppice forest in each study area.

1 Introduzione

La storia del Castagno in Italia vede il progressivo abbandono dei castagneti, a partire dalla fine dei due conflitti mondiali, provocato dalla forte emigrazione delle popolazioni montane verso le città. Questo fenomeno di emigrazione dalle zone montane ha provocato un crollo molto rapido nel tempo del livello produttivo dei castagneti italiani, sia in termini quantitativi che qualitativi.

L'Italia è il paese al primo posto per la produzione di castagne tra i Paesi castanicoli europei, contribuendo con il 53% alla produzione europea e costituendo il 16% della produzione mondiale (Brussino et al., 2002). La produzione nazionale ha subito una forte contrazione, passando da 300.000 t all'inizio degli anni '50 a 165.000 t negli anni '60, a circa 50.000 t nel 1990, per risalire a poco meno di 70.000 t nel 1996 (Buccianti, 1994). Tali riduzioni nella produzione di frutto, senza dubbio, incidono anche sulla produzione del legno. Nei tempi moderni le diverse società rurali che gestivano i castagneti si sono sempre più indebolite vedendo molta della propria forza lavoro migrare verso le città e le industrie. Questo fenomeno di migrazione, geografica e sociale, ha portato all'abbandono delle selve castanili e alla modifica del rapporto esistente tra l'uomo e Castagno, che perdurava attraverso antichi sistemi colturali che continuavano invariati da secoli.

Un insieme di cause di diversa natura, come problematiche fitosanitarie, socioeconomiche e strutturali hanno mutato radicalmente la vita nella maggioranza delle realtà castanicole italiane. Bisogna anche sottolineare che il degrado crescente di queste realtà agricole marginali è stato dovuto nel tempo anche alla mancanza di politiche comuni volte a recuperare e incentivare vasti areali adatti o già occupati dal castagno. Recenti studi hanno già messo in evidenza quanto il cinipide del castagno abbia una forte influenza sulla perdita della produzione di frutto (Battisti et al., 2014a) del castagno europeo.

L'idea di partenza per questo studio nasce da precedenti lavori di monitoraggio e ricerca condotti dai dipartimenti DAFNAE e TESAF dell'Università degli Studi di Padova e da due precedenti tesi svolte sul medesimo argomento con modalità simili in cedui di castagno italiani (Battoni, 2015. Luan, 2017). Questo studio rappresenta la continuazione di un lungo percorso internazionale indispensabile per la tutela e la salvaguardia del patrimonio castanicolo italiano e di quello europeo, in accordo con quanto previsto dall'Unione europea e dallo Stato italiano.

Questa tesi di laurea ha l'obiettivo di valutare gli effetti provocati dall'attacco del cinipide *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu nei confronti della produzione di massa legnosa di alcuni cedui di *Castanea sativa* Miller. I popolamenti che sono stati selezionati per questo studio si trovano in Piemonte e in Svizzera, nei comuni di Torre Canavese, Iseo Bioggio, Bedano, Frabosa e Chiusa Pesio. La valutazione della diminuzione della produzione di legno è stata sviluppata a partire dall'osservazione degli accrescimenti legnosi delle piante di castagno, da prima dell'arrivo dell'insetto fino al 2016, periodo temporale adatto anche a valutare l'effetto del controllo biologico innescato dall'inserimento dell'antagonista naturale del cinipide.

I castagneti che sono stati oggetto dei prelievi sono utilizzati soprattutto a fini di produzione di paleria e talvolta come legname da opera. I turni adottati in passato per la produzione di questi assortimenti erano:

- Per produrre paleria di dimensioni medie o piccole i turni erano in media dai 10 ai 12 anni, ma potevano essere allungati, nelle condizioni meno favorevoli, da 14 a 16 anni (Bagnaresi et al., 1979).
- Per la produzione di paleria grossa o di legname da opera venivano adottati turni più lunghi, compresi tra 20 e 30 anni a seconda delle caratteristiche stagionali e degli assortimenti che si vogliono produrre (Del Favero, 2004).

1.1 *Castanea sativa* Miller

Castanea sativa Miller è una specie arborea appartenente all'ordine Fagales, facente parte della famiglia delle Fagaceae.

1.1.1 Origine e diffusione

Le origini del genere *Castanea* vengono individuate in Cina (Jaynes, 1975). Da qui questo genere si è diffuso mediante due vie: quella verso l'Europa ha generato l'odierna *C. sativa*, mentre quella verso l'America ha dato origine a *C. crenata*, *C. mollissima* e *C. dentata*. Recenti studi, basati su dati palinologici (Krebs et al., 2004), individuano la presenza del castagno in Europa a partire dal Cenozoico. Questi studi evidenziano anche come *C. sativa*, durante le glaciazioni, si sia spostata progressivamente verso Oriente, in zone più adatte alla sua sopravvivenza in quel periodo. Il castagno europeo è stato nuovamente diffuso in Europa in epoca antica grazie ai Greci prima e ai Romani poi, che hanno ampiamente diffuso e utilizzato questa specie per scopi alimentari e tecnologici.

Fanno parte del genere *Castanea* una dozzina di specie arbustive e arboree che nel loro insieme sono caratterizzate da un areale molto vasto distribuito nell'emisfero settentrionale. Attualmente l'areale occupato dalle diverse specie del genere *Castanea* può essere suddiviso in tre macro zone:

- La specie *C. sativa* Mill., conosciuta anche come castagno europeo, identifica il primo areale e si trova nell'area europea, dall'Inghilterra meridionale e Germania sud-occidentale (Latitudine 51° N) fino al Nord Africa. Nell'areale di *C. sativa* sono compresi Italia, Spagna, Portogallo, Francia, Slovenia, Croazia, Grecia, Bulgaria, Turchia, alcune regioni dell'ex URSS fino al Mar Caspio e lungo una fascia ristretta dal Marocco alla Tunisia. Troviamo questa specie anche nelle isole Madeira, nelle isole Azzorre e nelle isole Canarie.



Figura 1 Areale di *Castanea sativa* Miller (bioversityinternational.org)

- Nel secondo areale, quello asiatico, sono comprese una varietà più ampia di specie. In Cina troviamo le specie *Castanea mollissima* Bl. (castagno cinese), *Castanea seguinii* Dode. (castagno di Seguin) e *C. crenata*. Presente in questa macro area anche *Castanea crenata* Sieb.

- Gli Stati Uniti rappresentano il terzo areale in cui si suddivide quello del genere *Castanea*. Nel settore orientale del Nord America sono diffuse sei specie, tra cui *Castanea dentata* Borkh, che è ormai ridotta ad una specie relitto per via della grande sensibilità al cancro corticale (MiPAAF, 2010).

In Italia le regioni più ricche di boschi di castagno sono il Piemonte con il 21,4% dei castagneti italiani, seguita da Toscana, Liguria, Lombardia, Calabria e Campania. Ad oggi il castagno rappresenta il 7,5% della superficie forestale italiana. I dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste (INFC, 2005) affermano che il castagno in Italia si estende su 788.408 ha (pari al 9,2 % della superficie classificata come Bosco alto), a cui si devono aggiungere 3.378 ha classificati come Altre terre boscate, cioè Boschi bassi, Boschi radi e Boscaglie.

1.1.2 Inquadramento ecologico

Il castagno è una specie adatta ad ambienti privi di forti escursioni termiche con temperature relativamente miti. Lo sviluppo del castagno è molto influenzato dalle temperature che sono in grado di generare stress fisiologici così importanti da portarlo alla morte. Il limite del freddo che questa specie può sopportare, al di sotto del quale le fruttificazioni diventano irregolari, si raggiunge con una temperatura media di 8°C. Durante i periodi invernali la pianta subisce gravi danni quando le temperature scendono al disotto di -15°C. Una buona attività vegetativa del castagno si ottiene quando sono presenti in un anno almeno sei mesi con una temperatura media maggiore di 10°C (Bernetti, 1995). Questa specie, in relazione alle fasce fitoclimatiche individuate dal Pavari, caratterizza la zona del Castanetum, alla quale dà il nome, che si può trovare in una fascia altitudinale compresa tra i 200 e 1000 m s.l.m..

Il castagno è una specie eliofila che richiede una buona disponibilità idrica, soprattutto nei mesi di attività vegetativa, quindi si sviluppa in ambienti dove le precipitazioni sono superiori ad una media annua di 600 mm. In annate particolarmente siccitose anche in questi ambienti può venire compromessa la regolarità della fruttificazione del castagno. In estati molto piovose è facilitato l'attacco delle foglie da parte dei patogeni e durante il periodo della fioritura il processo di impollinazione può essere danneggiato dalle piogge intense.

Questa specie è esigente in fatto di terreni, vuole suoli sciolti, leggeri, freschi, ricchi di potassio e fosforo. Devono essere presenti nel substrato, per un buon sviluppo della pianta, anche la giusta quantità di

sostanze azotate, di sostanze minerali e di humus che si riscontrano in terreni neutri o subacidi. Nei terreni acidi gli accrescimenti del castagno sono ridotti. I suoli ideali per il castagno devono garantire un buon arieggiamento dell'apparato radicale e un buon deflusso delle acque per evitare dannosi ristagni idrici. Suoli sabbiosi o sabbioso-limosi sono ideali per il castagno come anche quelli vulcanici (Gellini et al, 2007)

1.1.3 Aspetti biologici

Il castagno è una pianta arborea dal portamento maestoso, alta mediamente 20 metri ma che può raggiungere altezze massime di 30-35 metri. E' una pianta che può arrivare a diametri considerevoli dai 4 ai 6 m, anche se vi sono esempi con diametri notevolmente superiori come il "Castagno dei cento cavalli" dell'Etna, pianta millenaria dalle dimensioni straordinarie. Il castagno è una pianta molto longeva che può tranquillamente superare i 500 anni di età. Il fusto sviluppato dalla pianta è diritto e massiccio e porta una chioma ampia e rotondeggiante. La corteccia in fase giovanile è liscia e di colore grigio olivastro ma dopo 20-25 anni il ritidoma inizia a fessurarsi e imbrunire, formando cordoni longitudinali lievemente spiralati. Le foglie sono semplici, alterne, caduche e spiralate, dalla consistenza coriacea con nervature in rilievo, lunghe 12-20 cm e larghe 3-6 cm. Le foglie del castagno hanno una forma ellittico-lanceolata con base rotondato-cuneata e sono portate da un picciolo lungo 15-25 mm munito di stipole lineari precocemente caduche. Il margine della foglia è dentato-crenato e l'apice è brevemente acuminato. La pagina superiore della foglia è di color verde intenso mentre è più chiara la pagina inferiore. Da giovani le foglie hanno una forte pubescenza ghiandolare che le rende vischiose al tatto (Gellini et al, 2007).

Sia la fogliazione che la fioritura del castagno sono tardive. La fogliazione avviene tra la fine di aprile e maggio mentre il periodo di fioritura va dalla fine di giugno alla metà di luglio. Questa specie è monoica e porta delle infiorescenze ad amento, che possono essere miste o esclusivamente maschili. I due tipi di infiorescenza prodotti del castagno differiscono per la struttura, l'ordine di comparsa, l'ontogenesi dell'infiorescenza e del fiore. Le infiorescenze maschili sono costituite da fiori maschili riuniti in cime o glomeruli ascellari di diversi fiori ciascuno, spesso costituite da 7 fiori; il numero medio delle cime è di 40 per amento. Queste infiorescenze si ritrovano alla base del ramo dell'anno, sono erette e lunghe 5-15 cm. Il fiore maschile ha un perianzio esamero e 6-12 stami più o meno lunghi e sottili, discretamente polliniferi, con un caratteristico odore di trimetilammina molto penetrante. Le infiorescenze miste sono più brevi, più complesse e sono posizionate verso l'apice del ramo. Queste sono costituite

complessivamente da una ventina di cime ascellari: alla base dell'infiorescenza vi sono 1-4 cime ascellari femminili, ciascuna composta da 2 a 3 fiori racchiusi da una cupola; le successive sono formate da fiori maschili, in numero da 3 a 7 per cima, anche se quelle più apicali ne hanno due soltanto. I fiori femminili hanno un perianzio anch'esso esamero e tomentoso, l'ovario è infero con 6-9 carpelli e altrettanti stili, rigidi e pelosi alla base. (Gellini et al, 2007)

Dopo la fecondazione il riccio vero e proprio viene costituito dalla cupola squamosa. Il riccio è subsferico di 5-10 cm di diametro, fortemente spinoso, dapprima verde e poi bruno giallastro. I frutti del castagno sono acheni contenuti nel riccio in numero di 2-3 e a volte anche fino a 7, mai trigonali e mai separati da setti interni all'involucro; hanno pericarpo liscio e coriaceo, bruno scuro omogeneo, striato nei marroni, ornato alla base da l'ilo (una cicatrice chiara) e all'apice dai resti degli stili (la cosiddetta "torcia"); la loro faccia interna è fortemente pubescente. I cotiledoni, bianchi avorio, sono molto grandi e sono protetti dall'episperma, una sottile pellicola membranacea. Il frutto è tendenzialmente deiscente ma molti ricci possono cadere interi e rimanere a lungo chiusi. L'achenio è dolce, saporito e quindi ricercato come frutto edule. L'impollinazione è essenzialmente anemofila ma la presenza di nettari, derivati dagli abbozzi dei pistilli, e l'odore penetrante che emanano fa sì che i fiori maschili vengano assiduamente visitati da numerosi insetti quali api, coleotteri, ditteri e così via. L'attività di questi insetti non è tale da creare un'impollinazione strettamente insetto-dipendente in quanto visitano solo i fiori maschili dal momento che quelli femminili sono privi o quasi di attrattori (Gellini et al, 2007)

1.1.4 Proprietà e usi del legno

Il legno del castagno è mediamente pesante, compatto ed elastico, con una netta differenziazione tra albarno, bianco giallastro, e duramen, di colore marrone chiaro. Presenta una porosità anulare che ricorda quella delle querce caducifoglie da cui il castagno si differenzia soprattutto per i raggi midollari solo uniseriati e quindi non osservabili ad occhio nudo (Conedera et al., 2002).

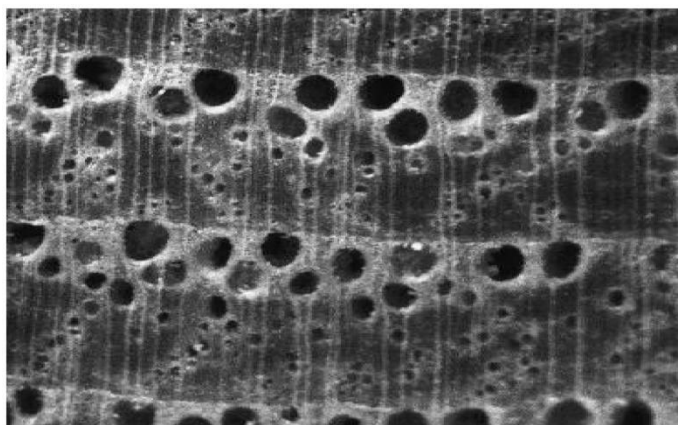


Figura 2 Sezione trasversale del legno di castagno vista al binoculare (Conedera et al., 2002)

Attualmente la richiesta di legname di castagno è diminuita ma nella storia ha trovato le più diverse utilizzazioni: paleria, mobili, travature, tranciati, estrazione di tannini, etc. Da un ceduo di castagno si possono ricavare assortimenti molto diversificati, utilizzati dalla produzione di ceste alla produzione di paleria da esterno, grazie al legno che si deteriora molto lentamente nel tempo. (Gellini et al, 2007).

La cipollatura rappresenta la principale causa di deprezzamento del legname di castagno e consiste nell'interruzione della continuità dei tessuti della pianta. Questa interruzione avviene normalmente con il distacco e la separazione fra due anelli di accrescimento consecutivi che vanno a creare un'intercapedine vuota all'interno del fusto (Conedera et al., 2002). Il legno del castagno può facilmente cipollarsi soprattutto nella parte basale del fusto durante le operazioni di abbattimento. Nei castagneti, l'alta frequenza di questo tipo di difetto e l'estrema difficoltà di diagnosi prima dell'abbattimento rappresentano attualmente un fattore di rischio ancora troppo elevato per incentivare gli investimenti nella produzione di legname di castagno di qualità (Buccianti M., 1994). In alcuni studi riguardanti l'incidenza della cipollatura nel castagno è stato dimostrato che tra i fattori che favoriscono l'insorgere del danno vi è anche il ritmo di accrescimento irregolare, l'alternanza, cioè, di zone della pianta con anelli di accrescimento ampi e zone con anelli stretti (Macchioni et al., 1996).

1.1.5 Principali avversità

Le malattie del castagno di origine crittogamica, quindi dovute ad organismi appartenenti ai regni di Batteri, Cromisti o Funghi, non sono molto numerose, ma alcune possono essere estremamente aggressive.

1.1.5.1 Mal dell'inchiostro

Phytophthora, principalmente *P. cinnamomii* e *P. cambivora*, conosciuto anche come "mal dell'inchiostro" è un fungo che attacca l'apparato radicale del castagno. Il patogeno in questione è stato descritto per la prima volta nel 1927. Questo fungo proviene dai paesi tropicali ed è stato introdotto in Italia alla fine dell'ottocento diffondendosi nei castagneti, ma anche nei vivai forestali, lungo tutta la penisola (Capretti et al., 2009). Il patogeno comincia la sua infezione dall'apparato radicale della pianta arrivando a colonizzarla fino a livello del colletto, risalendo anche per un metro i tessuti corticali. I tipici sintomi sui soggetti colpiti da questo patogeno sono di sofferenza generalizzata su l'intera pianta che si accentua nella porzione superiore della chioma. Scalzando la corteccia alla base della pianta malata è possibile osservare una colorazione scura, da qui il nome "mal dell'inchiostro", a forma di fiamma che proviene dal basso e via via risale verso l'alto generalmente per 30-80 cm, circondata da settori di corteccia vivi biancastri (fig. 3).



Figura 3 Caratteristico danno a fiamma di colorazione scura causato dal Mal dell'inchiostro (www.unipd.it/esterni/www/fitf)

1.1.5.2 Cancro del castagno

Cryphonectria parasitica, è l'agente responsabile del "cancro del castagno" e rappresenta la più grave e diffusa malattia crittogamica del castagno. Questo patogeno è capace di portare a morte le giovani piante nel giro di pochi mesi. Le origini di *Cryphonectria parasitica* sono esotiche ma ormai la malattia è ampiamente diffusa in tutta Italia e in Europa. Il cancro del castagno è molto comune sia nei boschi cedui che nelle fustaie, nei castagneti da frutto e anche nelle piantine in vivaio (Capretti et al., 2009). Il patogeno colonizza l'ospite attraverso le ferite, diventando molto pericoloso nelle operazioni di innesti a marza o dopo le potature. Il termine "cancro" indica delle lesioni corticali localizzate di origine infettiva che interessano gli organi legnosi ed in particolare il ritidoma, le cellule del floema, il cambio e le cerchie annuali esterne. Sintomi tipici della malattia osservabili dall'esterno sono la presenza di depressioni necrotiche color cuoio della corteccia (fig. 4). La risposta della pianta consiste nel ricaccio dal basso di nuovi polloni caulinari. Nel caso di attacco da parte di un ceppo ipovirulento, cioè ceppi meno virulenti, si può avere il recupero e la cicatrizzazione della ferita da parte della pianta.

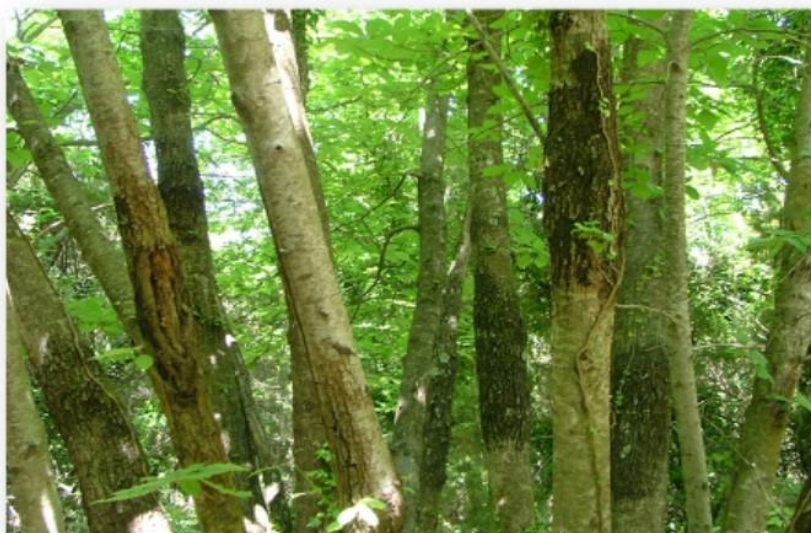


Figura 4 Ceppaia con caratteristiche depressioni necrotiche color cuoio
(www.clubagricoltori.altervista.org)

1.1.6 Aspetti selvicolturali

L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC, 2005) attribuisce ai castagneti, sia quelli da legno che quelli da frutto, una superficie di 788.408 ha, che rappresenta il 7,5% della copertura forestale italiana. Il castagno è una pianta arborea molto importante sia come pianta da frutto sia per la produzione di legna. L'attività colturale si svolge mediante le classiche forme di governo,

ceduo e fustaia, anche se quest'ultima è meno frequente per via della grande capacità pollonifera caulinare del castagno. La fustaia è caratterizzata da una minore densità di pinte rispetto al ceduo e da un solo fusto per ogni ceppaia. La fustaia rappresenta la forma classica di governo dei castagneti da frutto, soprattutto nelle regioni italiane settentrionali. Il governo a ceduo del castagno da legno invece consiste in un taglio a raso con rilascio di 20-40 matricine per ettaro. I polloni che raggiungono la maturità sono generalmente coetanei, mentre le ceppaie hanno diverse età che possono superare anche di parecchio gli anni del singolo turno. Buoni risultati produttivi si possono avere con un numero di ceppaie per ettaro tra le 400 e le 600. I turni che si applicano generalmente ad un ceduo di castagno sono da fissare in relazione al tipo d'assortimento desiderato. Nei tempi più moderni la tendenza è di allungare i turni più bassi e a non intervenire prima che siano trascorsi almeno una ventina d'anni dopo l'ultimo taglio (Del Favero, 2004).

1.2 *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu

Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu è un insetto che appartiene all'ordine Hymenoptera, famiglia Cynipidae, sottofamiglia Cynipinae, tribù Cynipini (EFSA, 2010). Questo insetto, comunemente conosciuto come vespa o cinipide del castagno, è un parassita esclusivo del genere *Castanea*. Aggredisce sia il castagno europeo (*C. sativa*), selvatico o innestato, sia le altre specie dello stesso genere (*C. crenata*, *C. mollissima*, *C. dentata*) e gli ibridi da esse ottenuti (Regione del Veneto, 2010).

Oggi il *Dryocosmus* è considerato l'insetto più nocivo per il castagno. Questo parassita ovodepone nelle gemme con la successiva formazione di galle su germogli e foglie che invalidano la funzionalità della foglia e possono condurre a un veloce deperimento della pianta ospite (Quacchia et al., 2010).

Il *Dryocosmus* è originario della Cina ma negli anni '60 si è diffuso in Giappone e Corea. Grazie a materiale vivaistico infestato, di provenienza asiatica, il parassita è giunto in Nord America. In Europa il cinipide del castagno è comparso per la prima volta nel 2002, in un'area pedemontana a sud di Cuneo (Piemonte). A partire da questo focolare in pochi anni la vespa galligena si è rapidamente diffusa su tutto il territorio castanicolo italiano e in buona parte di quello europeo. Nei siti interessati da questo studio tutte le formazioni a castagno riscontrano la presenza del cinipide del castagno a partire da periodi differenti (tab. 1), nonostante le tempestive attività di eradicazione dei primi focolai.

1.2.1 Ciclo biologico

D. kuriphilus presenta una sola generazione all'anno ed è un insetto caratterizzato da una forma di riproduzione detta "partenogenesi telitoca" nella quale i maschi sono assenti e dalle uova hanno nascono solo femmine. Tra giugno e luglio le femmine adulte sfarfallano abbandonando le galle e iniziando a deporre gruppi di 35 uova dentro le gemme delle piante di castagno (fig. 5) (Seiichi, 2010).



Figura 5 Femmina di *D. kuriphilus* mentre depone le uova a gemma (www.regione.piemonte.it)

Dopo un'incubazione di 40 giorni le uova si schiudono e lasciano fuoriuscire le larve che raggiungeranno lo stadio adulto solamente nell'estate dell'anno successivo. In primavera, prima della ripresa vegetativa del castagno, le larve presenti sulla gemma stimolano una reazione che dà origine in un paio di settimane alle tipiche galle rosse a maturità e tondeggianti dal diametro variabile di 0,5-2 cm (fig.6) (Romani et al., 2010).



Figura 6 Caratteristica galla su castagno causata da *D. kuriphilus* (foto G. Bosio del Servizio Fitosanitario Regione Piemonte)

Le larve all'interno della galla presente sulla foglia si nutrono per 20-30 giorni, tempo in cui raggiungono il quinto stadio larvale e si impupano. Le femmine adulte emergono dalle galle da giugno a luglio (Regione del Veneto, 2010).

Le femmine adulte di *D. kuriphilus* sono lunghe 2,5-3 mm, presentano una colorazione nera a carico del torace e dell'addome, gli arti risultano di colore giallo brunoastro, ad eccezione dell'ultimo segmento tarsale bruno scuro. Le antenne sono composte di 14 segmenti, di cui i primi tre ocracei e i successivi di colore bruno progressivamente più scuro verso l'apice antennale. Le ali anteriori hanno nervature poco evidenti. L'addome, grande e tondeggiante, è provvisto di un ovopositore filiforme per mezzo del quale le femmine inseriscono le uova all'interno delle gemme. Ogni femmina può deporre fino a 100-150 uova, per cui il potenziale riproduttivo di questa specie risulta molto elevato (Seiichi, 2010).

La formazione della galla a partire dalla gemma può coinvolgere le giovani foglie e le infiorescenze determinando l'arresto o il rallentamento dello sviluppo vegetativo dei getti colpiti. Durante l'autunno le galle disseccano e rimangono visibili sugli alberi fino all'anno successivo. L'entità del danno è legata al numero di galle per pianta che dipende da una differente sensibilità delle cultivar (spiccata in quelle eurogiapponesi) e dall'epoca di insediamento del parassita nel territorio (Benvegnù, 2011).

