Politecnico di Torino

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

Classe di Laurea LM-35

Tesi di Laurea Magistrale

Taratura del modello FloodAlp su bacini dell'arco Alpino Nord-occidentale

Relatore

Prof. Ing. Pierluigi Claps

Co-relatrici

Ing. Giulia Evangelista

Ing. Irene Monforte

Candidato

Marco Demateis Raveri

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

ABSTRACT **1**

INTRODUZIONE **2**

1. RACCOLTA DATI, COSTRUZIONE E AGGIORNAMENTO DATABASE **4**

1.1. Costruzione della base dati di portate estreme giornaliere 4

1.1.1 Struttura dei dati consultati 6

Annali Idrologici 6

Pubblicazione 17 9

Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po 11

Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani 14

Banca dati Idrologica di ARPA Piemonte – Idroweb 17

1.1.2 Procedura di verifica e aggiornamento della base dati esistente 18

1.2. Aggiornamento della base dati pluviometrica giornaliera 30

1.2.1 Struttura dei dati consultati 30

Annali Idrologici 31

Banca dati meteorologica di ARPA Piemonte – MeteoWeb 32

2. AREA DI STUDIO E SELEZIONE BACINI DI INTERESSE **34**

3. MODELLO GEOMORFOCLIMATICO FLOODALP **38**

3.1 Struttura del modello FloodAlp 40

3.2 Specifiche del modello – parametri di input 44

3.2.1 Determinazione dei parametri α e λ 44

3.2.2 Determinazione del parametro *R* 50

3.2.3 Determinazione della quota di zero termico 52

3.2.4 Classificazione dei bacini idrografici sulla base delle caratteristiche morfologiche 54

4. INFLUENZA DELLA CURVA IPSOMETRICA SUL MODELLO FLOODALP 57

4.1 Curva ipsometrica 59

4.1.1 Modellazione della curva ipsometrica e definizione di integrale ipsometrico 61

Funzione semplificata ad un parametro 64

Funzione classica di Strahler a due parametri 66

Funzione generalizzata a tre parametri 68

Confronto tra funzioni di modellazione 70

4.2 Influenza della modellazione della curva ipsometrica in FloodAlp 72

4.2.1 Modellazione semplificata ad un parametro 73

4.2.2 Modellazione a due parametri 75

4.2.