La diffusione del cinipide galligeno può verificarsi in estate attraverso il volo attivo delle femmine o il trasporto passivo ad opera del vento e nel periodo autunnale e invernale tramite gli scambi commerciali di materiale vivaistico. Di primaria importanza è l'utilizzo di materiale vivaistico sicuro, accompagnato dal passaporto delle piante, conformemente al decreto legislativo n. 214/2005. Bisogna ricordare però che il materiale vivaistico viene spesso commercializzato per via dell'assenza di sintomi ma comunque infestate dal parassita presente sulle gemme (Regione del Veneto, 2010).

1.2.2 Metodi di lotta

Il Decreto Ministeriale del 30 ottobre 2007 "Misure d'emergenza provvisorie per impedire la diffusione del cinipide del castagno, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, nel territorio della Repubblica Italiana, "Recepimento Decisione della Commissione 2006/464/CE", regola la lotta al cinipide del castagno. Vengono definite all'articolo 9 due zone: le "zone focolaio" come aree infestate dove la presenza del patogeno è stata confermata e dove si ritiene ancora possibile l'eradicazione dello stesso e le "zone insediamento" come aree infestate dove la presenza del patogeno è stata confermata e dove la

diffusione dello stesso è tale da non ritenere più possibile la sua eradicazione. All'articolo 10 vengono elencate le misure da adottare nelle zone focolaio e nelle zone insediamento. In entrambe le zone vige il divieto di spostare, al di fuori o all'interno di esse, i vegetali e parti di essi del genere *Castanea*. Vengono elencate anche azioni destinate ad eradicare il parassita del castagno che possono comprendere: la distruzione delle piante infestate e di tutte le piante che mostrano i sintomi causati dall'organismo e, se necessario, di tutte le piante di uno stesso lotto al momento dell'impianto e un controllo della presenza dell'organismo con ispezioni adeguate durante il periodo di potenziale presenza nelle galle infestate (Ministero delle politiche agricole, 2007).

D. kuriphilus è stato inserito dall' European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) nel 2003, all'interno della lista A2 degli organismi da quarantena. EPPO è un'organizzazione intergovernativa responsabile della cooperazione finalizzata alla difesa dei vegetali in ambito europeo e mediterraneo. La lista A2 comprende organismi di quarantena, considerati sotto controllo, già presenti nell'area ma non largamente diffusi.

1.2.2.1 Lotta chimica

Fino a oggi i trattamenti insetticidi per il contenimento del cinipide hanno avuto scarsi risultati. Alcuni autori (Griffo et al., 2010) confermano la maggiore mortalità degli adulti prossimi allo sfarfallamento a seguito di interventi con un piretroide in un castagneto da frutto. Non è però stata valutata la produzione dopo questi interventi insetticidi ed è necessaria la massima attenzione prima di impiegare insetticidi a largo spettro quali i piretroidi che potrebbero danneggiare anche altri organismi utili turbando il delicato equilibrio dell'ecosistema.

1.2.2.2 Resistenza genetica

Si è osservata una certa variabilità nella sensibilità agli attacchi di *D. kuriphilus* a seconda della resistenza genetica delle diverse cultivar di castagno. Sfruttando la presenza di fattori di resistenza di tipo genetico presenti nella specie *Castanea crenata* Sieb. et Zucc. (Shimura, 1972) sono state selezionate in Giappone varietà resistenti. Negli Stati Uniti sono state testate la diversa resistenza genetica delle specie come *Castanea henryi* (Skan) Rehder & E.H. Wilson e *Castanea pumila* (L.) Mill., oltre a varietà di *C. crenata* resistenti (Anagnostakis, 1999). Per quanto riguarda il castagno europeo, che ha mostrato da subito grande sensibilità al cinipide, alcune ricerche (Sartor et al., 2009) hanno dimostrato l'esistenza di resistenza genetica all'insetto da parte di alcune cultivar di castagno europeo (*C. sativa*). In questi studi,

è stata testata la resistenza genetica di un ibrido ottenuto incrociando "Bouche Rouge" (*C. sativa*) con la selezione C04 dell'INRA di Bordeaux (*C. crenata*). L'ibrido "Bouche de Bétizac" si è dimostrato resistente a *D. kuriphilus* non presentando mai i sintomi anche in situazioni di elevata pressione da parte dell'insetto. La selezione di cultivar resistenti da usare come produttori diretti o nel miglioramento genetico può essere una via percorribile capace di agire in sinergia con la lotta biologica (Seiichi et al., 2010).

1.2.2.3 Lotta biologica

In Italia è stato avviato un programma di lotta biologica contro *D. kuriphilus* attraverso l'introduzione dell'imenottero parassitoide *Torymus sinensis* Kamijo. Grazie a specifici programmi finanziati dal MiPAAF i primi rilasci del parassitoide sono avvenuti nel 2005 in alcuni castagneti del Piemonte. I buoni risultati ottenuti in seguito in Piemonte, Liguria, Lombardia e Toscana, uniti al successo delle esperienze giapponesi, indicano che la lotta biologica al cinipide del castagno è la miglior strada da intraprendere per difendere il castagno europeo (Seiichi et al., 2010). Sono noti studi di ricerca finalizzati all'individuazione di parassitoidi indigeni che hanno mostrato una certa capacità di svilupparsi a spese del cinipide del castagno (Boriani et al., 2013). Sebbene il numero di specie coinvolte sia elevato, la percentuale di parassitizzazione è risultata molto bassa, evidenziando come a distanza di dieci anni dall'introduzione di *D. kuriphilus* il ruolo svolto dai parassitoidi indigeni per il contenimento sia quasi nullo (Quacchia et al., 2010).

1.2.3 *Torymus sinensis* Kamijo

Torymus sinensis Kamijo è un parassitoide specifico degli stadi larvali del cinipide del castagno. Questo insetto appartiene all'ordine Hymenoptera, famiglia Torymidae, sottofamiglia Toryminae. La sua specificità è stata testata da prove di laboratorio e in ambiente vivaistico su galle di *Mikiola fagi*, *Cynips quercusfolii* L., *Andricus kollari* e *Neuroterus quercubaccarum* L. (Quacchia et al., 2010) nelle quali il *Torymus* non è riuscito a svilupparsi. *T. sinensis*, allo stesso modo di *D. kuriphilus*, compie una sola generazione all'anno e la sua popolazione è costituita da individui maschi e femmine. È un insetto di circa 2,5 mm di lunghezza, ha il corpo color verde metallico e zampe giallastre. La femmina si distingue chiaramente dal maschio per la presenza dell'ovopositore. Tra fine marzo e la prima settimana di maggio, con differenze secondo l'andamento del clima, *T. sinensis* inizia a sfarfallare dalle galle invernali ormai secche. L'adulto si nutre di sostanze zuccherine e ha una vita media di circa 25 – 30 giorni, durante i quali si accoppia dando vita alla generazione successiva.

Le femmine depongono fino a 70 uova all'interno delle galle del castagno causate da *Dryocosmus*. Anche se la femmina non è riuscita ad accoppiarsi deporrà comunque lo stesso numero di uova dando però vita, nella seguente generazione, a soli maschi. Le uova sono deposte all'interno delle celle larvali o direttamente sul corpo della larva del cinipide, in questo modo la larva del parassita inizia velocemente a cibarsi della larva di *D. kuriphilus*. La larva dell'imenottero è un ectoparassitoide che si nutre della larva del cinipide cibandosene dall'esterno. Durante l'inverno *T. sinensis* si impupa all'interno della galla dal castagno per sfarfallare nella primavera seguente (Brussino et. Al., 2002).

In Veneto, nel 2012, presso il Centro Operativo Polifunzionale Onè di Crespano del Grappa (TV), grazie alla collaborazione tra l'Università degli Studi di Padova, i Servizi Fitosanitari e i Servizi Forestali della Regione Veneto, è stato creato il Centro Permanente di Moltiplicazione di *T. sinensis*. Dagli allevamenti realizzati sono stati effettuati numerosi rilasci, ciascuno composto da 100 femmine e 50 maschi, nelle province di Belluno, Verona, Vicenza e Treviso, con esiti incoraggianti (Colombari, 2013; Battisti et al, 2014b).

La lotta biologica operata con *T. sinensis* ha portato ad un controllo biologico di *D. kuriphilus* fra il 2014 e il 2015. L'inizio del controllo biologico è stato verificato con l'apertura delle galle raccolte nella primavera 2015 che ha evidenziato, in media, oltre l'80% dei loculi è occupato da *T. sinensis* e meno dell'1% da *D. kuriphilus*. I rimanenti loculi sono vuoti od occupati da parassitoidi autoctoni (Colombari et al., 2015)

Sito	Arrivo Dk	Lancio/arrivo Ts	Annate di controllo biologico
Bedano-CH	2010	2012-2013	2014-2015
Iseo Bioggio-CH	2010	2012-2013	2014-2015
Chiusa Pesio - I	2002	2006	2013-2014
Frabosa -I	2004	2006	2013-2014
Torre Canavese - I	2010	2013	2014

Tabella 1 Periodi di arrivo nei siti interessati dallo studio di Dk (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) e Ts (*Torymus sinensis* Kamijo) (Marco Conedera, dati non pubblicati)

2 Aree di studio

Tutti i siti presi in considerazione per il campionamento sono caratterizzate da castagneti governati a ceduo. L'età dei cedui da cui abbiamo prelevato i campioni, molto spesso, differisce anche all'interno dello stesso sito. I popolamenti di castagno hanno una struttura solitamente monoplana a copertura omogenea colma, tipica di una specie non tollerante l'ombra a rapido accrescimento (Cutini, 2001). Le altezze hanno una distribuzione ristretta intorno ad un valore dominante. Il taglio dei cedui di castagno deve essere eseguito in modo che le matricine riservate non siano inferiori a 30 per ettaro, questo secondo le prescrizioni di massima. Le matricine debbono essere scelte tra le piante da seme o, in mancanza di queste, tra i polloni più validi e più sviluppati. L'efficacia delle matricine la si ha se queste sono distribuite il più possibile in modo uniforme su tutta la superficie della tagliata o a gruppi, con preferenza per quelle zone dove è evidentemente più facile assicurare la rinnovazione del bosco (Bernetti et al., 2012). Normalmente le matricine vanno tagliate ad un'età almeno doppia del turno del ceduo (Art. 41) e il turno dei tagli non può essere inferiore ai 12 anni (Art. 44), entrambe situazioni non sempre riscontrate nei cedui presi in esame. Spesso lo stato di decadenza di questi cedui è legato all'abbandono culturale o al salto del turno per una mancata utilizzazione (Ciancio et al., 2004).

Questo lavoro si prefigge l'obiettivo di verificare eventuali effetti del cinipide *D. kuriphilus* nei riguardi degli accrescimenti legnosi delle piante di castagno in Piemonte e nel sud della Svizzera. Lo studio ha preso in considerazione nove gruppi di piante, ciascuno composto da dodici esemplari individuati all'interno di cedui di castagno in turno (gruppo giovani) e oltre turno (gruppo vecchi). Oltre a questi nove gruppi sono stati prelevati campioni da cinque differenti gruppi di piante di controllo di altre specie presenti nei boschi campionati, ciascuno composto da sei esemplari. I siti interessati da questi prelievi si trovano nei comuni di Torre Canavese, Iseo Bioggio, Bedano, Frabosa e Chiusa Pesio. In questo studio sono stati esaminati gruppi di piante giovani e vecchie in ogni una delle regioni prese in considerazione per permettere di valutare meglio le risposte all'attacco del cinipide da parte di cedui di castagno caratterizzati da diverse condizioni stazionali e climatiche. In ogni sito obiettivo sono stati individuati due cedui di età differente, il giovane con polloni di età Compresa fra i 20 e i 40 anni mentre il vecchio con polloni di età superiori ai 40 anni.

2.1 Zona Svizzera

I dati meteo presi come riferimento per questa zona sono stati misurati ed acquisiti dalla stazione meteo di Lugano, ritenuta adeguata per la vicinanza ai due comuni interessati dai prelievi. Una volta elaborati i dati climatici sono stati riassunti mediante il diagramma termoudometrico (Ecological Climate Diagrams) secondo Walter e Lieth, strumento di facile comprensione che ci indica graficamente la disponibilità idrica di queste zone nei confronti del castagno. In tutta la zona Svizzera presa in esame le temperature e le precipitazioni sono più che sufficienti ad un buon sviluppo di *C. sativa* (fig. 7). Durante la stagione vegetativa (da aprile a ottobre) la temperatura media in questa zona è di 17.8° C con una precipitazione cumulata media di 1108 mm.

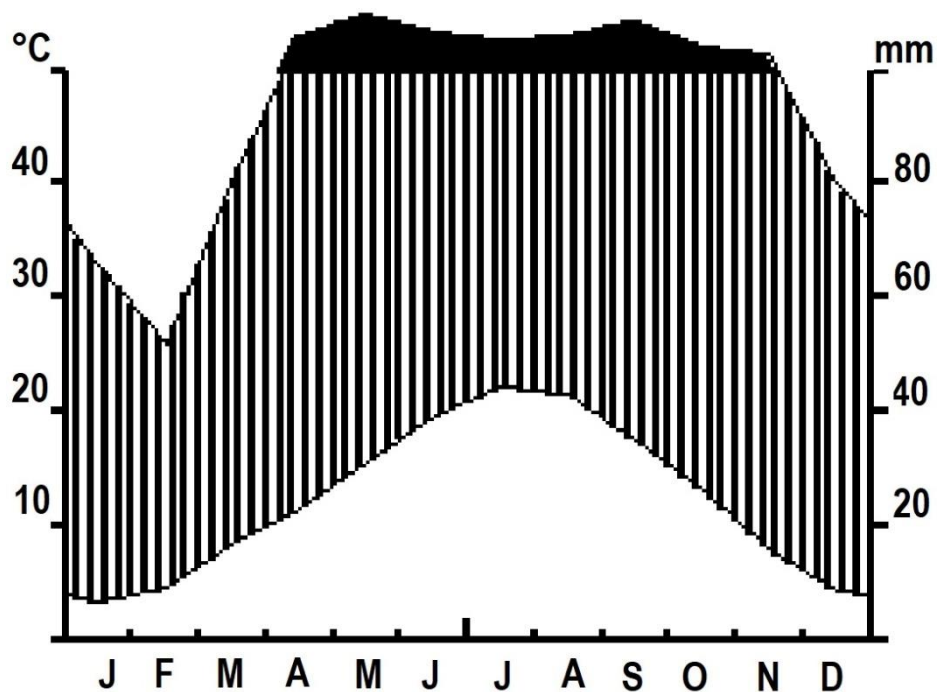


Figura 7 Diagramma termoudometrico secondo Walter e Lieth sviluppato sui dati meteo della stazione di meteorologica di Lugano (CH) nel periodo dal 1981 al 2010

2.1.1 Aspetti pedologici

Le rocce del Malcantone appartengono allo zoccolo prevarisico delle Alpi meridionali. Si tratta di rocce cristalline composte prevalentemente da quarzo, feldspato, miche e minerali scuri. Durante gli eventi orogenetici si sono formate delle enormi fessure che hanno consentito la risalita di fluidi ricchi di minerali

di argento, oro e ferro. In passato queste risorse erano sfruttate in modo intenso. La morfologia del territorio è il risultato dell'erosione fluvio-glaciale, con un'abbondanza di dossi, gole e anfratti. I principali corsi d'acqua sono il fiume Tresa e la Magliasina, che offrono degli spazi naturalistici interessanti per la vegetazione golenale. Il comprensorio presenta un'importante varietà naturalistica grazie alla varietà dei suoi paesaggi. Si passa infatti da un paesaggio tipicamente lacustre (Lago Ceresio, 272 m), alle zone collinari, fino a raggiungere le zone montane, che raggiungono i 1619 m del Monte Lema e i 1935 m dei Gradiccioli. La risorsa più importante di questa zona è rappresentata dal bosco, che ricopre una superficie importante del territorio (Hochstrasser R., 2017).

2.1.2 Aspetti vegetazionali

Il Malcantone presenta una grande varietà di specie grazie alle differenti condizioni climatiche, pedologiche, topografiche. L'area montana comprende faggete (*Fagus sylvatica*) e pascoli, con una presenza estesa di betulle (*Betula pendula*) ai bordi delle aree aperte e del Farinaccio (*Sorbus aria*). Nei pascoli poco utilizzati prevale la Felce aquilina (*Pteridium aquilinum*) e la Ginestra (*Cytisus scoparius*). Frequente anche il nardeto, prateria tipica dei suoli acidi e magri dove predomina il Cervino (*Nardus stricta*). Possiamo distinguere due associazioni predominanti per lo stadio montano (da 800 a 1400 m) e quello subalpino (da 1400 a 1700 m): 1. Sui suoli acidi e a tenore di sostanze nutritive limitate troviamo l'Erba lucciola maggiore (*Luzula nivea*). 2. Sui suoli meno acidi in esposizioni ombreggiate, nello strato arboreo compaiono l'acero di monte (*Acer pseudoplatanus*) e le macroforbie esigenti in quello erbaceo: Lauro alessandrino (*Streptopus amplexifolius*), il Sigillo di Salomone verticillato (*Polygonatum verticillatum*), l'Uva di volpe (*Paris quadrifolia*), l'Imperatoria vera (*Peucedanum Ostruthium*). Sulle pendici del Monte Lema e dei Gradiccioli troviamo anche la boscaglia ad ontano verde (*Alnus viridis*). Nei popolamenti serrati di ontano compaiono parecchie grandi felci ed erbe tipiche dei Macroforbieti. Si tratta in genere di associazione di sostituzione della foresta, oppure di una fitocenosi specializzata verso il limite superiore del bosco. Associazioni di arbusti quali il ginepro nano (*Juniperus communis* ssp. *nana*), la Rosa delle Alpi (*Rhododendron ferrugineum*), l'uva ursina (*Arctostaphylos Uva-ursi*) e i mirtilli (*Vaccinium Myrtillus* e *V. uliginosum*), sono presenti localmente tra i pascoli verso il limite superiore della foresta.

Compresa tra i 300 e gli 800 metri, l'area pedemontana è caratterizzata dai boschi cedui di castagno (*Castanea sativa*), dove accanto alla specie dominante s'incontrano nello strato arboreo la rovere (*Quercus petraea*), la betulla (*Betula pendula*), il frassino (*Fraxinus excelsior*), la Robinia

(*Robinia pseudoacacia*) e il cerro (*Quercus Cerris*), specie rara nel resto del Cantone. Nello stadio arbustivo troviamo spesso il Nocciolo (*Corylus avellana*) o la Frangola (*Frangula alnus*). Le associazioni principali per questo stadio sono:

1. Sui suoli poveri compare in abbondanza la Festuca dei montoni (Festuca ovina), la Brughiera (*Calluna vulgaris*), la Ginestra (*Cytisus scoparius*), lo Camedrio scorodonia (*Teucrium Scorodonia*).
2. Sui suoli a tenore di sostanze nutritive limitate, compaiono specie più esigenti quali il Sigillo di Salomone maggiore (*Polygonatum multiflorum*), l'anemone di bosco (*Anemone nemorosa*), la viola silvestre (*Viola reichenbachiana*) e la Salvia vischiosa (*Salvia glutinosa*).
3. Sui suoli eutrofici, meno acidi e sempre freschi troviamo il frassino, l'ontano nero (*Alnus glutinosa*) e altre frondifere pregiate. Lo strato erbaceo è composto da felci ed alte erbe.

Le selve castanili, elemento paesaggistico importante, sono localizzate principalmente nei pressi dei villaggi. Tra le specie più rare che troviamo nel sottobosco dei castagneti e delle faggete troviamo: Felce di Braun (*Polystichum Braunii*), Felce setifera (*Polystichum setiferum*), Felce penna di struzzo (*Matteuccia Struthiopteris*) e Felce florida (*Osmunda regalis*), Melica (*Melica uniflora*), Festuca pannocchiuta (Festuca paniculata), Serapide maggiore (Serapias vomeracea), il Cerro (*Quercus Cerris*), Crotonella viscaria (*Silene viscaria*), Aquilegia scura (*Aquilegia atrata*), Sassifraga dei graniti (*Saxifraga Cotyledon*), Androsace di Vandelli (*Androsace Vandellii*), Mentuccia montana (*Calamintha grandiflora*), Stellina cruciata (*Asperula taurina*) e Campanula incisa (*Campanula excisa*). Localmente, su terreni più calcarei, troviamo anche specie quali il Tamaro (*Tamus communis*), il Ciclamino delle Alpi (*Cyclamen purpurascens*), Erba limona (*Melittis Melissophyllum*), Polmonaria maggiore (*Pulmonaria officinalis*) e il Cardo zampa d'orso (*Cirsium Erisithales*) (Hochstrasser R., 2017).

2.1.3 Comune di Bedano, Canton Ticino (CH)

Bedano è un comune svizzero del Canton Ticino, situato nella valle del Vedeggio a nord di Lugano. La popolazione di Bedano è in aumento e il paese contava 1.375 residenti al 31 dicembre 2008. Il paese si trova a 387 m s.l.m. e si estende su un'area di 187 ha (fig. 8).

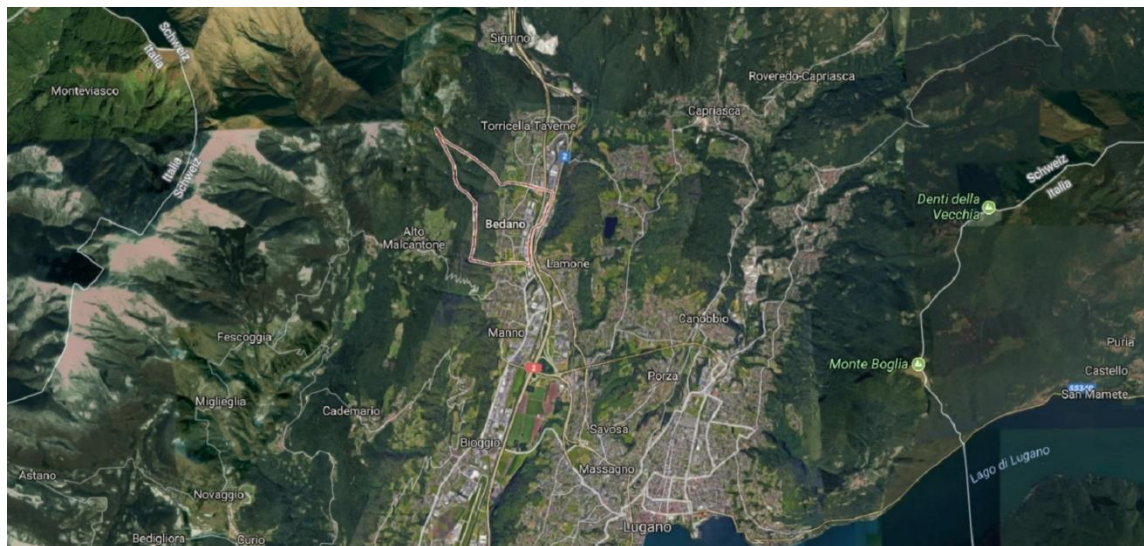


Figura 8 Comune di Bedano, Canton Ticino (CH), zona svizzera

Durante il campionamento svolto a Bedano, nel sito che presentava il ceduo vecchio di castagno preso in esame, è stata scelta come specie di controllo la quercia andando a campionare sei esemplari di *Quercus cerris* e *Quercus petraea* per la loro presenza nel sito e il loro grado di sviluppo considerato adeguato. Per grado di sviluppo adeguato si intende quindi in condizione sociale co-dominante, per essere raffrontato con i prelievi svolti sui polloni di castagno individuati con la stessa logica. La specie di controllo ci aiuta ad individuare periodi particolarmente gravosi per lo sviluppo delle piante che possono essersi presentati in quel determinato sito durante il periodo temporale di sviluppo del ceduo di castagno.

Nei cedui di castagno presenti a Bedano il *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu è arrivato nel 2010 ed il suo antagonista naturale, *Torymus sinensis* Kamijo è stato introdotto e/o rilevato nel 2012-2013 arrivando ad un presunto controllo biologico del cinipide nel 2014-2015 attraverso le dinamiche preda-predatore naturali (tab. 1).

2.1.4 Comune di Iseo Bioggio, Canton Ticino (CH)

Iseo Bioggio si trova a 314 m s.l.m. e il suo territorio è compreso fra i 685 m s.l.m. di Iseo fino ai 280 m s.l.m. della zona dei Mulini di Bioggio. Il territorio ha un'area complessiva di 6,49 km² di cui il 38,4% coperto da bosco (fig. 9).

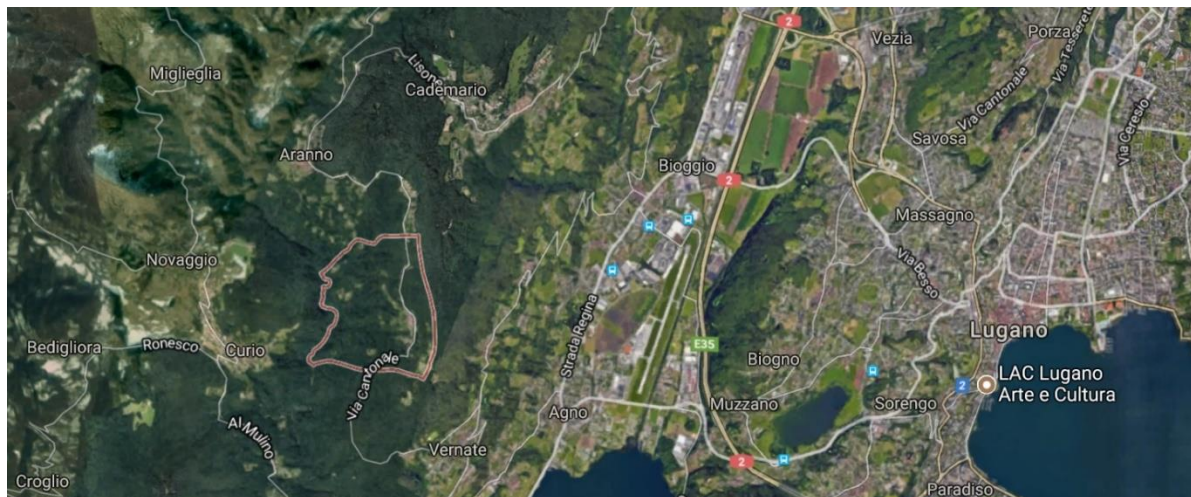


Figura 9 Comune di Iseo Bioggio, Canton Ticino (CH), zona svizzera

Durante il campionamento svolto a Iseo Bioggio nel sito che presentava il ceduo vecchio di castagno preso in esame è stata scelta come specie di controllo la quercia andando a campionare sei esemplari di *Quercus cerris* e *Quercus petraea* per la loro presenza nel sito e il loro grado di sviluppo considerato adeguato, quindi in condizione sociale co-dominante, per essere raffrontato con i prelievi svolti sui polloni di castagno.. La specie di controllo ci aiuta ad individuare periodi particolarmente gravosi per lo sviluppo delle piante che possono essersi presentati in quel determinato sito durante il periodo temporale di sviluppo del ceduo di castagno.

Nei cedui di castagno presenti a Iseo il *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu è arrivato nel 2010 ed il suo antagonista naturale, *Torymus sinensis* Kamijo, è stato introdotto e/o rilevato nel 2012-2013 arrivando ad un presunto controllo biologico del cinipide nel 2014-2015 attraverso le dinamiche preda-predatore naturali (tab. 1).

2.2 Zona del Cuneese

I dati meteo presi come riferimento per questa zona sono stati prodotti dalla stazione meteo di Mondovì, ritenuta adeguata per la vicinanza ai siti interessati dai prelievi per questa zona. Una volta elaborati i dati climatici sono stati riassunti mediante il diagramma termoudometrico (Ecological Climate Diagrams) secondo Walter e Lieth, strumento di facile comprensione che ci indica graficamente la disponibilità idrica di queste zone nei confronti del castagno. In tutta la zona del cuneese presa in esame le temperature e le precipitazioni sono sufficienti ad un buon sviluppo di *C. sativa* tutto l'anno anche se viene evidenziata un potenziale momento di scarsità d'acqua nel mese di luglio (fig. 10). Durante la stagione vegetativa (da aprile a ottobre) la temperatura media in questa zona è di 15.6° C con una precipitazione cumulata media di 522 mm.

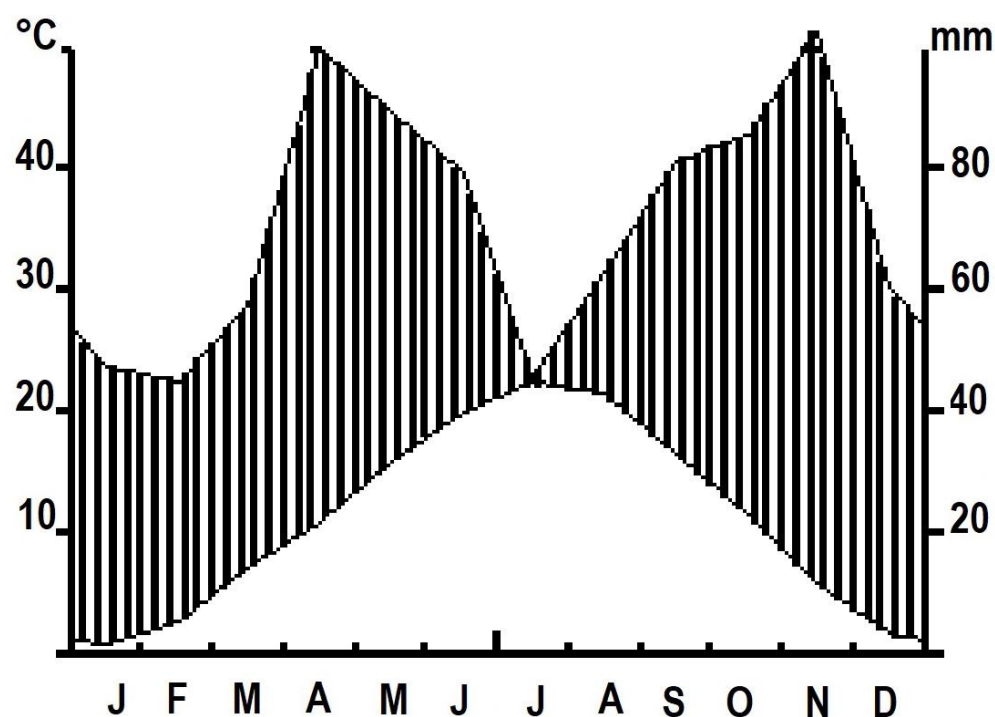


Figura 10 Diagramma termoudometrico secondo Walter e Lieth sviluppato sui dati meteo della stazione di meteorologica di Mondovì (I) nel periodo dal 1994 al 2016

2.2.1 Aspetti pedologici

Il fondovalle è formato da suoli caratterizzati da uno stadio evolutivo poco avanzato perché continuamente sottoposti alle dinamiche di deposito ed erosione dei corsi d'acqua. Questi suoli sono caratterizzati da una tessitura sabbiosa una struttura debole, granulare, fine a reazione acida. Il contenuto

in scheletro è elevato; la pietrosità è abbondante, con massi anche di dimensioni notevoli. Il drenaggio è elevato con una rapida mineralizzazione della sostanza organica. Sui depositi terrazzati, posti a quote superiori si registra una maggiore profondità dello strato fertile, dovuta in parte alle cure colturali legate alle pregresse pratiche agropastorali. I suoli presenti sui versanti sotto il profilo pedogenetico possono essere classificati, in relazione alla matrice litologica acida ed all'elevata piovosità della valle, come suoli bruni acidi e come suoli bruni lisciviati. Lo stadio evolutivo dei suoli è comunque avanzato, ad esclusione delle zone in cui si hanno affioramenti rocciosi. La forte pedogenizzazione è stata consentita dalla stabilità dei versanti, e dalla presenza continuativa di una vegetazione arborea con elevata produzione di biomassa. Le caratteristiche superficiali denotano scarsa pietrosità, erosione debole o assente, drenaggio buono. Sui crinali e localmente anche sul fondovalle, la presenza di affioramenti rocciosi individua situazioni di suoli meno evoluti classificabili come ranker, in lenta evoluzione verso i suoli bruni. In alcuni casi sono presenti veri e propri litosuoli nei quali la copertura arborea è sostituita dalla vegetazione rupicola. La carta di capacità d'uso dei suoli del Piemonte (Ipla, 1982), inserisce i suoli descritti nella IV classe di capacità d'uso con limitazioni all'agricoltura dovute principalmente alla scarsa profondità ed alla pietrosità, talora anche intensa che determina interferenze con le lavorazioni. L'uso del suolo in passato era caratterizzato su entrambi i versanti dalla presenza di estesi castagneti da frutto sostituiti dal ceduo solamente nelle situazioni più sfavorevoli e dai boschi di faggio alle quote superiori; prato- pascoli e coltivi occupavano le terre del fondovalle e le zone prossime agli insediamenti. Più recentemente questi utilizzi sono stati parzialmente abbandonati in conseguenza dello spopolamento ed i castagneti da frutto sono stati in buona parte convertiti a cedui (Provincia di Cuneo, 2013).

2.2.2 Aspetti vegetazionali

Il castagneto è la tipologia forestale predominante su entrambi i versanti del tratto vallivo indagato, estendendosi dal fondovalle alluvionale sino ad una quota di circa 1110 m. E' una vegetazione caratterizzata dalla prevalenza del castagno nello strato arboreo, con un certo grado di variabilità perché comprende castagneti da frutto o cedui da tempo abbandonati e attualmente in evoluzione verso altri tipi di bosco con formazione di boschi misti in uno stadio di transizione più o meno avanzato. Un'ulteriore variabilità dipende dal fatto che molti castagneti da frutto prima di essere completamente abbandonati sono stati convertiti a cedui con bassa densità di ceppaie. I castagneti da frutto permangono nelle situazioni più favorevoli dal punto di vista edafico e maggiormente accessibili; li si ritrova pertanto nelle aree circostanti i nuclei abitati e sulle parti di versanti meno acclivi e servite dalla viabilità. Si tratta di popolamenti puri di castagno a struttura monoplana mantenuti tali dalle cure colturali Per questo motivo

la composizione floristica è ridotta pressoché al solo castagno nello strato arboreo, mentre manca uno strato arbustivo vero e proprio.

Secondo la classificazione proposta dall'Ipla nei “Tipi forestali del Piemonte” nel piano collinare prevale, su entrambi i versanti con una grande estensione, il castagneto mesoneutrofilo a *Salvia glutinosa* delle alpi. Si tratta di popolamenti di castagno puri o in mescolanza con altre latifoglie mesofile d'invasione. Sono in prevalenza di cedui o fustaie sopra ceduo, spesso a struttura irregolare derivanti dall'abbandono della coltura da frutto. Il sottobosco risulta costituito in prevalenza da rovo al quale si aggiungono specie del lamineto.

Nel piano montano il castagneto è sostituito dalla faggeta. I querceti di rovere rappresentano le cenosi climaciche dei medi versanti montani, spesso localizzati in aree rocciose o con suoli superficiali, dove sono state relegate dalla sostituzione antropica con il castagno. Si tratta di popolamenti di rovere in mescolanza con altre latifoglie quali betulla (*Betula pendula*), castagno (*Castanea sativa*), ciliegio (*Prunus avium*), faggio (*Fagus sylvatica*), localizzati su aree rocciose o suoli superficiali. Nello strato arbustivo, rado, sono presenti sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*), nocciolo (*Corylus avellana*), ginepro (*Juniperus communis*) mentre lo strato erbaceo è caratterizzato da specie acidofile acidofile quali luzula (*Luzula nivea*), mirtillo (*Vaccinium myrtillus*), felce (*Pteridium aquilinum*) (Provincia di Cuneo, 2013).

2.2.3 Comune di Frabosa, Piemonte (I)

Frabosa Soprana è un comune italiano di 831 abitanti in forte crollo demografico. Questo paese è situato nella provincia di Cuneo in Piemonte e fa parte della comunità montana Alto Tanaro Cebano Monregalese. Frabosa Soprana è situata alle pendici del Monte Moro e si trova tra la val Maudagna e la Val Corsaglia ad una quota di 900 m s.l.m. estendendosi su di un'area di 48,1 km² (fig. 11)..

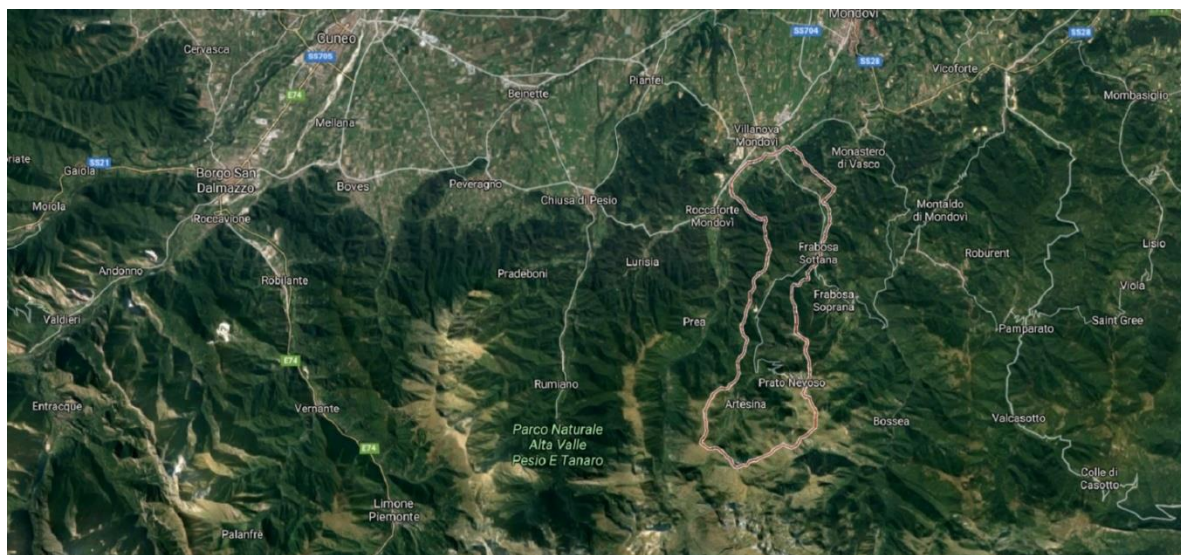


Figura 11 Comune di Frabosa, Piemonte (I), zona del cuneese

Durante il campionamento svolto a Frabosa nel sito che presentava un ceduo "vecchio" di castagno è stata scelta come specie di controllo il frassino (*Fraxinus excelsior*) per la sua presenza nel sito e il suo grado di sviluppo considerato adeguato per essere raffrontato con i prelievi svolti sui polloni di castagno. La specie di controllo ci aiuta ad individuare periodi particolarmente gravosi per lo sviluppo delle piante che possono essersi presentati in quel determinato sito durante il periodo temporale di sviluppo del ceduo di castagno.

Nei cedui di castagno presenti a Frabosa il *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu è arrivato nel 2004 ed il suo antagonista naturale, *Torymus sinensis* Kamijo, è stato introdotto e/o rilevato nel 2006 arrivando ad un presunto controllo biologico del cinipide nel 2013-2014 attraverso le dinamiche preda-predatore naturali (tab. 1).

2.2.4 Comune di Chiusa di Pesio, Piemonte (I)

Chiusa di Pesio è un comune italiano di 3.793 abitanti della provincia di Cuneo, nel Basso Piemonte. Fa parte della comunità montana delle Alpi del Mare e si estende su una superficie di 94 km². Negli ultimi anni la popolazione di questo comune è in diminuzione (fig. 12).

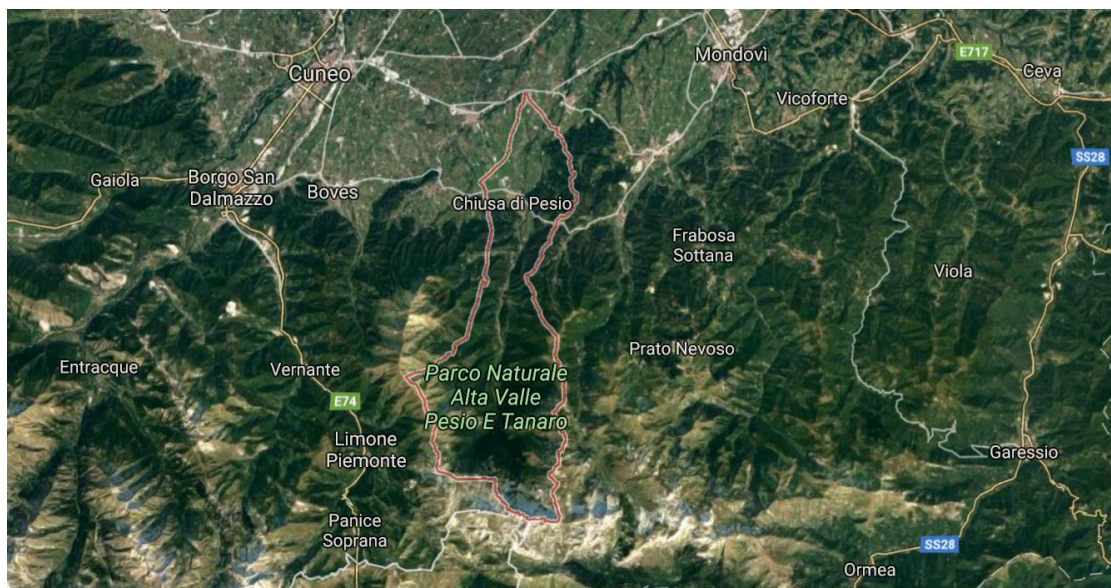


Figura 12 Comune di Chiusa di Pesio, Piemonte (I), zona del cuneese

Durante il campionamento svolto a Chiusa di Pesio nel sito che presentava il ceduo vecchio di castagno è stata scelta come specie di controllo il pino strobo (*Pinus strobus*) per la sua presenza nel sito e il suo grado di sviluppo considerato adeguato per essere raffrontato con i prelievi svolti sui polloni di castagno. La specie di controllo ci aiuta ad individuare periodi particolarmente gravosi per lo sviluppo delle piante che possono essersi presentati in quel determinato sito durante il periodo temporale di sviluppo del ceduo di castagno.

Nei cedui di castagno presenti a Chiusa di Pesio il *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu è arrivato nel 2002 ed il suo antagonista naturale, *Torymus sinensis* Kamijo, è stato introdotto e/o rilevato nel 2006 arrivando ad un presunto controllo biologico del cinipide nel 2013-2014 attraverso le dinamiche preda-predatore naturali (tab. 1).

2.2 Zona del Canavese

I dati meteo presi come riferimento per questa zona sono stati prodotti dalla stazione meteo di Borgofranco Ivrea, ritenuta adeguata per la vicinanza ai siti interessati dai prelievi per questa zona. Una volta elaborati i dati climatici sono stati riassunti mediante il diagramma termoudometrico (Ecological Climate Diagrams) secondo Walter e Lieth, strumento di facile comprensione che ci indica graficamente la disponibilità idrica di queste zone nei confronti del castagno. In tutta la zona del canavese presa in esame le temperature e le precipitazioni sono più che sufficienti ad un buon sviluppo di *C. sativa* (fig. 13). Durante la stagione vegetativa (da aprile a ottobre) la temperatura media in questa zona è di 16.9 °C con una precipitazione cumulata media di 681 mm.

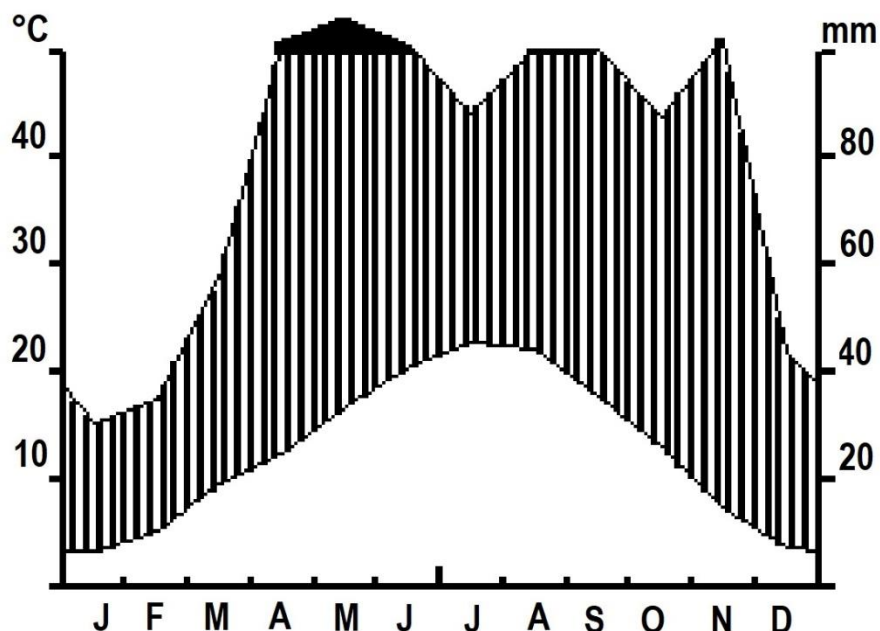


Figura 13 Diagramma termoudometrico secondo Walter e Lieth sviluppato sui dati meteo della stazione di meteorologica di Borgofranco Ivrea (I) nel periodo dal 1999 al 2016

2.3.1 Aspetti pedologici

I cedui di castagno presi in considerazione a Torre Canavese sono situati su di una collina morenica, composta da un'antica morena glaciale stabilizzata, già abitata nell'età del bronzo come testimoniano alcuni reperti venuti alla luce nelle vicine torbiere. In questo luogo sono presenti suoli pendenti molto drenati con generale scarsità di nutrienti e solo alla base delle scarpate troviamo suoli ricchi e freschi. E' presente una ridotta zona umida di proprietà pubblica mentre il bosco di castagno è altamente frazionata in piccole proprietà private.

2.3.2 Aspetti vegetazionali

La forma di governo di questi castagneti è a ceppaia con il rilascio di matricine, governo che si perpetua da tempo vista la presenza di ceppaia molto vecchie di età stimata intorno ai 500 anni. Questi boschi sono utilizzati per la produzione di legna da ardere e paleria ma vi è la presenza al loro interno anche di piante monumentali con coltivazione a capitozzatura a 2 m dal suolo, allevate così in tempi passati per la produzione di paleria. Nei due siti interessati dal prelievo vi è la presenza sporadica di soggetti maturi di betulla, ciliegio, roverella/rovere e robinia, scelta come specie di controllo per questi siti perché presentava diversi soggetti maturi. In questi castagneti (*Castanea sativa*) troviamo una mescolanza con altre latifoglie quali carpino bianco (*Carpinus betulus*), betulla (*Betula pendula*), ciliegio (*Prunus avium*), robinia (*Robinia pseudoacacia*), olmo (*Ulmus minor*) acero riccio (*Acer platanoides*) acero campestre (*Acer campestre*) rovere (*Quercus petraea*) roverella (*Quercus robur*).

2.3.3 Comune di Torre canavese, Piemonte (I)

Torre Canavese si trova in provincia di Torino in Piemonte. Il paese è situato lungo le pendici di una collina morenica, ad un'altitudine di 417 m s.l.m., in una posizione panoramica che domina dall'alto il paese di Bairo e guarda la piana verso Castellamonte. Questo paese si estende su di un'area di 5,5 km² ed ha una popolazione di 604 abitanti, al 31 dicembre 2008, in diminuzione (fig. 14).

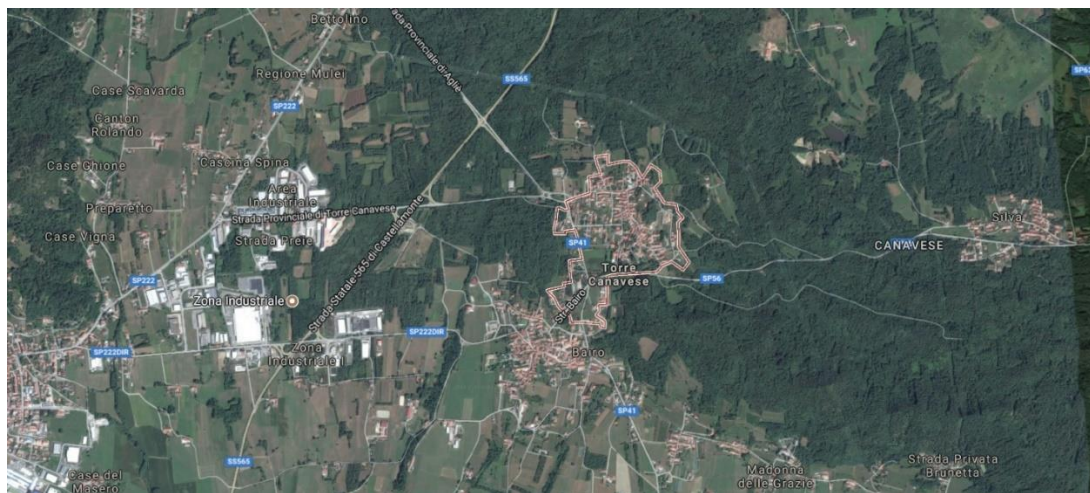


Figura 14 Comune di Torre canavese, Piemonte (I), zona del canavese

Durante il campionamento svolto a Torre canavese nel sito che presentava il ceduo giovane di castagno è stata scelta come specie di controllo la *Robinia pseudoacacia* per la sua presenza nel sito e il suo grado

di sviluppo considerato adeguato per essere raffrontato con i prelievi svolti sui polloni di castagno. La specie di controllo ci aiuta ad individuare periodi particolarmente gravosi per lo sviluppo delle piante che possono essersi presentati in quel determinato sito durante il periodo temporale di sviluppo del ceduo di castagno.

Nei cedui di castagno presenti a Torre Canavese il *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu è arrivato nel 2010 ed il suo antagonista naturale, *Torymus sinensis* Kamijo, è stato introdotto e/o rilevato nel 2012-2013 arrivando ad un presunto controllo biologico del cinipide nel 2014 attraverso le dinamiche preda-predatore naturali (tab. 1).

3. Materiali e metodi

3.1 Campionamento

Il campionamento ha riguardato cedui di castagno presenti in diverse aree geografiche. Il prelievo del campione legnoso (carota) da cui ricavare i dati è stato effettuato grazie all'impiego della trivella di Pressler. La carota è stata prelevata sul fusto della pianta a petto d'uomo (un'altezza da terra pari circa a 1,30 m) posizionando lo strumento perpendicolarmente rispetto all'asse verticale del tronco con lo scopo di intercettare il centro del fusto (fig. 15).

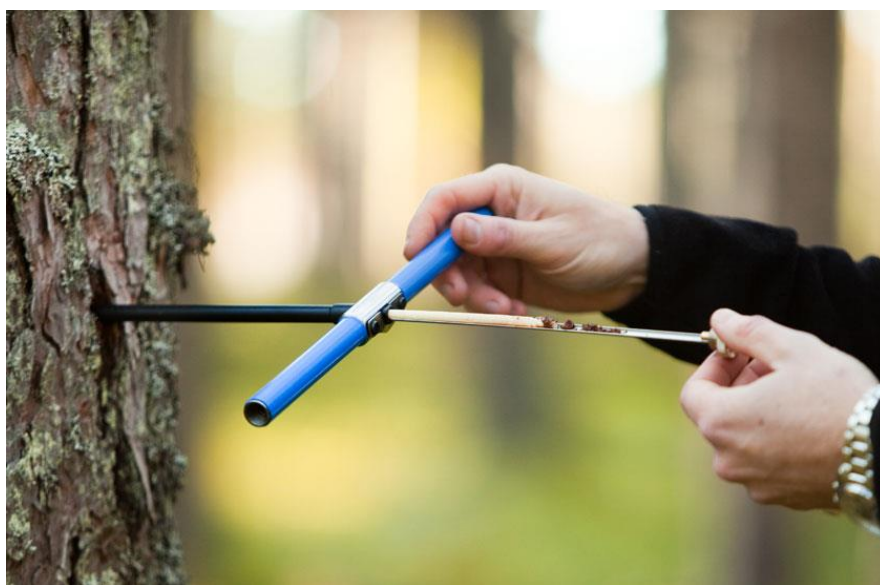


Figura 15 Fase di estrazione con la trivella di Pressler del campione di legno (www.elmeg.org)

I siti di studio sono stati individuati in quei luoghi in cui fosse possibile trovare una specifica coppia di cedui, uno con età dei polloni compresa fra i 20 e i 30 anni (da ora identificato come gruppo giovani) e un ceduo che avesse già superato il turno con età delle piante superiori ai 50 anni (da ora identificato come gruppo vecchi). Per ciascun sito sono stati campionati 12 individui di castagno per ogni gruppo (giovani/vecchi) e 6 piante di specie diverse dal castagno come riferimento comparativo aspecifico (da ora identificato come piante di controllo).

I polloni campionati sono stati individuati scegliendo l'individuo dominante, senza danni evidenti, in ceppaie dominanti (in termini di competizione per una migliore esposizione alla luce). Generalmente il pollone dominante della ceppaia è anche quello con diametro maggiore e con fusto più regolare.

Nella scelta delle piante più adatte al prelievo sono state evitate le ceppaie e gli esemplari dominati nonché tutte le matricine, per ricercare una maggiore uniformità negli accrescimenti. Per ogni soggetto campionato si sono misurati diametro a petto d'uomo (1,30 m dal suolo), ed altezza oltre che il diametro di tutti gli altri poloni presenti sulla medesima ceppaia. Durante la raccolta dati nei diversi siti si è utilizzato un foglio di campo con struttura standard (Fig 16).

Fogli di Campo di:

Data:

Luogo:

Punto GPS:

Esposizione:

Altitudine:

Codice campione	Codice ceppaia.pollone	Diametro (cm)	H max (m)	Note - Commenti

Figura 16 Esempio di foglio di campo utilizzato per la raccolta dei dati

All'interno di ogni ceduo individuato è stata sviluppata un'area di saggio circolare di raggio 10 metri in modo da acquisire indicazioni sulle caratteristiche composizionali e strutturali del popolamento arboreo presente in ogni uno dei cedui campionati. Per far questo in ogni area di saggio è stato rilevato il numero di matricine e di ceppaie vitali presenti nell'area, misurando il diametro di tutti i fusti che superassero i 2 cm di diametro. La misurazione della circonferenza dei fusti è stata effettuata per mezzo di un cavalletto forestale e nei casi di circonferenze di grandi dimensioni attraverso la cordella metrica (fig. 17). Il cavalletto forestale fornisce una misura diretta della circonferenza mentre il dato raccolto con la cordella metrica deve essere elaborato tramite l'applicazione della formula geometrica:

$$\varnothing = Crf \div \pi$$

dove \varnothing = diametro e $Cr f$ = lunghezza circonferenza. Le altezze delle piante da cui si sono prelevati i campioni sono state misurate attraverso l'utilizzo dell'ipsometro Trupulse (fig. 18).



Figura 18 Ipsometro per misurare l'altezza delle piante (www.articoliforestali.com)



Figura 17 Cordella metrica per la misura della circonferenza (www.articoliforestali.com)

Le aree di saggio sono state individuate nei pressi dello stesso sito su cedui di castagno giovani e vecchi. Il sito preso in considerazione a Bedano è localizzato a 46.04° di latitudine Nord e 8.91° di longitudine Est e si trova ad un'altitudine di 600 m s.l.m. (tab. 2).

Area di saggio - Bedano (CH)			
Ceduo	giovane	vecchio	
Diametro piante (cm)	4÷18	19÷38	
Rapporto Fusti / Ceppaie	5.46	2.07	
Numero ceppaie per ha	477	445	
Numero fusti per ha	2611	923	
Composizione	<i>C. sativa</i> (100%) altri (20%)	<i>C. sativa</i> (100%)	
Soggetti campionati			
Specie	<i>C. sativa</i>	<i>C. sativa</i>	<i>Q. petraea</i>
Numero di piante	12	12	6
Altezza delle piante (m)	11÷16	17÷25	12÷22
Diametro delle piante (cm)	15÷22	24÷41	17÷35
Età delle piante (N° anelli)	15÷21	53÷68	25÷66
TRW (mm)	(4.5 ±1.6)	(2.3 ±0.8)	(2.4 ±0.9)
BAI (cm ² /anno)	(11.7 ±5.3)	(11.1 ±5.7)	(11.3 ±12.9)
R-bar	(0.519 ± 0.224)		
EPS	0.85		
MS	0.265		

Tabella 2 Caratteristiche dell'area di saggio e dei soggetti campionati a Bedano (CH) comprendenti: accrescimento radiale annuale (TRW), incremento di area basimetrica (BAI). Sono elencati anche le principali statistiche relative al processo di crossdating per la serie cronologica: sensibilità media (MS), Expressed Population Signal (EPS)

Il sito preso in considerazione a Iseo Bioggio è localizzata a 46.01° di latitudine Nord e 8.89° di longitudine Est e si trova ad un'altitudine di 650 m s.l.m. (tab. 3).

Area di saggio - Iseo Bioggio (CH)			
Ceduo	giovane	vecchio	
Diametro piante (cm)	5÷35	2÷50	
Rapporto Fusti / Ceppaie	3.91	2.00	
Numero ceppaie per ha	701	541	
Numero fusti per ha	2739	1083	
Composizione	<i>C. sativa</i> (90%) altri (10%)	<i>C. sativa</i> (76%) altri (24%)	
Soggetti campionati			
Specie	<i>C. sativa</i>	<i>C. sativa</i>	<i>Q. petraea</i>
Numero di piante	12	12	6
Altezza delle piante (m)	14÷18	18÷24	18÷25
Diametro delle piante (cm)	12÷23	25÷41	24÷38
Età delle piante (N° anelli)	18÷23	43÷68	45÷68
TRW (mm)	(3.9 ±1.4)	(2.6 ±1.2)	(2.2 ±0.9)
BAI (cm ² /anno)	(11.5 ±5.6)	(12.8 ±7.5)	(9.7 ±6.2)
R-bar	(0.539 ± 0.235)		
EPS	0.89		
MS	0.271		

Tabella 3 Caratteristiche dell'area di saggio e dei soggetti campionati a Iseo Bioggio (CH) comprendenti: accrescimento radiale annuale (TRW), incremento di area basimetrica (BAI). Sono elencati anche le principali statistiche relative al processo di crossdating per la serie cronologica: sensibilità media (MS), Expressed Population Signal (EPS)

Il sito preso in considerazione a Torre Canavese è localizzata a 45.40° di latitudine Nord e 7.76° di longitudine Est e si trova ad un'altitudine di 450 m s.l.m. (tab. 4).

Area di saggio - Torre Canavese (I)			
Ceduo	giovane	vecchio	
Diametro piante (cm)	2÷38	20÷35	
Rapporto Fusti / Ceppaie	2.35	2.00	
Numero ceppaie per ha	637	287	
Numero fusti per ha	1497	573	
Composizione	<i>C. sativa</i> (75%) altri (25%)	<i>C. sativa</i> (100%)	
Soggetti campionati			
Specie	<i>C. sativa</i>	<i>C. sativa</i>	<i>R. pseudoacacia</i>
Numero di piante	12	12	6
Altezza delle piante (m)	15÷21	19÷26	17÷26
Diametro delle piante (cm)	15÷30	24÷35	15÷28
Età delle piante (N° anelli)	22÷25	37÷52	23÷26
TRW (mm)	(4.7 ±1.9)	(2.8 ±1.1)	(2.8 ±1.7)
BAI (cm ² /anno)	(15.6 ±8.1)	(13.4 ±6.6)	(6.3 ±4.6)
R-bar	(0.455±0.188)		
EPS	0.893		
MS	0.236		

Tabella 4 Caratteristiche dell'area di saggio e dei soggetti campionati a Torre Canavese (I) comprendenti: accrescimento radiale annuale (TRW), incremento di area basimetrica (BAI). Sono elencati anche le principali statistiche relative al processo di crossdating per la serie cronologica: sensibilità media (MS), Expressed Population Signal (EPS)

L'area di saggio è stata individuata su un ceduo di castagno vecchio in mancanza di cedui giovani nella stessa area. Il sito preso in considerazione a Frabosa è localizzata a 44.35° di latitudine Nord e 7.80° di longitudine Est e si trova ad un'altitudine di 470 m s.l.m. (tab. 5)

Area di saggio - Frabosa (I)		
Ceduo	vecchio	
Diametro piante (cm)	29÷58	
Rapporto Fusti / Ceppaie	1.25	
Numero ceppaie per ha	254.80	
Numero fusti per ha	318.50	
Composizione	<i>C. sativa</i> (100%)	
Soggetti campionati		
Specie	<i>C. sativa</i>	<i>F. excelsior</i>
Numero di piante	11	6
Altezza delle piante (m)	16÷21	14÷23
Diametro delle piante (cm)	28÷46	19-33
Età delle piante (N° anelli)	39÷57	18÷42
TRW (mm)	(3.3 ±1.2)	(4.0 ±1.3)
BAI (cm ² /anno)	(18.1±9.5)	(14.9±9.9)
R-bar	(0.506±0.247)	
EPS	0.91	
MS	0.228	

Tabella 5 Caratteristiche dell'area di saggio e dei soggetti campionati a Frabosa (I) comprendenti: accrescimento radiale annuale (TRW), incremento di area basimetrica (BAI). Sono elencati anche le principali statistiche relative al processo di crossdating per la serie cronologica: sensibilità media (MS), Expressed Population Signal (EPS)

L'area di saggio è stata individuata su un ceduo di castagno vecchio a Chiusa Pesio e i prelievi sul ceduo giovane sono stati effettuati nelle vicinanze, in località Borgata Ciot. Il sito preso in considerazione a Chiusa Pesio è localizzata a 44.28° di latitudine Nord e 7.65° di longitudine Est e si trova ad un'altitudine di 850 m s.l.m. (tab. 6).

Area di saggio - Chiusa Pesio (I)			
Ceduo	giovane	vecchio	
Diametro piante (cm)	7÷33	19÷28	
Rapporto Fusti / Ceppaie	2.15	2.00	
Numero ceppaie per ha	828	287	
Numero fusti per ha	1784	573	
Composizione	<i>C. sativa</i> (100%)	<i>C. sativa</i> (89%) altri (11%)	
Soggetti campionati			
Specie	<i>C. sativa</i>	<i>C. sativa</i>	<i>P. strobus</i>
Numero di piante	12	12	6
Altezza delle piante (m)	10÷17	15÷25	21÷30
Diametro delle piante (cm)	13÷20	21÷44	34÷64
Età delle piante (N° anelli)	21÷25	40÷54	44÷62
TRW (mm)	(3.7 ±0.8)	(3.2 ±1.4)	(3.2 ±1.5)
BAI (cm ² /anno)	(11.5 ±5.6)	(18.1±9.5)	(25.7±20.2)
R-bar	(0.581±0.276)		
EPS	0.93		
MS	0.25		

Tabella 6 Caratteristiche dell'area di saggio e dei soggetti campionati a Chiusa Pesio (I) comprendenti: accrescimento radiale annuale (TRW), incremento di area basimetrica (BAI). Sono elencati anche le principali statistiche relative al processo di crossdating per la serie cronologica: sensibilità media (MS), Expressed Population Signal (EPS)

3.2 Analisi di laboratorio

3.2.1 Preparazione dei campioni

I campioni legnosi prelevati dai diversi cedui sono 12 per ogni gruppo più 6 per ogni coppia di cedui “Giovane/Vecchio” prelevati da specie diverse dal castagno per essere utilizzate come indicatore stazionario, per un totale di 156 campioni. Una volta in laboratorio i campioni, prelevati sotto forma di carota legnosa, sono stati incollati mediante colla vinilica su supporti di legno per evitarne la naturale modificazione che avviene nel campione durante l’asciugatura (fig. 19). Durante la fase di posizionamento ed incollaggio delle carote nei supporti si è avuta la premura di posizionare i campioni con la fibratura del legno posizionata ortogonalmente rispetto al supporto in modo tale da rendere ben visibile al microscopio ma anche ad occhio nudo l'anatomia del legno. In qualche giorno, con l’asciugatura della colla e della stessa carota, i campioni erano fissati ai supporti e pronti per la successiva fase di lavorazione prima della lettura.



Figura 19 Fase di preparazione dei campioni alla lettura mediante posizionamento ed incollaggio delle carote nei supporti (Cadenazzo, Svizzera 2017)

Una volta che i campioni si sono fissati ai supporti diventano stabili e facilmente lavorabili. Al fine di ottenere una migliore visibilità della struttura del legno e delle singole cellule si è provveduto alla lavorazione dei campioni mediante un microtomo. Grazie a questo strumento è stato possibile rendere piana la parte superiore della carota con una serie di tagli operati con la lama dello strumento che asportavano sottili lembi di legno dello spessore di 0,02 mm.

3.2.2 Osservazioni e misurazioni al microscopio

Dopo la preparazione della superficie piana su ogni campione si è passati alla lettura degli anelli di accrescimento attraverso un microscopio collegato ad un sistema di lettura LINTAB (Rinntech, 2008) tramite computer con l'utilizzo del software TSAP-Win (Rinn, 2005). Il software TSAP-Win ha permesso di misurare l'accrescimento radiale annuale (TRW). Questo procedimento è stato svolto su ogni campione dalla corteccia fino al midollo, dove presente. La serie delle misure di accrescimento della medesima carota è stata rappresentata graficamente da "curve dendrocronologiche", dove sull'asse delle ascisse è riportata la successione cronologica degli anni di vita della pianta (età cambiale), mentre sull'asse delle ordinate si trovano le ampiezze anulari corrispondenti (espresse in centesimi di millimetro). Il software TSAP-Win è utilizzato per misurare, analizzare e cross-datate serie temporali di anelli di accrescimento e ad esso è affidata la trattazione dei dati in termini statistici (fig. 20).

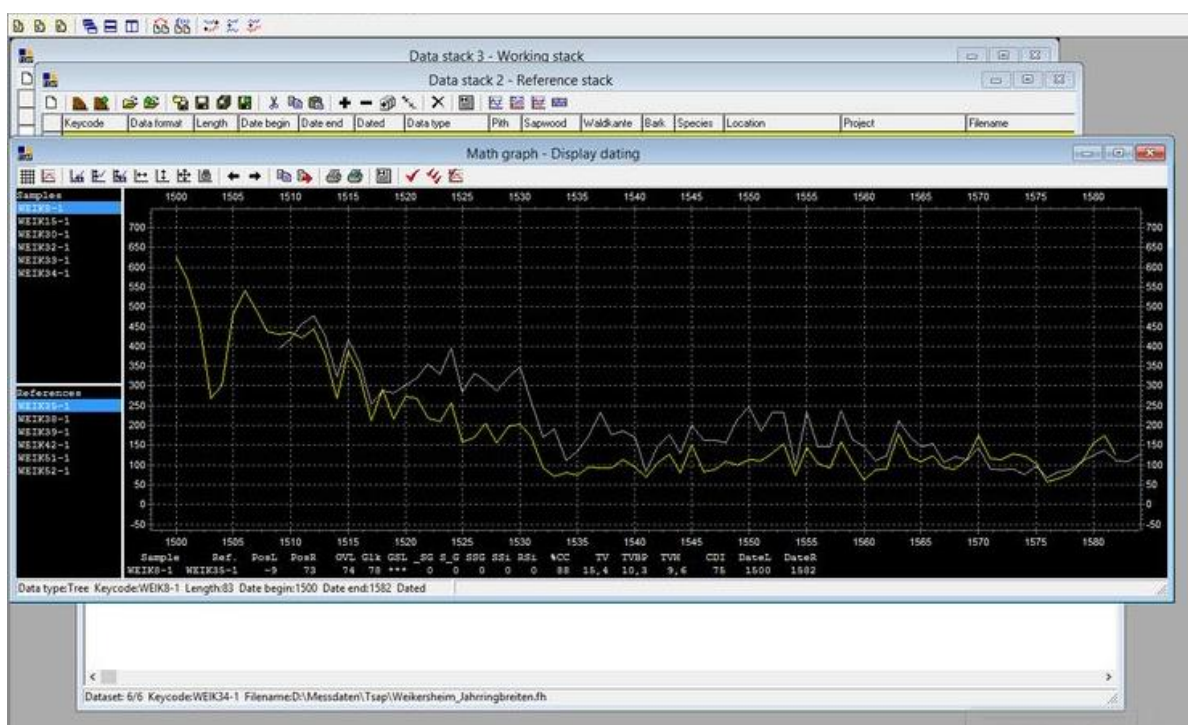


Figura 20 Esempio del software TSAP-Win con cui sono stati elaborati i dati di questo studio

3.2.3 Crossdating

Il “crossdating” rappresenta il principio fondamentale della dendrocronologia. Il crossdating è lo strumento principale per determinare l'anno esatto di formazione di ogni anello e assicurare che a ogni anello dell'età cambiale sia correttamente assegnato l'anno solare corrispondente. Senza tale operazione, si possono generare errori dovuti ad eventuali anelli falsi o localmente mancanti, nonché eventuali lacune nei conteggi da parte dell'operatore. Il crossdating è indispensabile quando le si vuole relazionare l'accrescimento legnoso annuale con altre variabili a scala annuale, per es. dati meteorologici o eventi passati individuabili su scala annuale (Speer, 2010).

Il software TSAP-Win è in grado di effettuare il crossdating combinando l'approccio grafico con modelli statistici. In dendrocronologia sono utilizzati due concetti fondamentali per esprimere la qualità della conformità tra serie cronologiche: Gleichlaeufigkeit e/o il t-test (Speer, 2010). Essi sono caratterizzati da una differente sensibilità nei confronti dei modelli di crescita degli anelli degli alberi. Mentre Gleichlaeufigkeit rappresenta la conformità globale tra due serie, il t-test è sensibile ai valori estremi, come gli anelli caratteristici, quegli anelli particolari facilmente distinguibili in una sequenza. TSAP-Win realizza una combinazione dei due metodi attraverso il Cross-Date Index (CDI), il quale segnala le possibili conformità tra serie cronologiche in ordine decrescente.

Grazie a questo software si è eseguito un raffronto tra le sequenze di ampiezze anulari da datare e le cronologie di riferimento scelte tra i campioni prelevati. Per ogni sito, infatti, si sono scelte le carote provviste di midollo ben visibile, corteccia e riscontranti un inequivocabile conteggio degli anelli. Le serie dendrocronologiche ottenute dalla misurazione di questi campioni di legno sono state considerate come le cosiddette serie "standard" o "master". Il Crossdating delle serie dei campioni in esame con le cronologie standard ha consentito di datare con esattezza ogni anello di accrescimento misurato.

3.2.4 Passaggio da incremento radiale a incremento basimetrico

L'accrescimento diametrico annuo è influenzato sia dalle condizioni ambientali, sia dall'età e dai processi fisiologici che ne conseguono. Un albero giovane cresce in genere formando anelli più grandi rispetto a un albero vecchio, per cui si assiste in genere a un trend di decremento dello spessore degli anelli con l'aumentare dell'età. A questo, però, corrisponde un aumento progressivo della dimensione totale del fusto. Per determinare l'effettivo andamento di crescita, si è ritenuto opportuno calcolare l'incremento di area basimetrica (BAI) dato che presenta il vantaggio, rispetto alle ampiezze anulari, di essere meno dipendente dalle dimensioni della pianta (Biondi F. & Qeadan F., 2008). Dalle serie cronologiche, si è ricavata la serie temporale dell'incremento corrente di area basimetrica (BAI), applicando la seguente formula:

$$BAI = i \pi [i + (2 r_c)]$$

dove i è l'incremento corrente di raggio e r_c è il raggio cumulato fino all'anno precedente. (Waldboth. et al, 2009)

3.2.5 Serie cronologiche

Una volta ottenuti i valori di incremento in area basimetrica (BAI) di ogni campione si sono ricavate le serie cronologiche medie di ogni gruppo di piante. Sempre grazie all'impiego del software Microsoft Excel si sono calcolate per ogni sito e gruppo (giovani/vecchi), anno per anno, le medie degli incrementi di area basimetrica (BAI).

Per poter rendere i dati meglio confrontabili, si è effettuata la standardizzazione degli accrescimenti grezzi (TRW): ad ogni misura di TRW si è proceduto mediante il software ARSTAN (Cook e Holmes, 1984) al filtraggio del trend esponenziale negativo di crescita. Si sono così ottenuti i grafici delle serie cronologiche standardizzate (TRI).

3.2.6 Analisi statistica

Per le variabili quantitative sono stati riportati i valori medi e la deviazione standard. Il confronto statistico fra gli accrescimenti annuali legnosi (accrescimenti annuali standardizzati TRI) è stato fatto prima e dopo l'arrivo del cinipide e del *T. sinensis* per valutare la produttività dei diversi gruppi nelle diverse finestre temporali. Come finestra temporale di interesse per questo studio è stato scelto un periodo di 3 anni analizzando la produttività dei gruppi prima dell'arrivo di *D. kuriphilus* (finestra A), dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (finestra B) e gli anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* e l'inizio del controllo biologico (finestra C). I test statistici di confronto fra le diverse finestre temporali, all'interno dello stesso gruppo e fra i diversi gruppi, sono stati svolti con il test di Mann-Whitney utilizzato per verificare se due medie campionarie sono uguali o meno.

Mann-Whitney U test

Si utilizza per confrontare il valore medio di due finestre allo stesso stand e utilizzato per verificare se due medie campionarie sono uguali o meno.

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_2+1)}{2} - \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} R_i$$

Dove U = Mann-Whitney U test, n_1 = dimensione del campione uno, n_2 = dimensione del campione due, R_i = Classifica della dimensione del campione (McKnight et al., 2010). Il test si sviluppa in 3 passaggi:

Step 1: L'ipotesi nulla e alternativa, abbiamo:

H0: i ranghi medi di due finestre (A, B) sono uguali

HA: i ranghi medi delle due finestre (A, B) non sono uguali

Step 2: Esaminare l'ipotesi H0 con lo standard z e p

$$z = \frac{U - m}{\sigma U}$$

dove m e σU sono la media e la deviazione standard di U.

Step 3: Conclusione:

Se p-value > 0,05, quindi, accetta l'ipotesi nulla H0. Al contrario, se p-value < 0,05 allora, ha respinto l'ipotesi nulla H0. I test statistici, quindi i valori di U e il p-value sono frutto dell'utilizzo del software Past3 (versione 3.04) (Hammer et al., 2001).

A seguito del processo di crossdating e per ciascuna serie cronologica si sono riportate le seguenti statistiche:

Sensibilità media (Mean Sensitivity MS)

E' la grandezza della variabilità da anello ad anello nella larghezza dell'anello, solitamente compresa tra 0 e 1.

$$ms_x = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(X_{t+1} - X_t)}{X_{t+1} + X_t} \right|$$

dove X_t è la larghezza dell'anello nell'anno t , X_{t+1} è la larghezza dell'anello nell'anno seguente, e n è il numero degli anni che vengono confrontati. Nel caso in cui la sensibilità media sia uguale a 0, significa che tutte le serie di anelli contengono la stessa larghezza di anello e quando MS si avvicina a 1, significa che ogni altro singolo anello era assente (Speer, 2010).

Statistica di R-bar

E' una delle più utilizzate per esaminare la potenza del segnale in tutte le cronologie. La R-bar viene calcolata catturando la correlazione media tra tutte le serie in una finestra di 20 anni (anelli), per tutta la cronologia, poiché si tratta di una correlazione di funzionamento tra serie. Questo è un buon modo per misurare la forza del segnale comune della cronologia per il tempo e dipende dalla lunghezza del campione (Cook et al., 2000).

Expressed Population Signal (EPS)

E' un metodo per misurare la variabilità popolare in una cronologia che dipende dalla lunghezza del campione.

$$EPS_t = \frac{t * r_{bt}}{t * r_{bt} + (1 - r_{bt})}$$

dove, t è il numero medio di serie di alberi che utilizzano un nucleo per albero e r_{bt} è la media tra correlazione tra alberi (Wigley et al., 1984). Quando il valore del segnale della popolazione espressa scende sotto un livello predeterminato, la cronologia inizierà a essere dominata dal singolo segnale a livello di albero maggiore di un segnale coerente a livello di stand-level. Il valore spesso di 0,85 è stato utilizzato come punto di cut-off appropriato. Questa misura di cronologia è frequentemente utilizzata dai dendrocronologi europei ed è stata recentemente utilizzata anche dai dendrocronologi americani (Speer, 2010).

4. Risultati

4.1 Serie cronologiche medie

Dall'analisi dei dati si sono ottenute 9 serie di incremento annuo medio di area basimetrica (BAI) per quanto riguarda i cedui di castagno, due per ogni area studiata (giovani e vecchi) più una del sito di Frabosa; vi sono inoltre altre 5 serie per i gruppi di piante di controllo.

4.1.1 Bedano, zona svizzera

Nella zona svizzera, nel periodo dal 1996 al 2016, gli anni sotto la soglia di variazione standard delle precipitazioni sono il 1997, il 2003, il 2005 e il 2011 e sono tutti anni potenzialmente di deficit idrico. L'anno più siccitoso è stato il 2005 con un totale di precipitazioni comunque sufficiente allo sviluppo del castagno (>600 mm/anno) (fig. 22). L'anno con le temperature più alte è stato il 2003 che può aver causato deficit di crescita nel castagno (fig. 21).

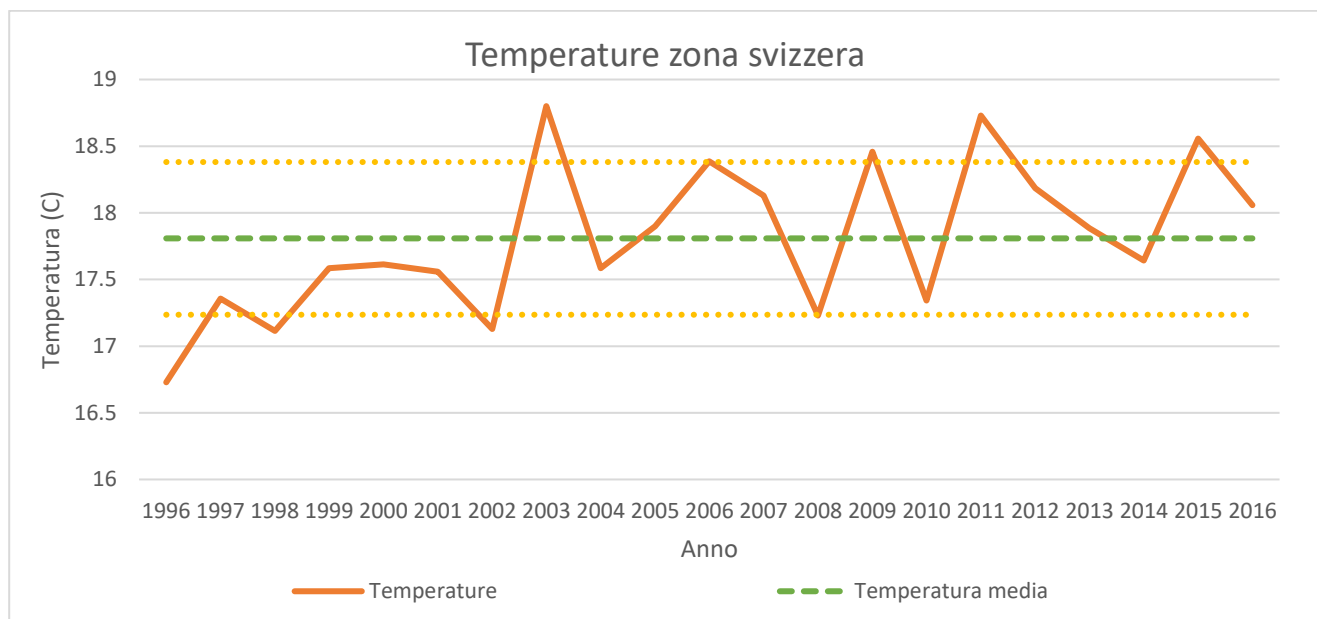


Figura 21 Grafico delle temperature dai dati della stazione meteo di Lugano dal 1996 al 2016. Evidenziate la media e le fasce per l'identificazione delle annate anomale: si tratta di 1 deviazione standard in ampiezza di T superiore ed inferiore alla media corrispondente. Sono stati considerati i valori di temperatura dei mesi di attività vegetativa da aprile a ottobre.

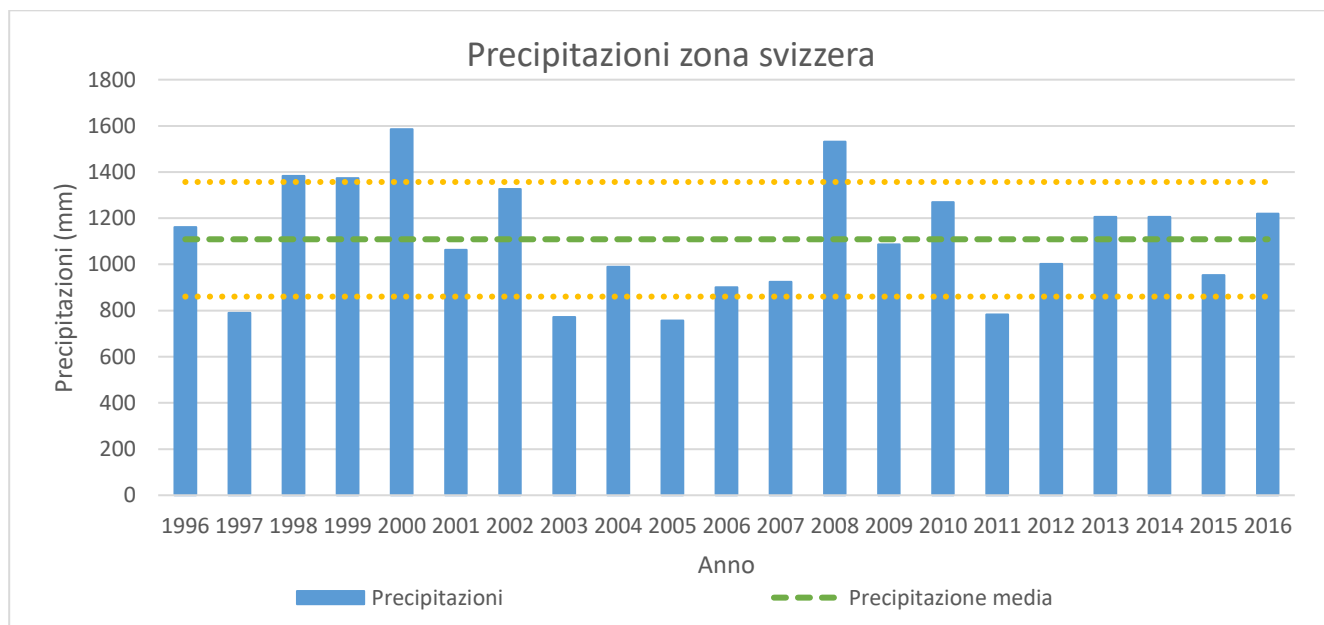


Figura 22 Grafico delle precipitazioni dai dati della stazione meteo di Lugano dal 1996 al 2016. Evidenziate la media e le fasce per l'identificazione delle annate anomale: si tratta di 1 deviazione standard in ampiezza di P superiore ed inferiore alla media corrispondente. Sono stati considerati i valori di temperatura e precipitazioni dei mesi di attività vegetativa da aprile a ottobre.

La serie relativa al gruppo giovani presenti sul sito di Bedano ha un'estensione temporale di 20 anni (1996 - 2016). L'accrescimento medio è di 4.55 mm, con una deviazione standard di 1.58 mm (fig. 23). L'incremento medio di area basimetrica è di 11.71 cm²/anno, con una deviazione standard di 5.27 cm²/anno con un minimo e massimo rispettivamente di 0.54 cm²/anno e 22.58 cm²/anno (fig. 25).

Dai dati delle piante del gruppo vecchi presente a Bedano possiamo vedere che la serie cronologica media ha un'estensione temporale di 66 anni (1950 - 2016). L'accrescimento medio è di 2.28 mm, con una deviazione standard di 0.84 mm (fig. 23). La media dell'incremento di area basimetrica è di 11.14 cm²/anno, con una deviazione standard di 5.69 cm², un minimo di 0.96 cm² e un massimo di 22.74 cm² (fig. 25).

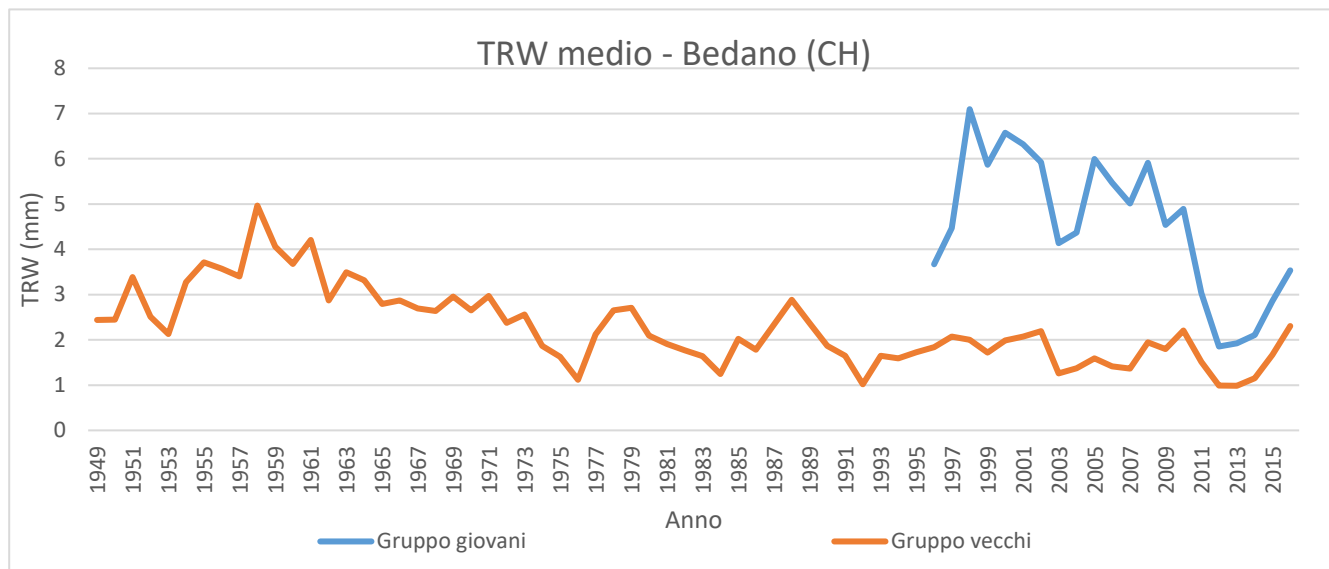


Figura 23 Serie cronologica degli accrescimenti medi (TRW) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Bedano (CH)

I dati raccolti a Bedano una volta standardizzati sono una conferma che alberi della stessa specie all'interno di una stessa area geografica reagiscono in modo molto simile ai fattori ambientali, dando origine a successioni anulari confrontabili tra loro. (fig. 24)

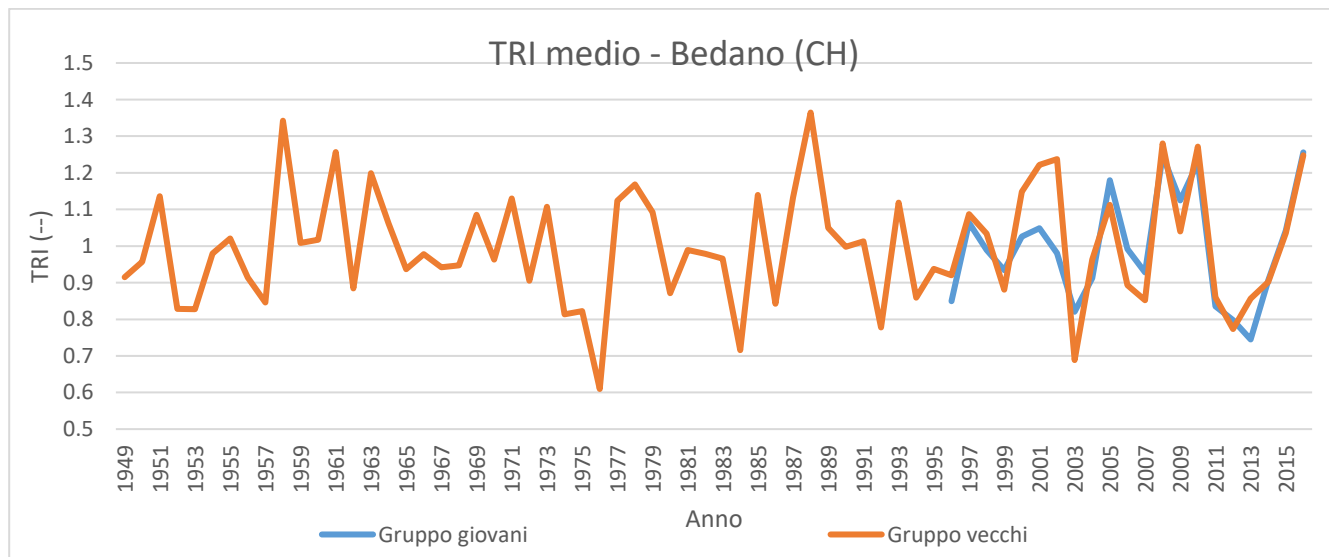


Figura 24 Serie cronologica degli accrescimenti medi standardizzati (TRI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Bedano (CH)

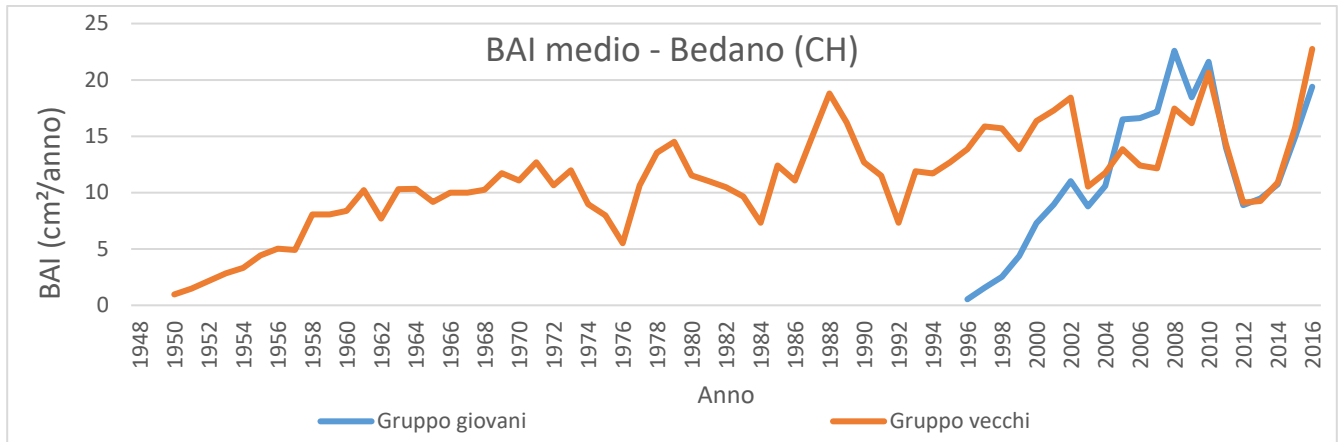


Figura 25 Serie cronologica degli incrementi annuali medi in area basimetrica (BAI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Bedano (CH)

4.1.2 Iseo Bioggio, zona svizzera

La serie relativa al gruppo giovani presenti sul sito di Iseo Bioggio ha un'estensione temporale di 23 anni (1993 - 2016). L'accrescimento medio è di 3.99 mm, con una deviazione standard di 1.39 mm (fig. 26). L'incremento medio di area basimetrica è di 11.49 cm²/anno, con una deviazione standard di 5.62 cm² e un minimo e massimo rispettivamente di 0.89 cm² e 18.49 cm² (fig. 28).

Dai dati delle piante di castagno più mature presenti a Iseo Bioggio si evince che la serie cronologica media ha un'estensione temporale di 68 anni (1948 - 2016). L'accrescimento medio è di 2.60 mm, con una deviazione standard di 1.16 mm (fig. 26). La media dell'incremento di area basimetrica è di 12.77 cm²/anno, con una deviazione standard di 7.54 cm², un minimo di 0.79 cm² e un massimo di 20.43 cm² (fig. 28).

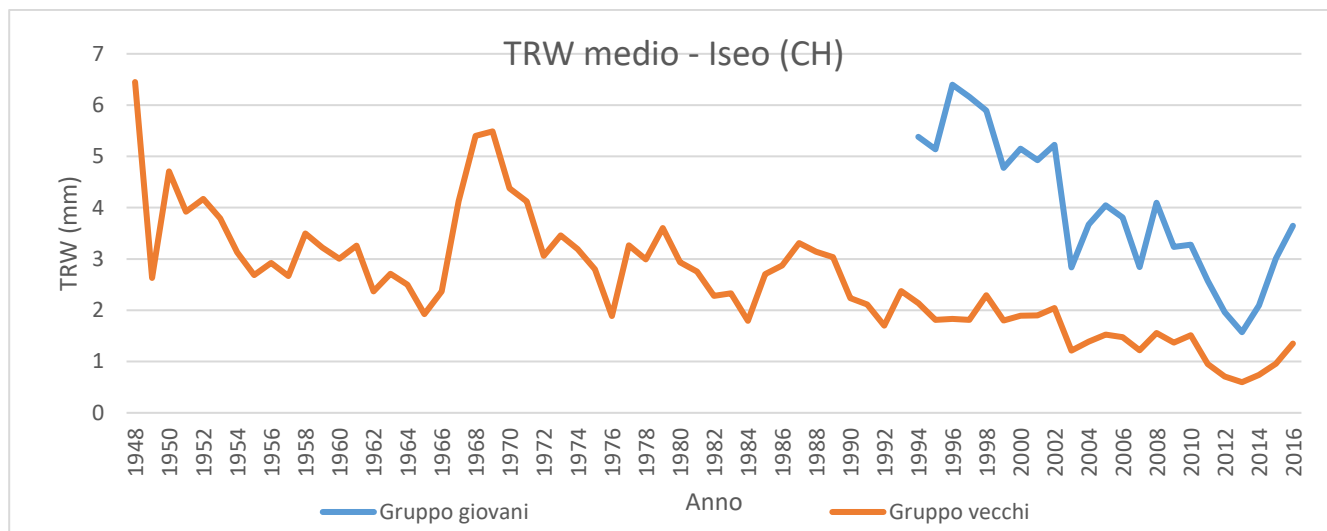


Figura 26 Serie cronologica degli accrescimenti medi (TRW) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Iseo (CH)

I dati raccolti a Iseo Bioggio una volta standardizzati sono una conferma che alberi della stessa specie all'interno di una stessa area geografica reagiscono in modo molto simile ai fattori ambientali, dando origine a successioni anulari confrontabili tra loro. (fig. 27)

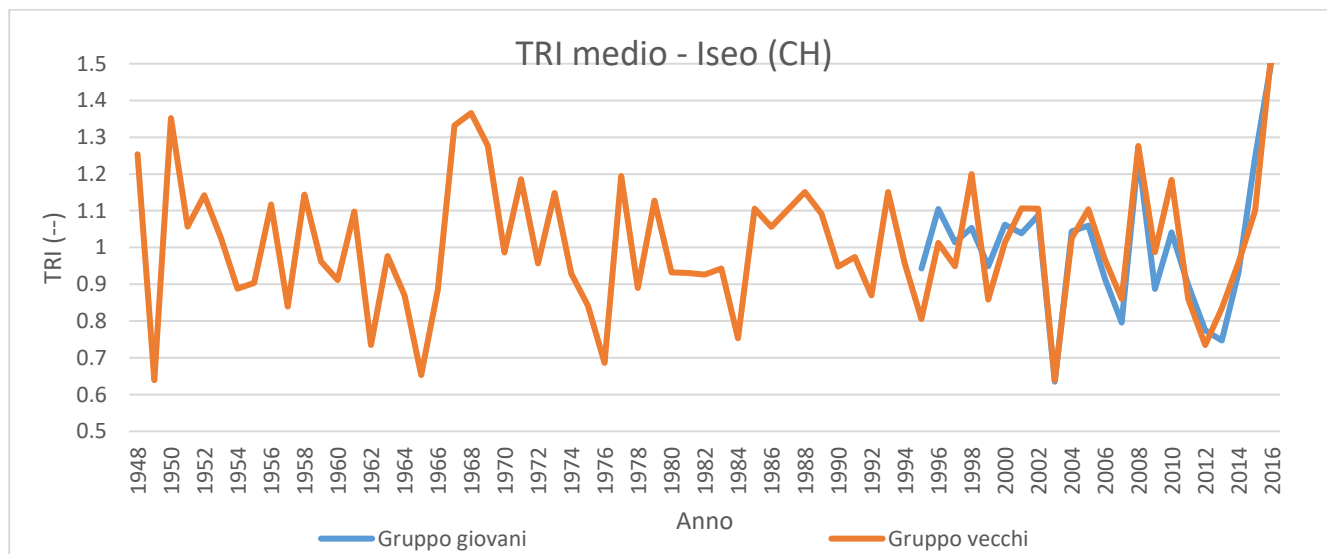


Figura 27 Serie cronologica degli accrescimenti medi standardizzati (TRI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Iseo Bioggio (CH)

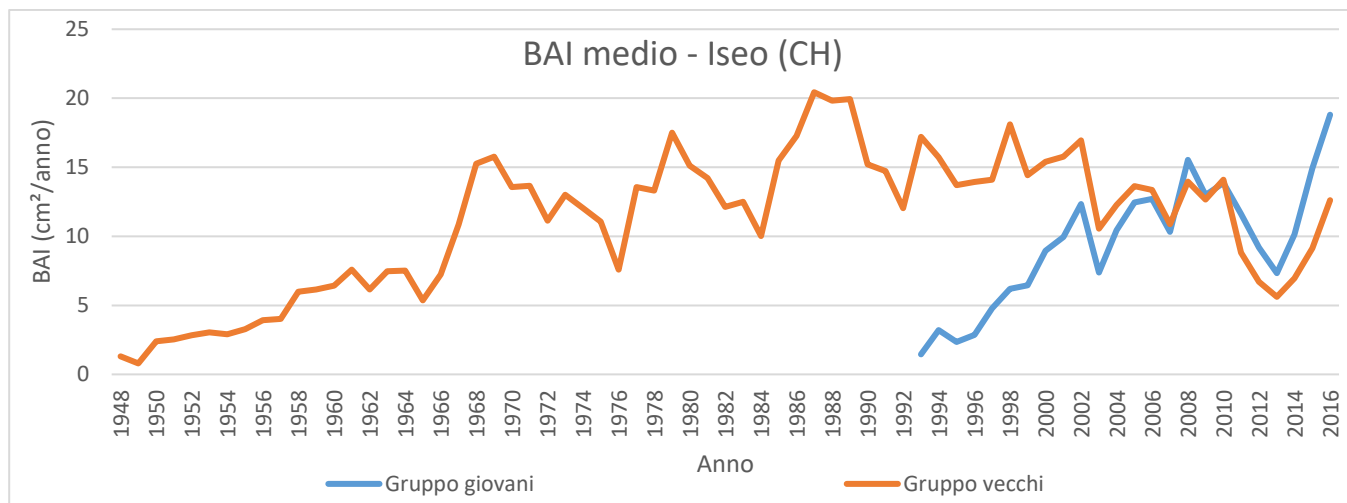


Figura 28 Serie cronologica degli incrementi annuali medi in area basimetrica (BAI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Iseo (CH)

4.1.3 Chiusa Pesio, zona de cuneese

Nella zona del cuneese non si evidenziano particolari periodi climatici sfavorevoli durante la finestra temporale dal 1996 al 2016. Si evidenziano gli anni 1997, 2001 e 2003 come anni in cui l'ammontare annuo delle piogge può aver causato deficit di crescita nel castagno (<600 mm/anno) (fig. 30). L'anno con le temperature più alte è stato il 2003 che in concomitanza con una scarsa disponibilità idrica avrà probabilmente influito sullo sviluppo del castagno (fig. 29).

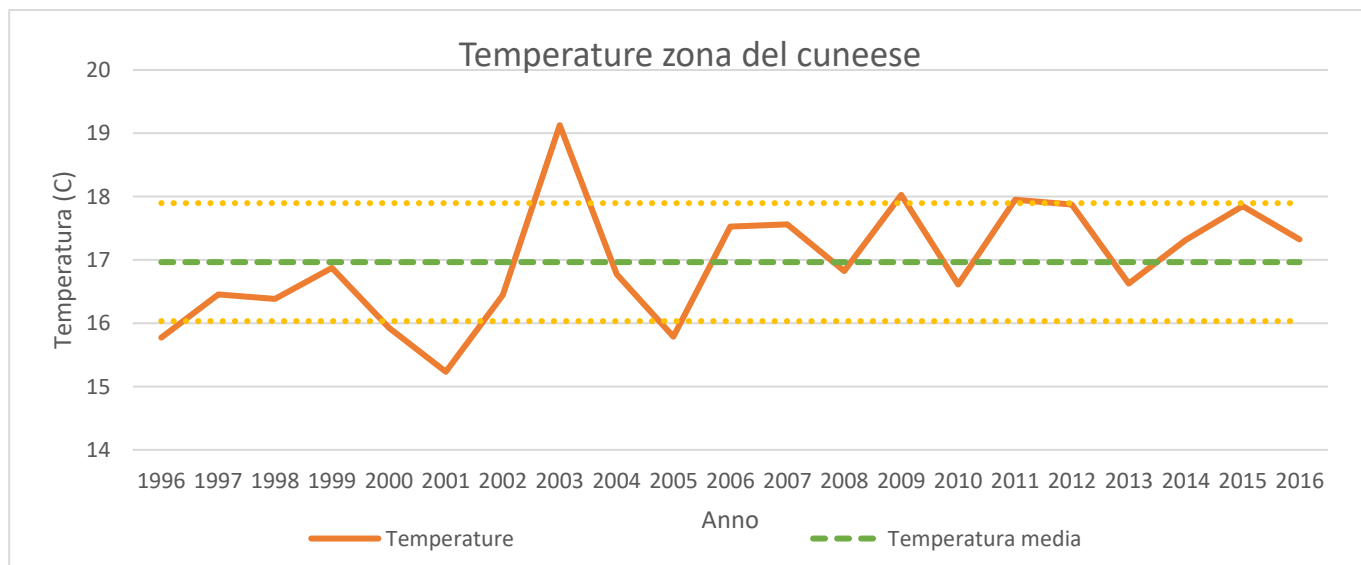


Figura 29 Grafico delle temperature dai dati della stazione meteo di Mondovì dal 1996 al 2016. Evidenziate la media e le fasce per l'identificazione delle annate anomale: si tratta di 1 deviazione standard in ampiezza di T superiore ed inferiore alla media corrispondente. Sono stati considerati i valori di temperatura e precipitazioni dei mesi di attività vegetativa da aprile a ottobre.

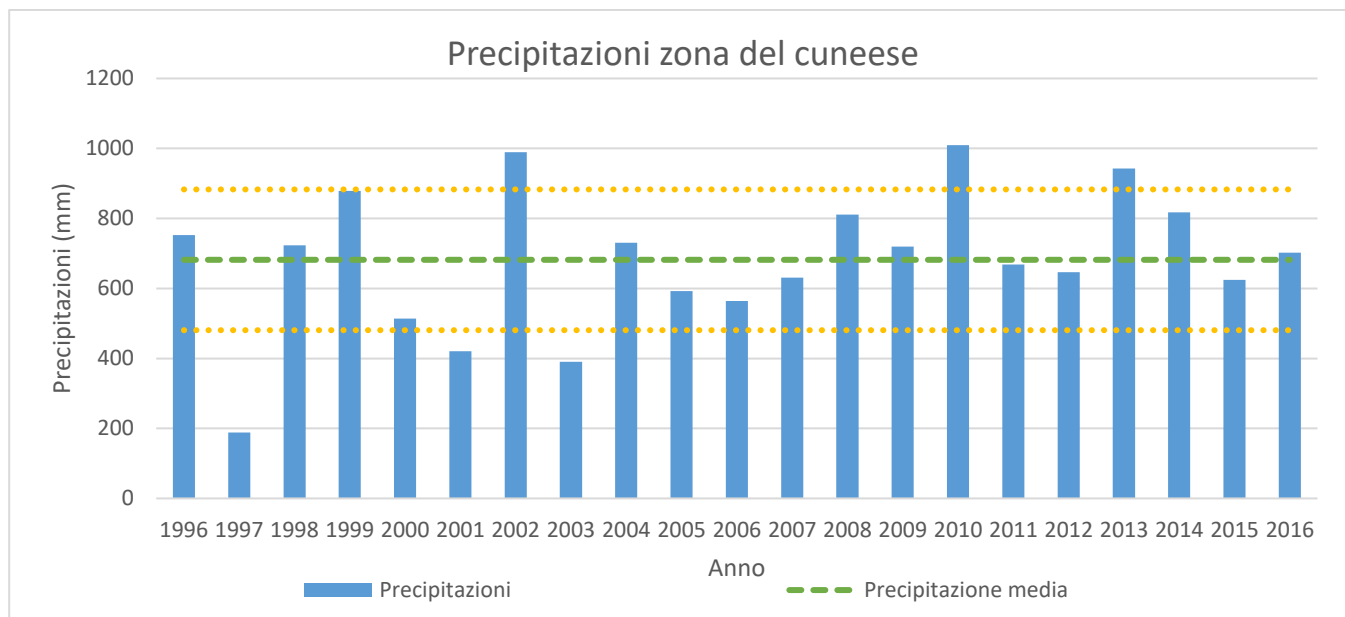


Figura 30 Grafico delle precipitazioni dai dati della stazione meteo di Mondovì dal 1996 al 2016. Evidenziate la media e le fasce per l'identificazione delle annate anomale: si tratta di 1 deviazione standard in ampiezza di P superiore ed inferiore alla media corrispondente. Sono stati considerati i valori di temperatura e precipitazioni dei mesi di attività vegetativa da aprile a ottobre.

La serie relativa al gruppo giovani presenti sul sito di Chiusa Pesio ha un'estensione temporale di 25 anni (1991 - 2016). L'accrescimento medio è di 3.70 mm, con una deviazione standard di 0.79 mm (fig. 31). L'incremento medio di area basimetrica è di 11.49 cm²/anno, con una deviazione standard di 5.62 cm² e un minimo e massimo rispettivamente di 0.89 cm² e 18.49 cm²(fig. 33).

Dai dati delle piante di castagno più mature presenti a Chiusa Pesio si evince che la serie cronologica media ha un'estensione temporale di 57 anni (1959 - 2016). L'accrescimento medio è di 3.18 mm, con una deviazione standard di 1.44 mm (fig. 31). La media dell'incremento di area basimetrica è di 18.08 cm²/anno, con una deviazione standard di 9.54 cm², un minimo di 6.77 cm² e un massimo di 29.07 cm² (fig. 33).

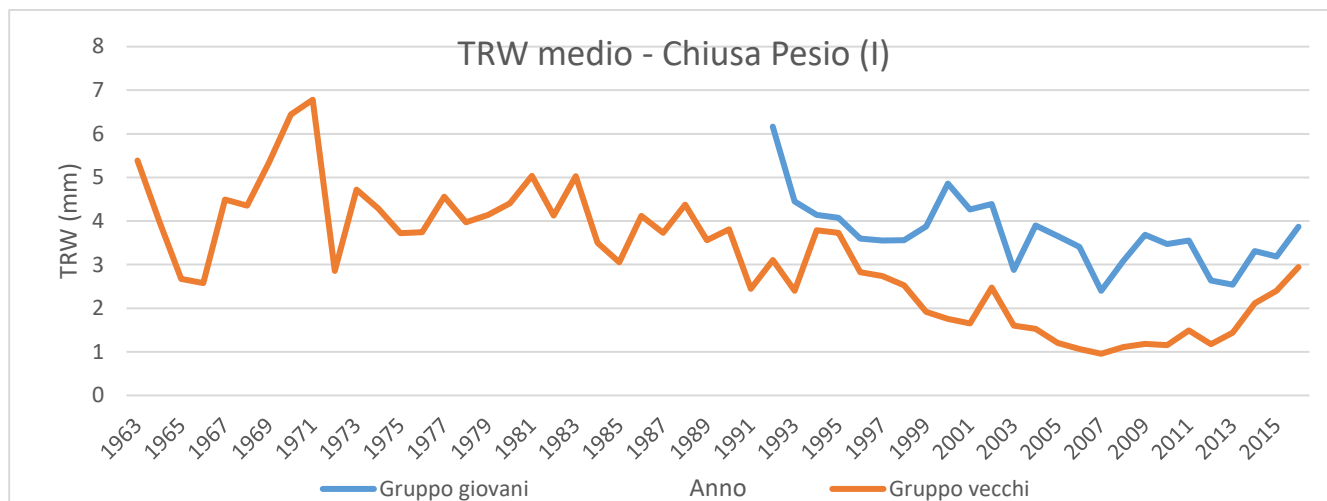


Figura 31 Serie cronologica degli accrescimenti medi (TRW) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Chiusa Pesio (I)

I dati raccolti a Chiusa Pesio una volta standardizzati sono una conferma che alberi della stessa specie all'interno di una stessa area geografica reagiscono in modo molto simile ai fattori ambientali, dando origine a successioni anulari confrontabili tra loro (fig. 32).

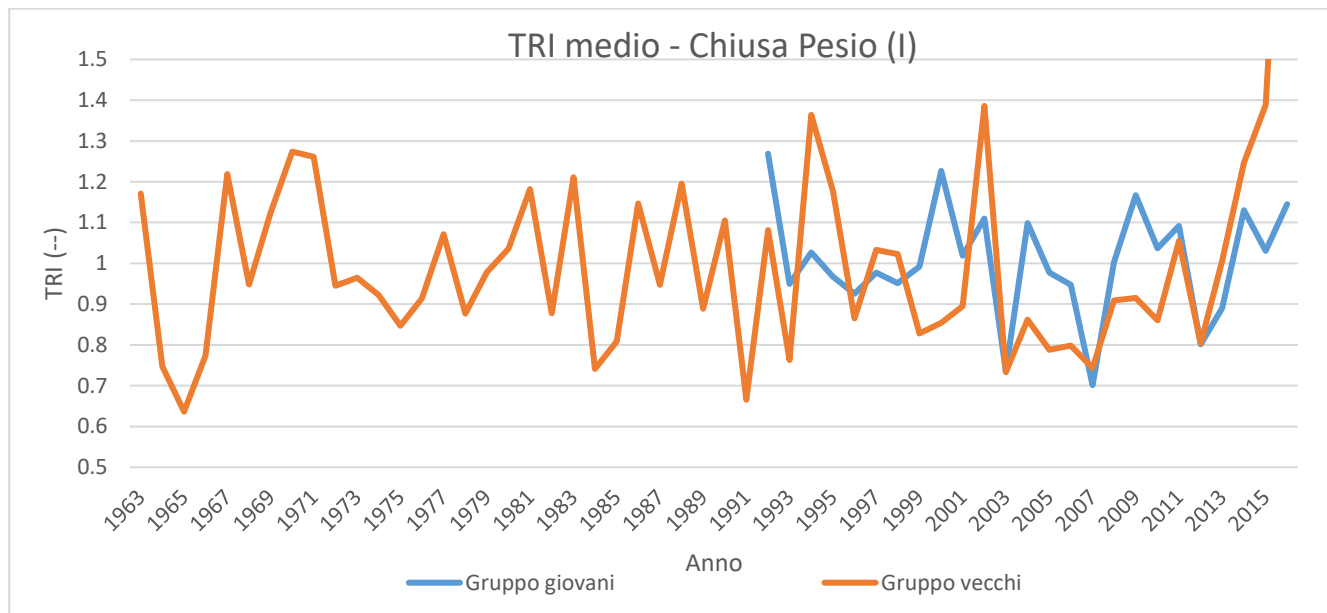


Figura 32 Grafico TRI medio dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) del sito di Chiusa Pesio (I)

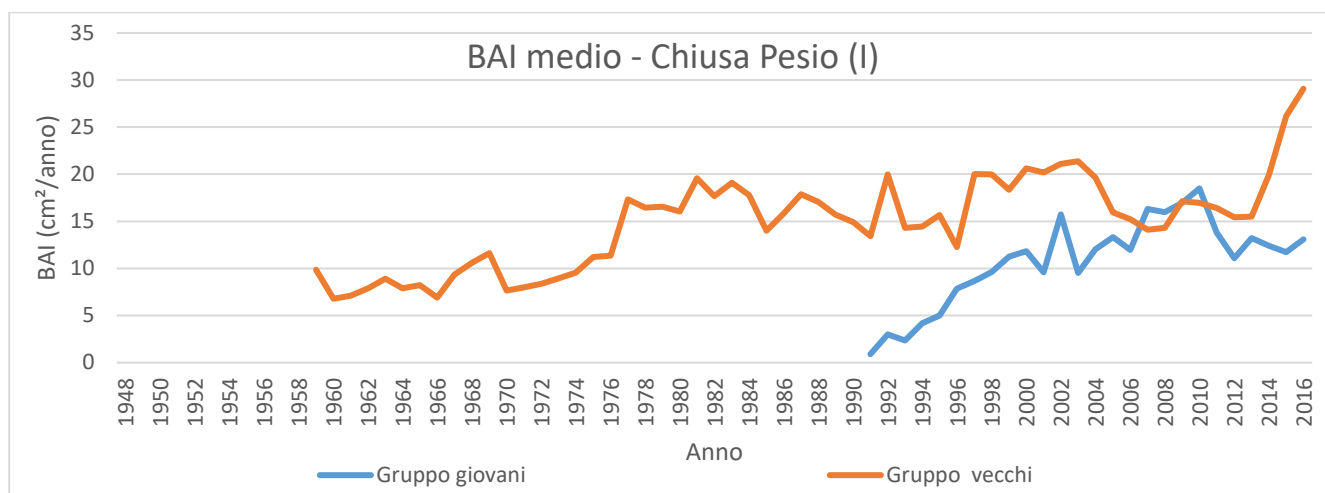


Figura 33 Serie cronologica degli incrementi annuali medi in area basimetrica (BAI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Chiusa Pesio (I)

4.1.4 Frabosa, zona del cuneese

La serie relativa al gruppo giovani presenti sul sito di Frabosa ha un'estensione temporale di 57 anni (1959 - 2016). L'accrescimento medio è di 3.29 mm, con una deviazione standard di 1.22 mm (fig. 34). L'incremento medio di area basimetrica è di 18.08 cm²/anno, con una deviazione standard di 9.54 cm² e un minimo e massimo rispettivamente di 6.77 cm² e 29.07 cm² (fig. 36).

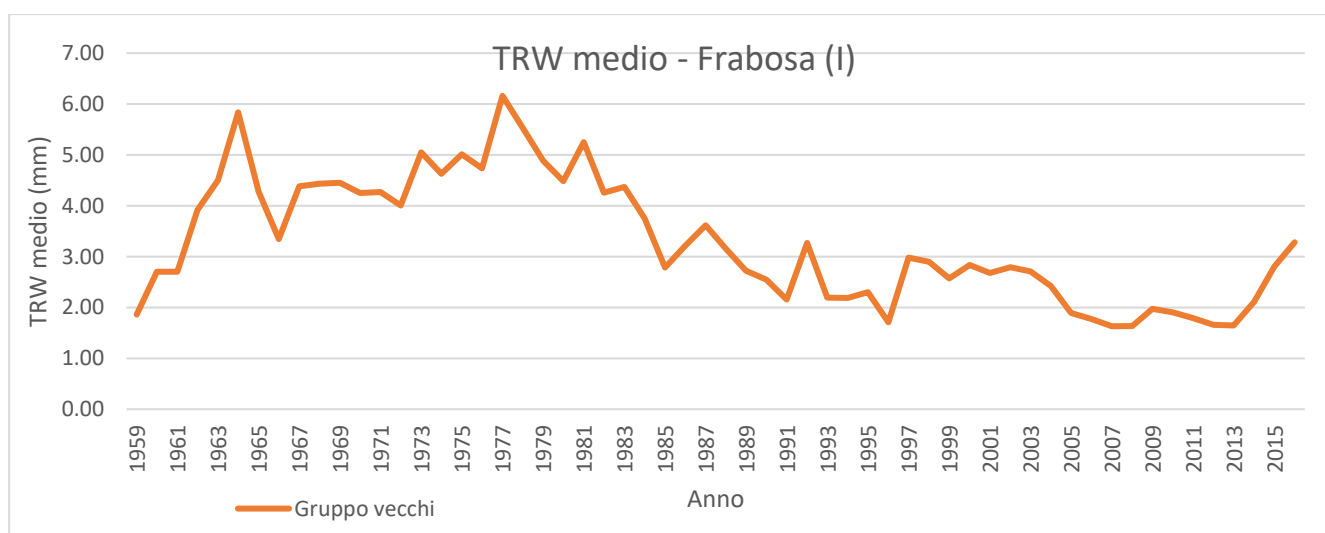


Figura 34 Serie cronologica degli accrescimenti medi (TRW) dei gruppi piante vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Frabosa (I)

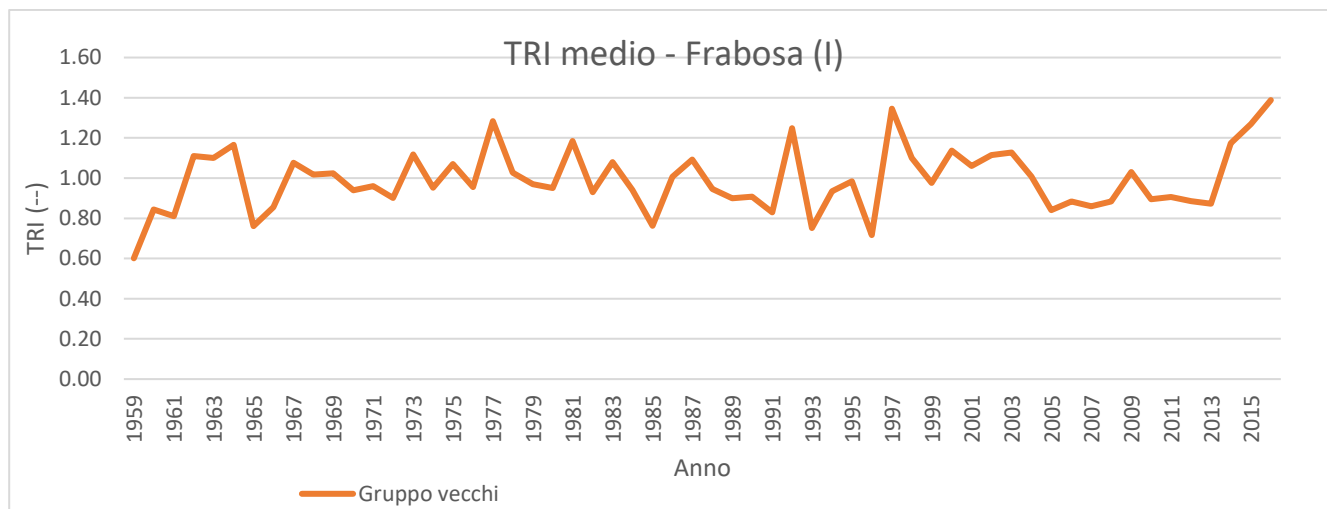


Figura 35 Serie cronologica degli accrescimenti medi standardizzati (TRI) del gruppo piante vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) del sito di Frabosa (I)

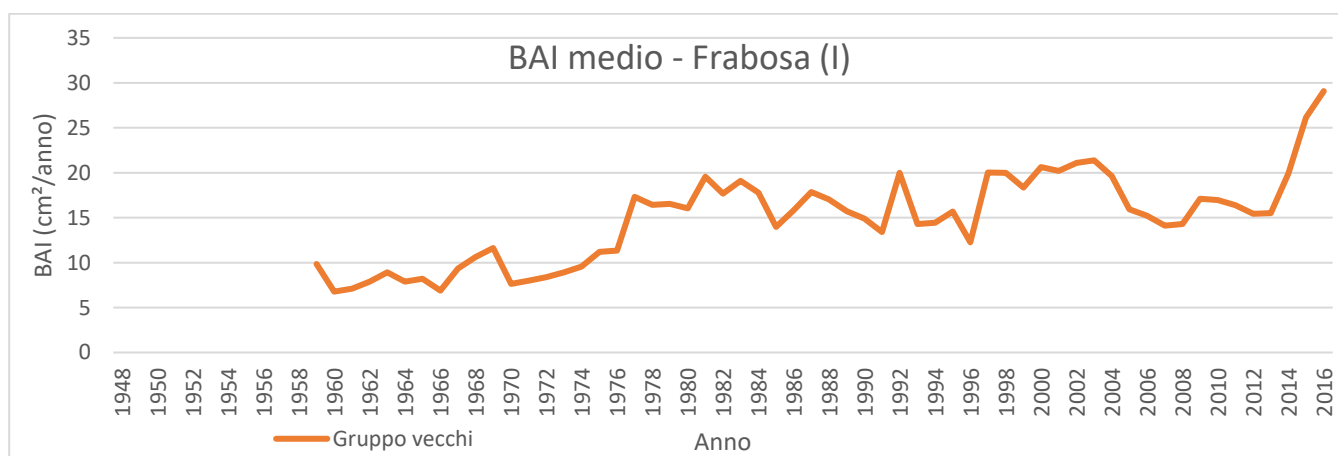


Figura 36 Grafico BAI medio del gruppo piante vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) del sito di Frabosa (I)

4.1.5 Torre Canavese, zona del canavese

Nella zona del canavese non si evidenziano particolari periodi climatici sfavorevoli durante la finestra temporale dal 1996 al 2016. Gli anni più siccitoso sono stati il 1997, 2003, 2006 e ma vi sono diversi anni in cui l'ammontare annuo delle piogge non è sufficiente ad un normale sviluppo del castagno (<600 mm/anno) (fig. 38).. Si identifica facilmente l'annata 2003 e 2015 come anni più caldi del ventennio, il 2003 in concomitanza anche con scarsa quantità di precipitazioni (fig. 37).

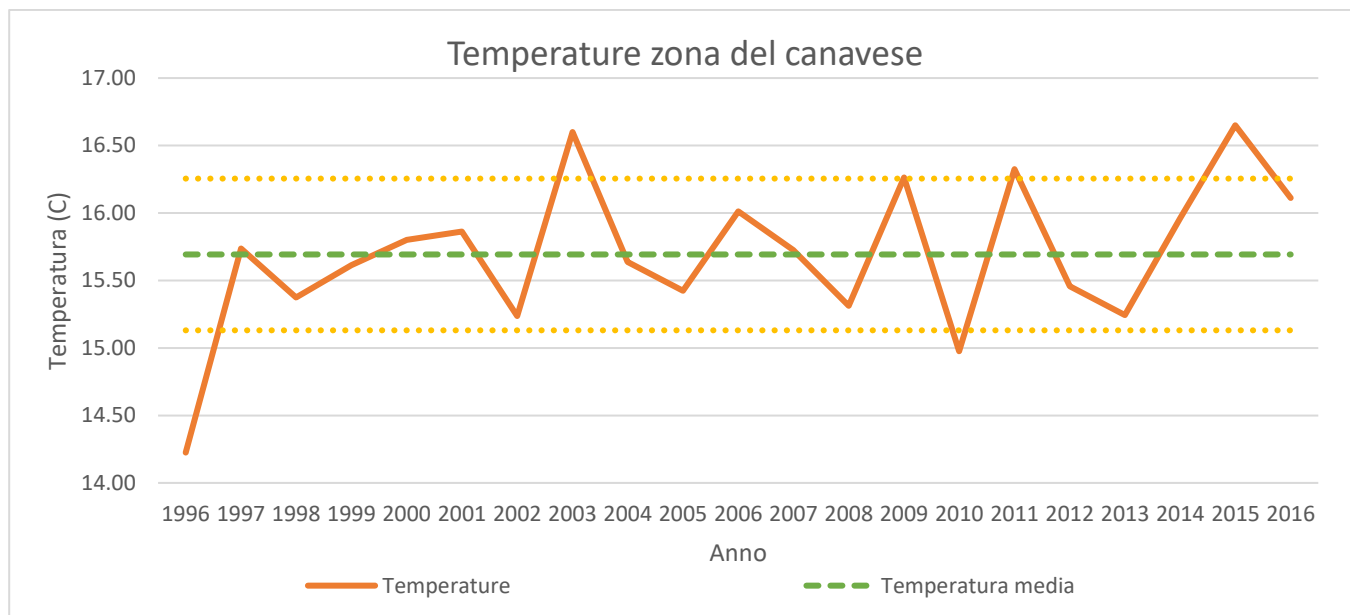


Figura 37 Grafico delle temperature dai dati della stazione meteo di Borgofranco D'Ivrea dal 1996 al 2016. Evidenziate la media e le fasce per l'identificazione delle annate anomale: si tratta di 1 deviazione standard in ampiezza di T superiore ed inferiore alla media corrispondente. Sono stati considerati i valori di temperatura dei mesi di attività vegetativa da aprile a ottobre.

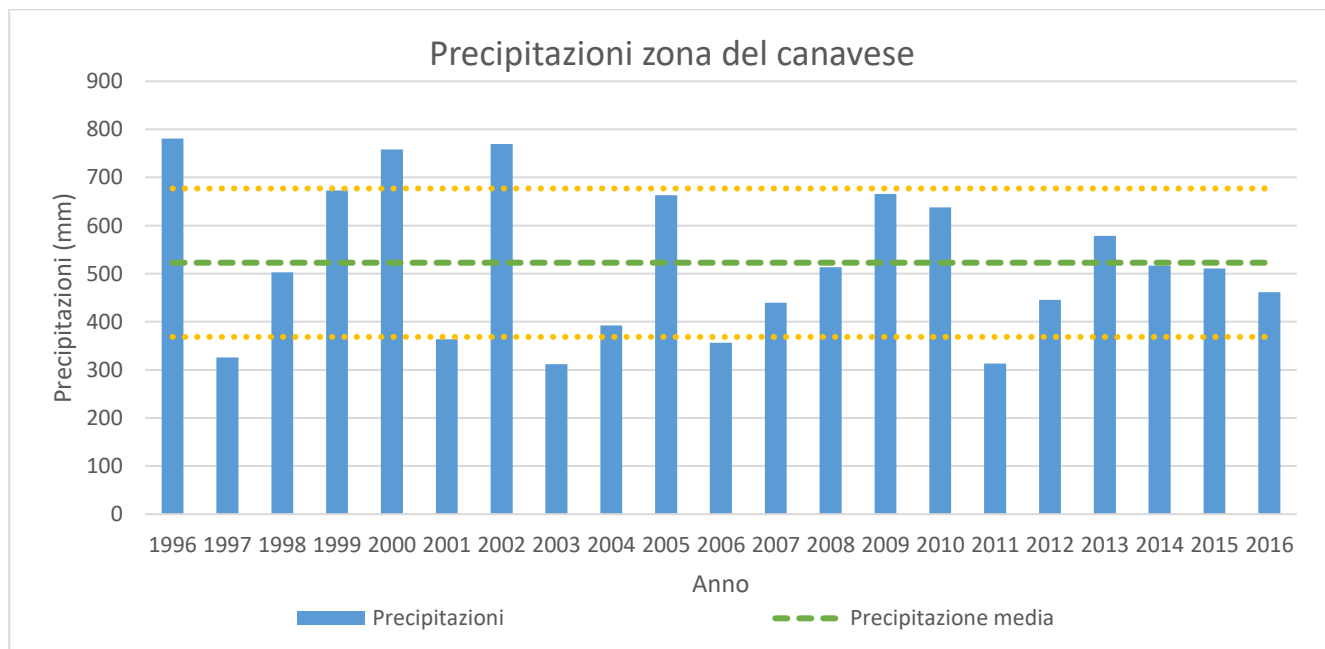


Figura 38 Grafico delle precipitazioni dai dati della stazione meteo di Borgofranco D'Ivrea dal 1996 al 2016. Evidenziate la media e le fasce per l'identificazione delle annate anomale: si tratta di 1 deviazione standard in ampiezza di P superiore ed inferiore alla media corrispondente. Sono stati considerati i valori di temperatura dei mesi di attività vegetativa da aprile a ottobre.

La serie relativa al gruppo giovani presenti sul sito di Torre Canavese ha un'estensione temporale di 24 anni (1992 - 2016). L'accrescimento medio è di 4.71 mm, con una deviazione standard di 1.86 mm (fig. 39). L'incremento medio di area basimetrica è di 15.62 cm²/anno, con una deviazione standard di 8.09 cm² e un minimo e massimo rispettivamente di 2.51 cm² e 27.75 cm² (fig. 41).

Dai dati delle piante di castagno più mature presenti a Torre Canavese si evince che la serie cronologica media ha un'estensione temporale di 51 anni (1965 - 2016). L'accrescimento medio è di 2.79 mm, con una deviazione standard di 1.10 mm (fig. 39). La media dell'incremento di area basimetrica è di 13.44 cm²/anno, con una deviazione standard di 6.56 cm², un minimo di 1.37 cm² e un massimo di 18.66 cm² (fig. 41).

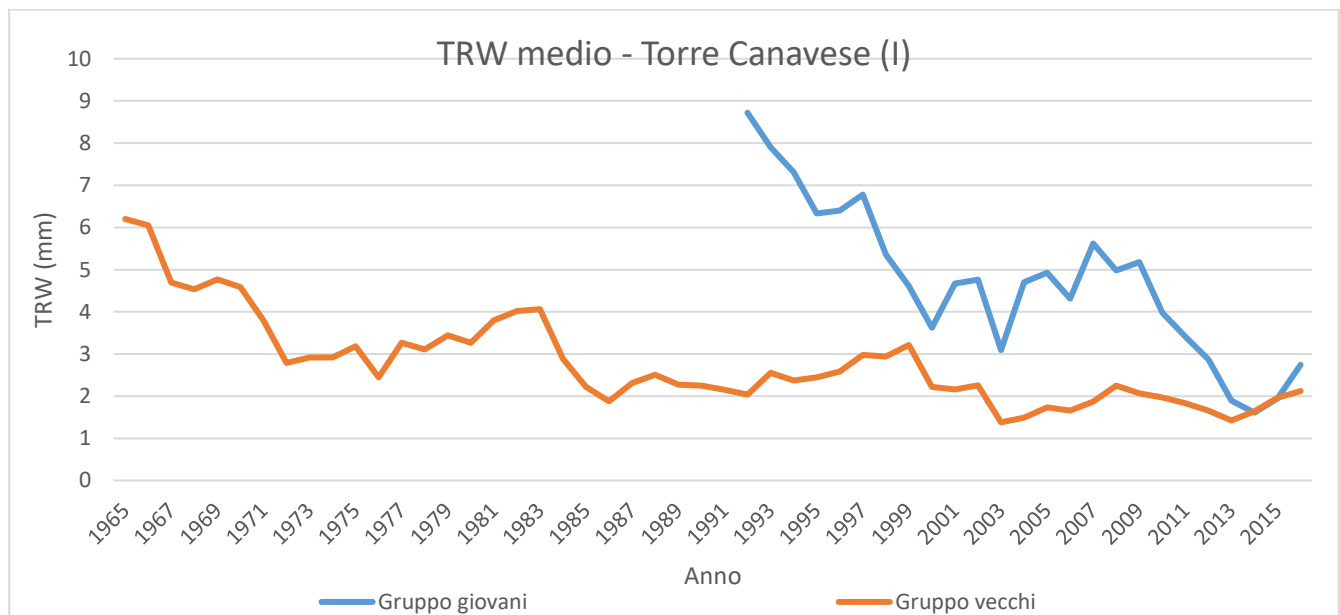


Figura 39 Serie cronologica degli accrescimenti medi (TRW) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Torre Canavese (I)

I dati raccolti a Torre Canavese una volta standardizzati sono una conferma che alberi della stessa specie all'interno di una stessa area geografica reagiscono in modo molto simile ai fattori ambientali, dando origine a successioni anulari confrontabili tra loro. (fig. 40)

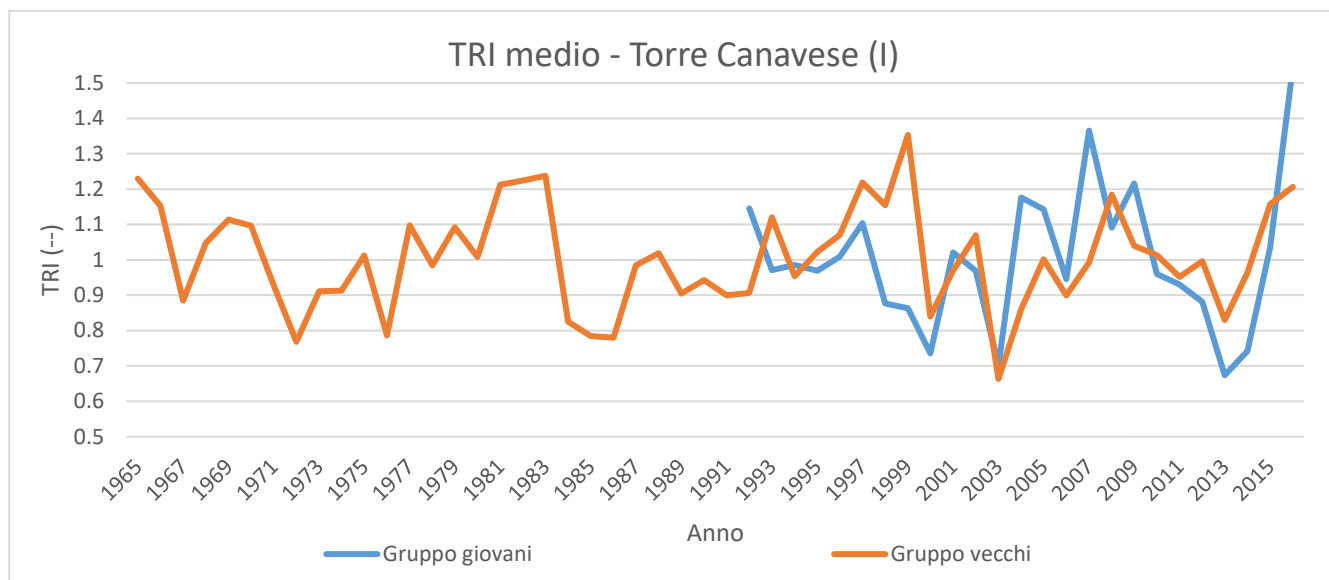


Figura 40 Serie cronologica degli accrescimenti medi standardizzati (TRI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) del sito di Torre Canavese (I)

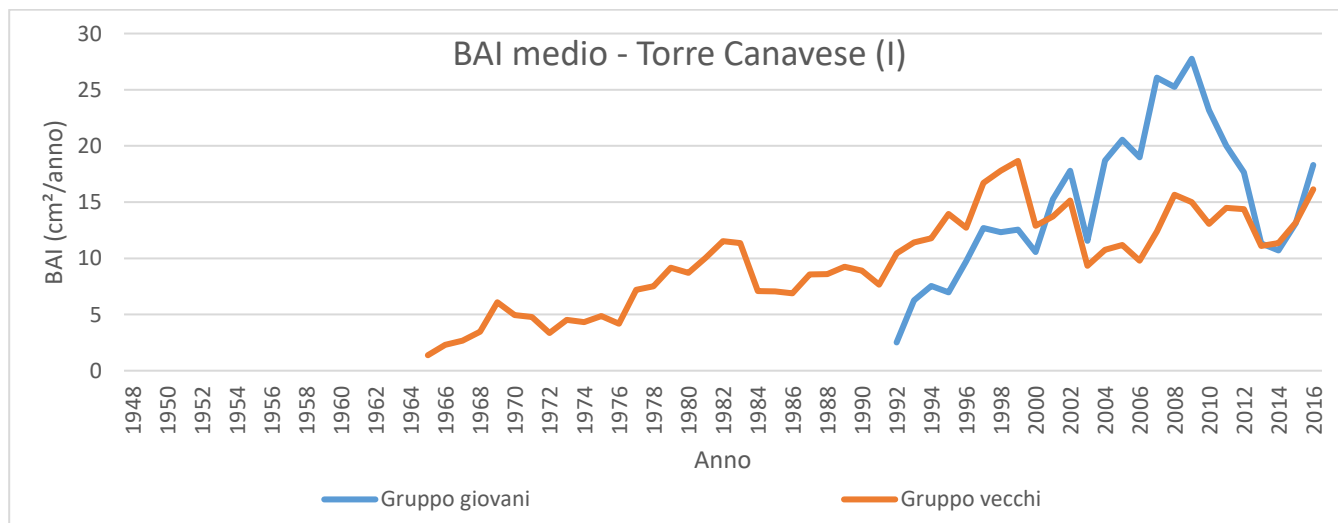


Figura 41 Serie cronologica degli incrementi annuali medi in area basimetrica (BAI) dei gruppi di piante giovani (cedui entro il turno ordinario) e vecchi (ceduo oltre il turno ordinario) nel sito di Torre Canavese (I)

4.2 Differenza fra ceduo vecchio e giovane

In questa tesi, grazie ai dati sviluppati a partire dai campionamenti su cedui di due differenti gruppi stabiliti in base all'età delle piante, abbiamo potuto indagare se vi è una differenza legata all'età negli accrescimenti legnosi durante l'attacco da parte del cinipide. Dal confronto delle serie cronologiche e dalle analisi statistiche degli accrescimenti standardizzati (TRI) dei cedui di castagno giovani e vecchi all'interno dello stesso sito e nelle stesse finestre temporali si è potuto capire se vi fosse qualche differenza nei riguardi dei danni da cinipide.

Nel sito di Bedano si deduce che le due curve degli accrescimenti standardizzati (TRI) presentano un andamento sovrapponibile, riscontrato anche da un test statistico di confronto effettuato fra i gruppi giovani e vecchi per ciascuna finestra temporale considerata. Si ha quindi la conferma che le piante giovani e quelle mature in questo sito hanno reagito in modo molto simile ai fattori ambientali, con un trend di crescita annuale simile (pur mantenendo le differenze assolute dovute alla diversa fase ontogenetica).

Finestra temporale	A	B	C
Bedano			
<i>p-value</i>	> 0.05	> 0.05	> 0.05
<i>U</i>	536	428	507
Iseo Bioggio			
<i>p-value</i>	> 0.05	> 0.05	> 0.05
<i>U</i>	559	641	601
Chiusa Pesio			
<i>p-value</i>	< 0.05	< 0.05	< 0.05
<i>U</i>	279	384	348
Torre Canavese			
<i>p-value</i>	< 0.05	> 0.05	> 0.05
<i>U</i>	450	486	488

Tabella 7 Risultati del tests statistico Mann-Whitney operato confrontando i cedui giovani con i cedui vecchi nelle diverse finestre temporali (3 anni che precedono l'arrivo di *D. kuriphilus* (A), 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e 2 anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* - controllo biologico (C)).

Anche nel sito di Iseo Bioggio si deduce che le due curve generate dagli accrescimenti medi (TRI) presentano un andamento sovrapponibile. Si ha quindi la conferma che le piante giovani e quelle mature in questo sito hanno reagito in modo molto simile ai fattori ambientali, con crescite legnose annuali

similari. Si ha avuto lo stesso riscontro anche da un test statistico effettuato sul gruppo giovani e sul gruppo vecchi per ciascuna finestra temporale considerata.

Nel sito di Chiusa Pesio si deduce che le due curve generate dagli accrescimenti medi (TRI) presentano un andamento non sovrapponibile, molto probabilmente per la tempistica che intercorre fra l'insediamento del cinipide nel ceduo giovane situato a Borgata Ciot rispetto a quello vecchio (tab. 7), situato poco distante a Chiusa Pesio. Le piante giovani e quelle mature presentano crescite legnose annuali differenti probabilmente per via della diffusione sul territorio del cinipide in due periodi leggermente diversi. Si ha avuto lo stesso riscontro anche da un test statistico effettuato fra gruppo giovani e gruppo vecchi. Molto probabilmente nella finestra temporale pre-cinipide (A) nei cedui giovane e vecchi di Chiusa Pesio il *D. kuriphilus* si era già insediato e aveva già cominciato ad esercitare il suo effetto negativo nei confronti degli accrescimenti legnosi del castagno. In oltre l'effetto benefico del controllo biologico operato da *T. sinensis* è meno apprezzabile rispetto agli altri siti perché è iniziato a parecchi anni di distanza dall'invasione del cinipide; queste zone sono infatti uno dei primi siti di arrivo del *D. kuriphilus* sia in Italia che in Europa.

Nel sito di Frabosa non è stato possibile compiere un confronto fra gruppo vecchi e gruppo giovani non avendo trovato un ceduo con le necessarie caratteristiche per rientrare nel gruppo giovani.

Dal confronto delle serie cronologiche degli accrescimenti medi (TRI) dei popolamenti di castagno giovani e vecchi del sito di Torre Canavese si deduce che le due curve presentano un andamento simile ma non sovrapponibile. Si ha quindi la conferma che le piante giovani e quelle mature hanno reagito in modo differente solo nella prima finestra temporale (A) ai fattori ambientali, con crescite legnose annuali diverse. Si ha avuto riscontro anche da un test statistico della diversità dei gruppi giovane e vecchio di Torre Canavese, molto probabilmente per come il gruppo dei giovani ha reagito alle condizioni di siccità del 2003 e 2006, anni antecedenti alla prima finestra temporale considerata (A).

4.3 Perdita in termini di area basimetrica

Per quantificare il decremento di area basimetrica dall'arrivo di *D. kuriphilus* si sono confrontati gli incrementi dei tre anni successivi alla comparsa del cinipide (B) con quelli dei tre anni precedenti (A). Inoltre si è voluto verificare se vi fosse una ripresa degli incrementi verso valori più simili alla situazione PRE-cinipide dopo il presunto controllo biologico da parte del *T. sinensis*, confrontando gli incrementi degli anni successivi all'arrivo del cinipide (B) a quelli successivi all'inizio del controllo biologico (C). Ogni uno di questi confronti è stato comprovato dai test statistici di Mann-Whitney.

Per quanto riguarda il sito di Bedano si è visto che, nell'area di studio caratterizzata da piante giovani, l'incremento medio di area basimetrica dal 2007 al 2009 è di 19.40 cm²/anno, mentre quello dal 2011 al 2013 è di 10.78 cm²/anno. Da questi dati si evince un calo di produzione di area basimetrica conseguente all'arrivo del cinipide del 44%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica è di 15.01 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 39% (tab. 8).

Bedano	Gruppo vecchi		Gruppo giovani		Specie di controllo	
BAI medio A (cm ² /anno)	15.25		19.40		21.76	
BAI medio B (cm ² /anno)	10.88		10.78		19.28	
Variazione % BAI da A a B	-28		-44		-11	
Analisi statistica TRI in A e in B	U = 365	p-value < 0.05	U = 173.5	p-value < 0.05	U = 100	p-value < 0.05
BAI medio C (cm ² /anno)	16.47		15.00		24.02	
Variazione % BAI da B a C	+51		+39		+24	
Analisi statistica TRI in B e in C	U = 248	p-value < 0.05	U = 211	p-value < 0.05	U = 86	p-value < 0.05

Tabella 8 BAI medio e variazioni % nel sito di Bedano (CH) dei 3 anni prima dell'arrivo di *D. kuriphilus* (A), dei 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e dei 2 anni dopo l'arrivo di *T. sinensis* - controllo biologico (C). Compresi test statistici di correlazione fra le diverse finestre temporali.

Nell'area ospitante le piante mature l'incremento medio di area basimetrica dal 2007 al 2009 è di 15.26 cm²/anno, mentre quello dal 2011 al 2013 è di 10.89 cm²/anno. Il decremento in termini di area basimetrica è del 28%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica è di 16.47 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 51%.

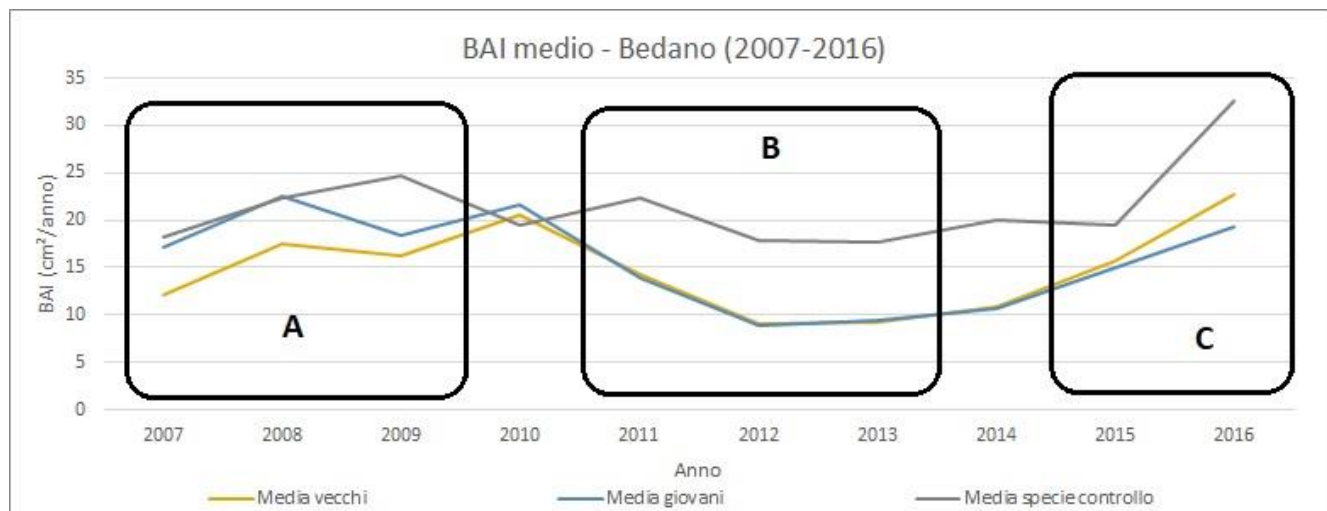


Figura 42 Serie cronologica dell'Incremento medio in area basimetrica (BAI) nel sito di Bedano (CH): 3 anni che precedono l'arrivo di *D. kuriphilus* (A), 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e 2 anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* - controllo biologico (C)

Per quanto riguarda il sito di Iseo Bioggio si è visto che, nell'area di studio caratterizzata da piante giovani, l'incremento medio di area basimetrica dal 2007 al 2009 è di 12.94 cm²/anno, mentre quello dal 2011 al 2013 è di 9.37 cm²/anno. Da questi dati si evince un calo di produzione di area basimetrica conseguente all'arrivo del cinipide del 27%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica è di 14.62 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 55% (tab. 9).

Iseo	Gruppo vecchi		Gruppo giovani		Specie di controllo	
BAI medio A (cm ² /anno)	12.50		12.94		12.30	
BAI medio B (cm ² /anno)	7.04		9.37		13.47	
Variazione % BAI da A a B	-43		-27		+9	
Analisi statistica TRI in A e in B	U = 353	p-value < 0.05	U = 459	p-value < 0.05	U = 155	p-value > 0.05
BAI medio C (cm ² /anno)	9.57		14.62		14.92	
Variazione % BAI da B a C	+35		+55		+10	
Analisi statistica TRI in B e in C	U = 195.5	p-value < 0.05	U = 199	p-value < 0.05	U = 80	p-value < 0.05

Tabella 9 BAI medio e variazioni % nel sito di Bedano (CH) dei 3 anni prima dell'arrivo di *D. kuriphilus* (A), dei 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e dei 2 anni dopo l'arrivo di *T. sinensis* - controllo biologico (C). Compresi test statistici di correlazione fra le diverse finestre temporali.

Nell'area ospitante le piante mature l'incremento medio di area basimetrica dal 2007 al 2009 è di 12.50 cm²/anno, mentre quello dal 2011 al 2013 è di 7.04 cm²/anno. Il decremento in termini di area basimetrica

è del 43%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica è di 9.57 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 35%.

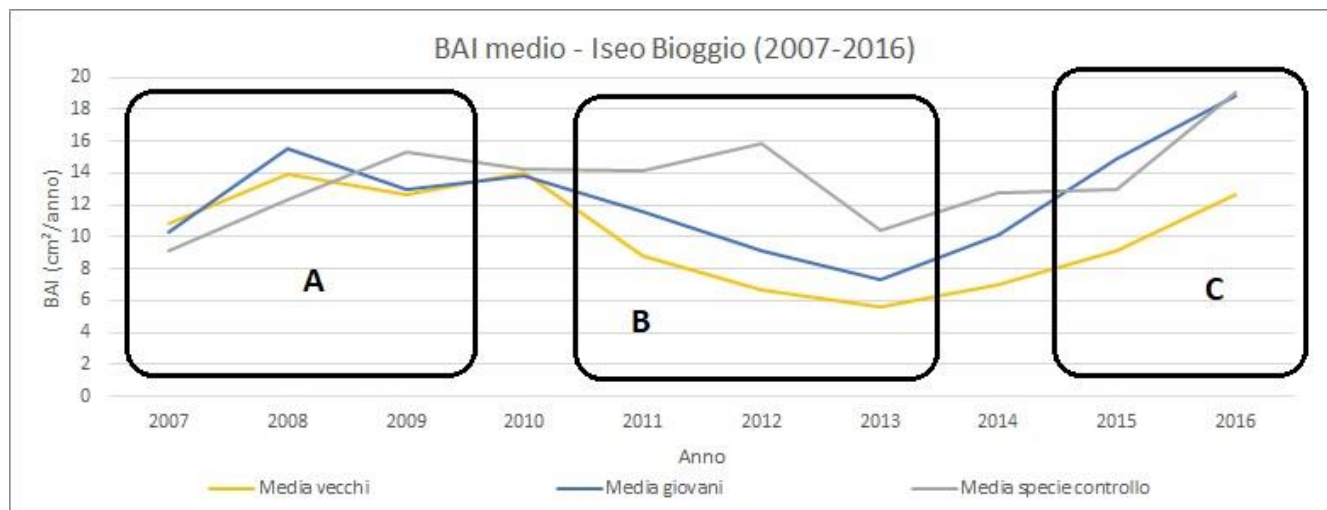


Figura 43 Serie cronologica dell'Incremento medio in area basimetrica (BAI) nel sito di Iseo Bioggio (CH): 3 anni che precedono l'arrivo di *D. kuriphilus* (A), 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e 2 anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* - controllo biologico (C)

Per quanto riguarda il sito di Chiusa Pesio, caratterizzato da diversi anni di siccità, si è visto che, nell'area di studio caratterizzata da piante giovani, l'incremento medio di area basimetrica dal 1999 al 2001 è di 10.88 cm²/anno, mentre quello dal 2003 al 2005 è di 11.62 cm²/anno (tab. 10).

Chiusa Pesio	Gruppo vecchi		Gruppo giovani		Specie di controllo	
BAI medio A (cm ² /anno)	19.72		10.88		19.92	
BAI medio B (cm ² /anno)	18.98		11.62		27.99	
Variazione % BAI da A a B	-3		+6		+40	
Analisi statistica TRI in A e in B	U = 658	p-value > 0.05	U = 340	p-value < 0.05	U = 130	p-value > 0.05
BAI medio C (cm ² /anno)	16.93		12.43		30.58	
Variazione % BAI da B a C	-10		+6		+9	
Analisi statistica TRI in B e in C	U = 136	p-value < 0.05	U = 302	p-value < 0.05	U = 148	p-value > 0.05

Tabella 10 BAI medio e variazioni % nel sito di Bedano (CH) dei 3 anni prima dell'arrivo di *D. kuriphilus* (A), dei 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e dei 2 anni dopo l'arrivo di *T. sinensis* - controllo biologico (C). Compresi test statistici di correlazione fra le diverse finestre temporali.

Da questi dati si evince un incremento di area basimetrica conseguente all'arrivo del cinipide del 6%. Negli anni successivi al l'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica è di 12.43 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 6%.

Nell'area ospitante le piante mature presso Borgata Ciot l'incremento medio di area basimetrica dal 1997 al 1999 è di 19.72 cm²/anno, mentre quello dal 2001 al 2013 è 18.98 cm²/anno. L'incremento in termini di area basimetrica è del -3%. Negli anni successivi al l'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica è di 16.93 cm²/anno evidenziando un decremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 10%.

Nel sito di Chiusa Pesio nel gruppo vecchi non vi è riduzione fra A e B: se un confronto statistico non ha mostrato differenze a livello di TRI, per quella coppia di finestre non considero vi sia neppure una riduzione del BAI.

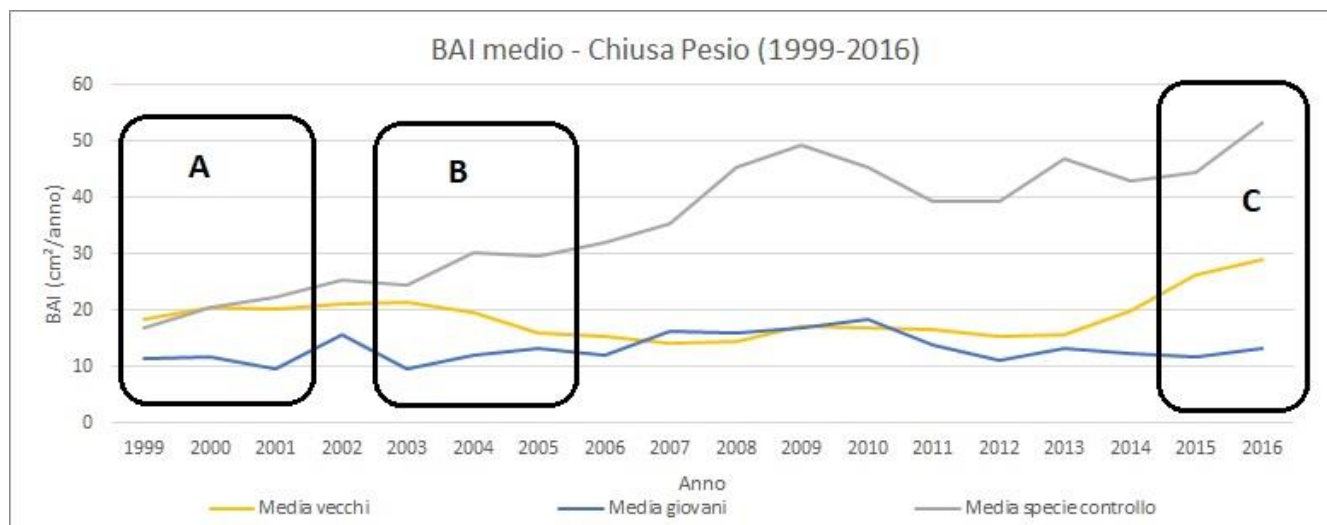


Figura 44 Serie cronologica dell'Incremento medio in area basimetrica (BAI) nel sito di Chiusa Pesio (CN): 3 anni che precedono l'arrivo di *D. kuriphilus* (A), 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e 2 anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* - controllo biologico (C)

Per quanto riguarda il sito di Frabosa, caratterizzato da diversi anni di siccità, si è visto che, nell'area di studio caratterizzata da piante vecchie, l'incremento medio di area basimetrica dal 2001 al 2003 è di 10.47 cm²/anno, mentre quello dal 2005 al 2008 è di 6.75 cm²/anno (tab. 11).

Frabosa	Gruppo vecchi		Specie di controllo	
BAI medio A (cm ² /anno)	10.47		15.50	
BAI medio B (cm ² /anno)	6.75		15.98	
Variazione % BAI da A a B	-35		+3	
Analisi statistica TRI in A e in B	U = 190	p-value < 0.05	U = 156.5	p-value > 0.05
BAI medio C (cm ² /anno)	9.93		22.36	
Variazione % BAI da B a C	+47		+39	
Analisi statistica TRI in B e in C	U = 99	p-value < 0.05	U = 149	p-value > 0.05

Tabella 11 BAI medio e variazioni % nel sito di Bedano (CH) dei 3 anni prima dell'arrivo di *D. kuriphilus* (A), dei 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e dei 2 anni dopo l'arrivo di *T. sinensis* - controllo biologico (C). Compresi test statistici di correlazione fra le diverse finestre temporali.

Da questi dati si evince un calo di produzione di area basimetrica conseguente all'arrivo del cinipide del 35%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica medio è di 9.93 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 47%.

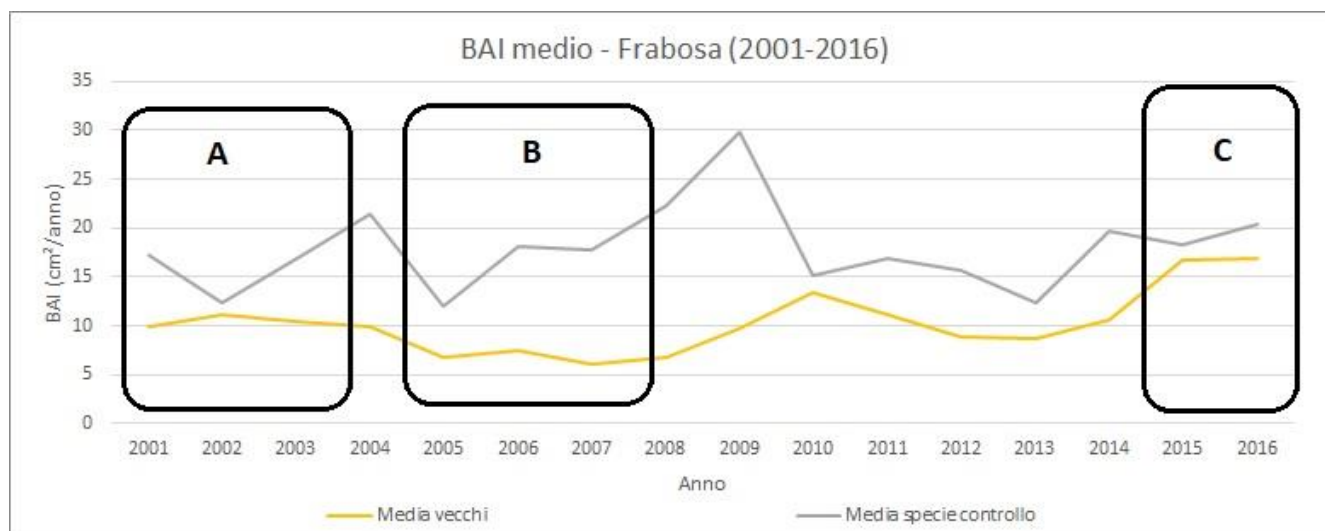


Figura 45 Serie cronologica dell'Incremento medio in area basimetrica (BAI) nel sito di Frabosa (CN): 3 anni che precedono l'arrivo di *D. kuriphilus* (A), 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e 2 anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* - controllo biologico (C)

Per quanto riguarda il sito di Torre Canavese, caratterizzato da alcuni anni di siccità, si è visto che, nell'area di studio caratterizzata da piante giovani, l'incremento medio di area basimetrica dal 2007 al 2009 è di 26.36 cm²/anno, mentre quello dal 2011 al 2013 è di 16.32 cm²/anno (tab. 12).

Torre canavese	Gruppo vecchi		Gruppo giovani		Specie di controllo	
BAI medio A (cm ² /anno)	14.35		26.36		4.20	
BAI medio B (cm ² /anno)	13.32		16.32		4.26	
Variazione % BAI da A a B	-7		-38		+1	
Analisi statistica TRI in A e in B	U = 454	p-value < 0.05	U = 215	p-value < 0.05	U = 100	p-value > 0.05
BAI medio C (cm ² /anno)	13.56		14.04		4.68	
Variazione % BAI da B a C	+1		-14		+9	
Analisi statistica TRI in B e in C	U = 363	p-value < 0.05	U = 410	p-value < 0.05	U = 76	p-value < 0.05

Tabella 12 BAI medio e variazioni % nel sito di Bedano (CH) dei 3 anni prima dell'arrivo di *D. kuriphilus* (A), dei 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e dei 2 anni dopo l'arrivo di *T. sinensis* - controllo biologico (C). Compresi test statistici di correlazione fra le diverse finestre temporali.

Da questi dati si evince un calo di produzione di area basimetrica conseguente all'arrivo del cinipide del 38%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica e di 14.04 cm²/anno evidenziando un decremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 14%. Nell'area ospitante le piante mature l'incremento medio di area basimetrica dal 2007 al 2009 è di 14.35 cm²/anno, mentre quello dal 2011 al 2013 è di 13.32 cm²/anno. Il decremento in termini di area basimetrica è del 7%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico nel 2014 l'incremento di area basimetrica e di 13.56 cm²/anno evidenziando un incremento medio dell'area basimetrica rispetto agli anni successivi all'arrivo di *D. kuriphilus* del 1%.

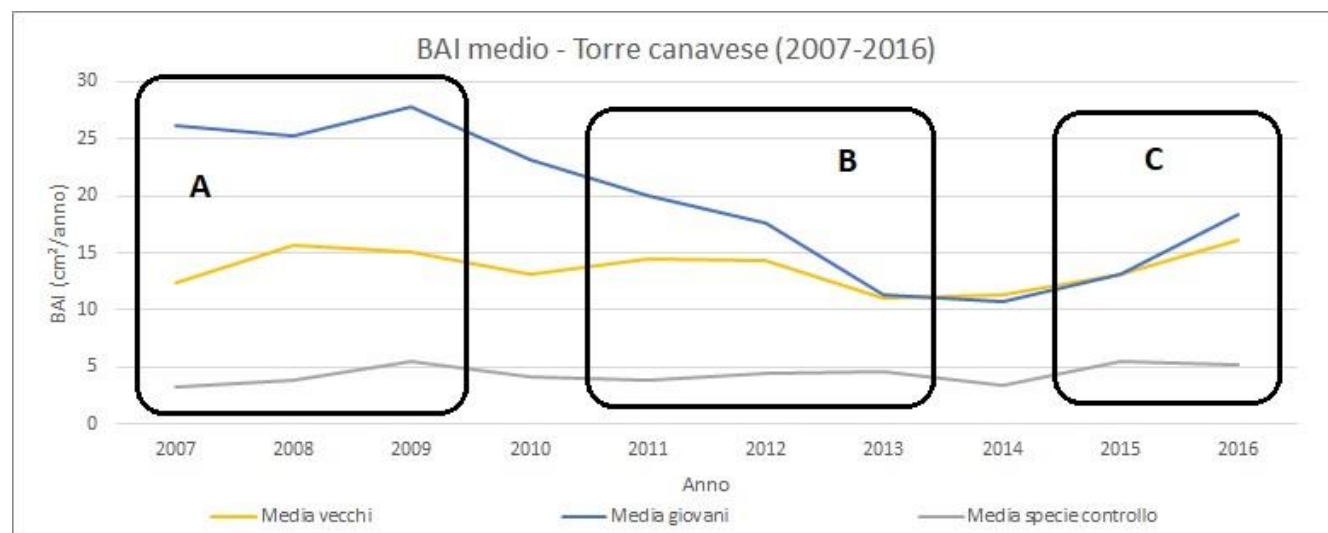


Figura 46 Serie cronologica dell'Incremento medio in area basimetrica (BAI) nel sito di Torre Canavese (TO): 3 anni che precedono l'arrivo di *D. kuriphilus* (A), 3 anni dopo l'arrivo di *D. kuriphilus* (B) e 2 anni dopo l'introduzione di *T. sinensis* - controllo biologico (C).

5. Discussione

Dai risultati di questo studio si evidenzia un calo degli accrescimenti legnosi, negli anni successivi all'insediamento di *D. kuriphilus*, in tutti i siti studiati. Tale decremento non sembrerebbe attribuibile alle condizioni meteorologiche che, in una finestra temporale dal 1996 al 2016, non mostrano eclatanti anomalie né in termini di precipitazioni né di temperature. Solamente nella zona del cuneese e del canavese sono evidenziati diversi anni più o meno siccitosi. Dai campioni legnosi delle specie di controllo relative ad ogni area sono stati rilevati decrementi di accrescimento dovuti a componenti climatiche soprattutto nel 2003. L'anno 2003 rappresenta un cosiddetto anno caratteristico, la cui interpretazione è fondamentale nello studio dendrocronologico e dendroecologico. A esso corrispondono una scarsa piovosità e un aumento della temperatura media corrispondente durante la stagione vegetativa. La siccità verificatasi in quell'anno potrebbe aver causato un notevole stress degli apparati radicali del castagno comportando una riduzione dell'accrescimento.

Questo particolare anno complica però la comprensione dei dati ricavati dalla zona del cuneese vedendo l'arrivo del cinipide nel 2002 a Chiusa Pesio e nel 2004 a Frabosa. Per quanto riguarda le finestre temporali analizzate degli altri siti il 2003 ricade al di fuori di queste. Dai risultati ottenuti è evidente come la crescita di una pianta vari a seconda degli stadi ontogenetici in cui si trova: un albero in fase giovanile cresce in genere formando anelli più grandi rispetto a quando si trova nella fase di maturità o, a maggior ragione, di senescenza.

Dai dati ricavati da questo studio si evince un calo di produzione legnosa in termini di area basimetrica conseguente all'arrivo del cinipide, con una riduzione massima nel periodo del 44%. Negli anni successivi all'inizio del controllo biologico in tutti i siti considerati nel 2014 l'incremento di area basimetrica tende ad aumentare rispetto al periodo subito successivo all'arrivo del cinipide. L'incremento massimo di area basimetrica successivo al controllo biologico lo si è riscontrato nella zona svizzera ed in particolare nel gruppo giovani di Iseo Bioggio con un aumento del 56% rispetto ai 3 anni successivi all'arrivo del cinipide.

Dall'osservazione delle serie cronologiche degli accrescimenti standardizzati (TRI) del sito di Bedano si deduce che le due curve presentano un andamento sovrapponibile. Si ha quindi la conferma che le piante giovani e quelle mature hanno reagito in modo molto simile ai fattori ambientali, con crescite legnose

annuali simili. Il tratto di curva che va dal 2011 al 2013 è da considerarsi una segnatura, cioè una sequenza di intervalli caratteristici. Un intervallo caratteristico è un intervallo riguardante due anni consecutivi, nel quale una significativa quantità di cronologie mostra andamenti dello stesso segno, in questo caso discendenti. Il 2010 è l'anno in cui è stato osservato per la prima volta *D. kuriphilus* nella zona svizzera. Il calo di crescita riscontrato nei castagneti del sito di Bedano, dal 2010, potrebbe essere un indice dell'influenza del cinipide. Dal 2014, con l'inizio del controllo biologico da parte di *T. sinensis*, si evidenzia una seconda segnatura cioè due anni consecutivi nei quali una significativa quantità di cronologie mostra andamenti dello stesso segno, in questo caso crescenti. La ripresa che sembra avere il castagno dopo l'inizio del controllo biologico può essere imputabile all'attività di parassitizzazione del cinipide da parte di *T. sinensis* che riducendone la popolazione ne abbassa l'incidenza sui castagneti.

Dall'osservazione delle serie cronologiche degli incrementi annui di area basimetrica dei popolamenti di castagno del sito di Iseo Bioggio si deduce che il tratto di curva che va dal 2011 al 2013 è da considerarsi una segnatura, cioè una sequenza di intervalli caratteristici. Un intervallo caratteristico è un intervallo riguardante due anni consecutivi, nel quale una significativa quantità di cronologie mostra andamenti dello stesso segno, in questo caso discendenti. Il calo di crescita riscontrato nei castagneti del sito di Iseo Bioggio, dal 2010, potrebbe essere un indice dell'influenza del cinipide. Dal 2014, con l'inizio del controllo biologico da parte di *T. sinensis*, si evidenzia una seconda segnatura, in questo caso crescente. La ripresa che sembra avere il castagno dopo l'inizio del controllo biologico può essere imputabile all'attività di parassitizzazione del cinipide da parte di *T. sinensis* che ne riduce la popolazione e l'incidenza sui castagneti.

Dall'osservazione delle serie cronologiche degli incrementi annui di area basimetrica dei popolamenti di castagno del sito di Chiusa Pesio si deduce che il tratto di curva che va dal 2003 al 2005 è da considerarsi una segnatura. Il 2002 è l'anno in cui è stato osservato per la prima volta *D. kuriphilus* nella zona del cuneese, primo sito di arrivo in Italia e in Europa del cinipide. Il calo di crescita riscontrato nei castagneti del sito di Chiusa Pesio, dal 2002, potrebbe essere un indice dell'influenza del cinipide. Dal 2014, con l'inizio del controllo biologico da parte di *T. sinensis*, si evidenzia una seconda segnatura cioè due anni consecutivi nei quali una significativa quantità di cronologie mostra andamenti dello stesso segno, in questo caso crescenti. La ripresa che sembra avere il castagno dopo l'inizio del controllo biologico può essere imputabile all'attività di parassitizzazione del cinipide da parte di *T. sinensis* che ne riduce la popolazione e l'incidenza sui castagneti.

Dall'osservazione delle serie cronologiche degli incrementi annui di area basimetrica dei popolamenti di castagno del sito di Frabosa si deduce che il tratto di curva che va dal 2005 al 2007 è da considerarsi una segnatura, cioè una sequenza di intervalli caratteristici, in questo caso discendenti. Il 2004 è l'anno in cui è stato osservato per la prima volta *D. kuriphilus* nella zona del cuneese. Il calo di crescita riscontrato nei castagneti del sito di Chiusa Pesio, dal 2004, potrebbe essere un indice dell'influenza del cinipide. Dal 2014, con l'inizio del controllo biologico da parte di *T. sinensis*, si evidenzia una seconda segnatura in questo caso crescente. La ripresa che sembra avere il castagno dopo l'inizio del controllo biologico può essere imputabile all'attività di parassitizzazione del cinipide da parte di *T. sinensis* che ne riduce la popolazione e l'incidenza sui castagneti.

Dall'osservazione delle serie cronologiche degli incrementi annui di area basimetrica dei popolamenti di castagno del sito di Torre Canavese si deduce che il tratto di curva che va dal 2011 al 2013 è da considerarsi una segnatura. Un intervallo caratteristico è un intervallo riguardante due anni consecutivi, nel quale una significativa quantità di cronologie mostra andamenti dello stesso segno, in questo caso discendenti. Il 2010 è l'anno in cui è stato osservato per la prima volta *D. kuriphilus* nella zona del canavese. Il calo di crescita riscontrato nei castagneti del sito di Chiusa Pesio, dal 2011, potrebbe essere un indice dell'influenza del cinipide. Dal 2014, con l'inizio del controllo biologico da parte di *T. sinensis*, si evidenzia una seconda segnatura cioè due anni consecutivi nei quale una significativa quantità di cronologie mostra andamenti dello stesso segno, in questo caso crescenti. La ripresa che sembra avere il castagno dopo l'inizio del controllo biologico può essere imputabile all'attività di parassitizzazione del cinipide da parte di *T. sinensis* che ne riduce la popolazione e l'incidenza sui castagneti.

In bibliografia, allo stato attuale, vi sono pochi studi relativi a *C. sativa* sui danni alla produzione legnosa da parte di galligeni (Battoni, 2015. Luan, 2017). Qualche problema è segnalato in caso di forti attacchi su giovani piante (Coulson et al., 1984). Recenti studi hanno già constatato come *D. kuriphilus* riduca la produzione del frutto (Battisti et al., 2014a).

Un'ulteriore conseguenza negativa della presenza del cinipide riguarda le possibili interazioni con il cancro corticale del castagno. Appare probabile che l'indebolimento delle piante dovuto a intensi attacchi dell'imenottero possa favorire la recrudescenza della mortalità da cancro anche in contesti in cui l'ipovirulenza è diffusa (Turchetti et al., 2010). Il rischio è che si inneschi una spirale del deperimento con la progressiva riduzione della superficie fotosintetica (Gehring et al., 2017) e con una sempre

maggior debolezza dell'albero, suscettibile ad ogni ulteriore stress. Tale situazione, aggravata dalle ridotte produzioni di frutti, può demotivare i proprietari inducendoli a ridurre gli interventi di manutenzione o di recupero dei castagneti.

L'inizio del controllo biologico nei confronti del cinipide, operato da parte di *T. sinensis*, sembrerebbe dare i primi risultati evidenziati dal trend positivo acquisito dagli incrementi di area basimetrica dei cedui di castagno negli anni successivi al 2014.

6. Conclusioni

Grazie all'arrivo del cinipide, sommato alle precedenti problematiche fitosanitarie del castagno già presenti nei nostri boschi cedui, la perdita consistente di produzione di massa legnosa costringe a rivalutare la lunghezza dei turni o la tipologia di assortimenti ritraibili dai cedui di castagno.

La riduzione degli accrescimenti legnosi non può che avere conseguenze gestionali. La perdita in termini di massa legnosa comporta la rivalutazione dei turni e degli assortimenti ritraibili dei cedui di castagno. I turni più frequentemente adottati nei cedui campionati sono intorno ai 20-25 anni per il turno ordinario per la produzione di paleria medio-grossa. Per la produzione di paleria piccola o media, i turni sono invece compresi tra 10 e 12 anni. All'allungamento del turno, però, non corrisponderebbe una produzione di paleria più grossa o di legname da opera. Ai più lunghi tempi di attesa non equivarrebbero ricavi superiori poichè la produzione di legname da opera sarebbe comunque sconsigliata a causa del difetto della cipollatura che si manifesta più frequentemente nelle piante con accrescimenti non stabili nel tempo. Le serie cronologiche presentano tutte un periodo di crescita ridotta ed irregolare negli anni seguenti all'arrivo di *D. kuriphilus*, fattore che potrebbe favorire un aumento del difetto della cipollatura nel legname per i diversi tassi di crescita. Tale difetto riduce drasticamente la resa di segagione e la capacità portante dei segati.

La combinazione del lavoro di campionamento, effettuato in bosco, con le fasi di misurazione e elaborazione dei dati, svolte in laboratorio, ha consentito di ottenere un quadro generale sui principali aspetti riguardanti la relazione tra *D. kuriphilus* e gli accrescimenti legnosi di *C. sativa*. Lo studio dei siti considerati ha evidenziato anche l'efficacia dell'azione di controllo biologico a contrastare gli effetti negativi del cinipide riguardo la produzione legnosa. Si è visto che, nei tre anni successivi all'arrivo del cinipide, in ogni sito considerato le riduzioni degli accrescimenti legnosi sono state notevoli, arrivando ad una perdita di incremento di area basimetrica massimo del 44%. Nello specifico, si sono osservate riduzioni della crescita maggiori nella zona svizzera, sia nel sito di Bedano che di Iseo Bioggio. I dati raccolti rappresentano una buona base per ampliare le ricerche sugli effetti del cinipide del castagno. Con questo studio si è valutato se esiste una netta diversità nelle risposte tra la fase giovanile della pianta e quella di maturità.

A causa delle malattie di origine fungina prima e dell'arrivo dell'imenottero poi, le economie delle regioni castanicole hanno subito gravi perdite. A questo riguardo, sarà necessario proseguire con i lavori di ricerca che hanno messo in relazione *D. kuriphilus* con il cancro corticale del castagno. L'utilizzo di *T. sinensis* quale antagonista nei programmi di lotta biologica classica sta dando i primi risultati positivi in tutti i siti campionati. L'apertura delle galle raccolte nella primavera 2015 ha evidenziato che, in media, oltre l'80% dei loculi è occupato da *T. sinensis* e meno dell'1% da *D. kuriphilus*. I rimanenti loculi sono vuoti od occupati da parassitoidi autoctoni (Colombari et al, 2015). Nei prossimi anni sarà necessario rivalutare gli effetti del controllo biologico sulla produzione del frutto e sulla produzione legnosa. L'obiettivo principale dovrà puntare alla definizione di un protocollo integrato che preveda interventi di carattere agronomico, selvicolturale, entomologico e fitopatologico a tutela del patrimonio castanicolo europeo.

7 Bibliografia

Anagnostakis S.L., 1999, International Society for Horticultural Science, "Chestnut research in Connecticut: breeding and biological control"

Bagnaresi U., Giannini R., 1979, "I castagneti da legno in Italia. Produttività e valorizzazione dei castagneti da frutto e dei cedui di castagno", Accademia Nazionale di Agricoltura, Bologna.

Battisti A., Benvegnù I., Colombari F., Haack R.A., 2014a, "Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in *Castanea sativa* nut production", Agricultural and Forest Entomology, Volume 16, Issue 1, pages 7579, February 2014.

Battisti A., Colombari F., Simonato M., Haack R., Villari C., 2014b, "XXIV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia", Orosei (Sardegna), 9-14 giugno 2014.

Battoni L., 2015, Tesi di laurea specialistica in Scienze forestali e ambientali "Effetti del *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu sull'accrescimento legnoso di *Castanea sativa* Miller in Veneto, nei siti di Combai (TV) e Monte Rua (PD)". Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Facoltà di Scienze Forestali, Università degli studi di Padova, Legnaro.

Benvegnù I., 2011, Tesi di laurea in Scienze forestali e ambientali, "Indagini sul cinipide del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*) nell'Italia nord-orientale". Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, Facoltà di Agraria, Università degli studi di Padova, Legnaro.

Bernetti G. 1995, Selvicoltura speciale "Volume 2 di Scienze forestali e ambientali". Editore UTET

Bernetti G., Del Favero R., Pividori M., 2012, "Selvicoltura produttiva", Edagricole.

Biondi F. & Qeadan F., 2008, "A theory-driven approach to tree-ring standardization: defining the biological trend from expected basal area increment", Tree-Ring Society.

Boriani et al., 2013 "Studies on the remnants of the parasitoid larve of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, in the galls collected in two places in Italy for determining parasitism level and type of parasitoids"

Braker, W. L., 1981, Soil survey of centre county, Pennsylvania

Brussino G., Bosio G., Baudino M., Giordano R., Ramello F., 2002, "Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo". L'Informatore Agrario, n. 37, pag. 59

Buccianti M., 1994, "Produzione e raccolta del legno di castagno e indicazioni per il miglioramento di una situazione degradata". L'Italia Forestale e Montana 1: 44–53.

Capretti P., Ragazzi A., 2009, "Elementi di patologia forestale", Pàtron Editore, Bologna.

Ciancio O., Nocentini S., 2004, "Il bosco ceduo. Selvicoltura, Assestamento, Gestione", Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.

Colombari F., Battisti A., 2015, "Il programma regionale di lotta biologica al cinipide del castagno. Poster informativo a cura dell'Università degli Studi di Padova. Dipartimento DAFNAE.

Colombari F., 2013, "Lotta biologica a *Dryocosmus kuriphilus*". Opuscolo informativo a cura dell'Università degli Studi di Padova-Dipartimento DAFNAE.

Conedera M, Fonti P., Giudici F., 2002, "La cipollatura nel legno di castagno: un problema centrale per il rilancio della castanicoltura da legno di qualità".

Cook, E. R., and R. L. Holmes. 1984. Program ARSTAN User Manual. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.

Cook, E. R., Buckley, B. M., D'arrigo, R. D., & Peterson, M. J., 2000, Warm-season temperatures since 1600 BC reconstructed from Tasmanian tree rings and their relationship to large-scale sea surface temperature anomalies. *Climate Dynamics*, 16(2), 79-91.

Coulson, R. N., & Witter, J. A. (1984). Forest entomology: ecology and management. John Wiley & Sons.

Cutini, 2001, "New management options in chestnut coppices: an evaluation on ecological bases", Forest Ecology and Management, 141, 1165-174.

Del Favero R., 2004, "I boschi delle regioni alpine italiane", Cleup.

EFSA Panel on Plant Health, 2010, "Risk assessment of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* for the EU territory and identification and evaluation of risk management options", EFSA Journal: 8(6), 1619.

Gehring Eric, Bruno Bellosi, Ambra Quacchia, Marco Conedera, 2017 di "Assessing the impact of *Dryocosmus kuriphilus* on the chestnut tree: branch architecture matters", Journal of Pest Science

Gellini R., Grossoni P., 2007, "Botanica forestale. II Angiosperme", CEDAM.

Griffo R., Parillo R., Verderame M., 2010, "Castagno, primi risultati della lotta chimica contro il cinipide galligeno." Terra e Vita 3: 24-25

Hammer Øyvind, David A.T. Harper, and Paul D. Ryan, 2001, "Past: palentological statistics software package for education and data", University of Oslo

Hochstrasser R., 2017 Geografia del Malcantone "Invito allo studio delle componenti naturalistiche e paesaggistiche del comprensorio" (<http://www.easyluk.com/index.php/23-territorio-e-sviluppo-sostenibile/32-geografia-del-malcantone>) (visionato il 28/11/2017)

I.N.F.C., 2005, Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale Corpo Forestale dello Stato. CRA - Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Apicoltura.

Ipla, 1982, Regione Piemonte, “carta di capacità d’uso dei suoli del Piemonte”.

Krebs, G. L.; Rouda, R. R.; Van Wyngaarden, S. P., 2004. Feeding value and cost of native spear grass hay in Western Australia. *Anim. Prod. in Australia. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 25 (1): 104-107 (<http://dx.doi.org/10.1071/SA0401027>)

Jaynes R.A., 1975, "Chestnut". In: Janick J, Moore J (eds). *Advances in Fruit Breeding*, Purdue University Press, West Lafayette, IN. pp 490–503.

Luan Huy Hua, 2017, Tesi di laurea specialistica in Scienze forestali e ambientali “The Effect of *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) on European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood production: A case study in the North of Italy”. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Facoltà di Scienze Forestali, Università degli studi di Padova, Legnaro.

Macchioni N., Pividori M., 1996, "Ring shake and structural characteristics of a chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice stand in northern Piedmont (northwest Italy)". *Annales des sciences forestières* 53: 31–50.

McKnight P. E., Najab, J., 2010, Mann-Whitney U Test. *Corsini Encyclopedia of Psychology*. 1.

Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, 2007, "Decreto Ministeriale 30 ottobre 2007. Misure d'emergenza provvisorie per impedire la diffusione del cinipide del castagno, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, nel territorio della Repubblica italiana. Recepimento della decisione della Commissione 2006/464/CE", *Gazzetta Ufficiale* n. 42, 12 febbraio 2008.

Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, 2010, "Piano del settore castanicolo 2010/2013. 2. Protocollo di attuazione della lotta biologica al *Dryocosmus kuriphilus* del castagno con *Torymus sinensis*".

Provincia di Cuneo, 2013, “Studio di impatto ambientale: Derivazione a scopo idroelettrico dal torrente Corsaglia in comune di Frabosa Soprana”.

Quacchia A., Boriani M., Molinari M., Alma A., 2010, "Introduzione di *Torymus sinensis* (Hymenoptera Torymidae) in Lombardia: primi risultati". Atti Giornate fitopatologiche, 1:313-314.

Regione del Veneto, 2010 Unità Periferica per i Servizi Fitosanitari, "La vespa del castagno (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu)", scheda descrittiva.

Rinn F., 2005, "Time Series Analysis and Presentation software (TSAPWin)". User Reference (Version 4.69), RinnTech, Heidelberg.

Romani R., Rondoni G., Gragnoli L., Pergolari P., Santinelli C., Rossi Stacconi M.V., Ricci C., 2010, "Indagini bio-etologiche e morfologiche su *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu". Atti della Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. Rendiconti 58:97-104.

Sartor C., Botta, R., Marinoni, D.T., Quacchia, A. & Alma, A, 2009, "Differential gene expression in chestnut buds following infestation by gall-wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, Hymenoptera: Cynipidae)". Acta Horticulturae (ISHS), 844, 405–410

Seiichi Moriya, Ambra Quacchia, Chiara Ferracini, Alberto Alma, 2010, "Italian experience in biological control of *Dryocosmus kuriphilus*" DIVAPRA Entomology and Zoology applied to the Environment "Carlo Vidano"

Shimura, 1972, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, "Breeding of Chestnut Varieties Resistant to Chestnut Gall Wasp, *Dryocosmus kuriphilus* YASUMATSU"

Speer J. H., 2010, "Chapter 5: FIELD AND LABORATORY METHOD", Fundamentals of tree- ring research, 72-104. Print. University of Arizona Press.

Turchetti T., Addario E., Maresi G., 2010, "Interactions between chestnut gall wasp and blight: a new criticality for chestnut". Forest@.

Waldboth, M., Oberhuber, W., 2009, Synergistic effect of drought and chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*) on growth decline of European chestnut (*Castanea sativa*). Forest Pathology, 39(1), 43-55.

Wigley, T. M., Briffa, K. R., & Jones, P. D., 1984, On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of climate and Applied Meteorology*, 23(2), 201-213.

8 Sitografia

www.rinntech.com/Products/Lintab.htm - Rinntech, 2008, "LINTAB". Precision ring by ring (visionato il 28/11/2017)

www.bioversityinternational.org - Areale di *Castanea sativa* Miller (visionato il 28/11/2017)

www.elmeg.org – immagine trivella di Pressler, fase di estrazione (visionato il 28/11/2017)

www.articoliforestali.com – immagini di Ipsometro e Cordella metrica (visionato il 28/11/2017)

www.regione.piemonte.it - Femmina di *D. kuriphilus* mentre depone le uova a gemma (visionato il 28/11/2017)

www.unipd.it/esterni/wwwfitf - Caratteristico danno a fiamma di colorazione scura causato dal Mal dell'inchiostro (visionato il 28/11/2017)

www.clubagricoltori.altervista.org - Ceppaia con caratteristiche depressioni necrotiche color cuoio prodotte dal cancro corticale (visionato il 28/11/2017)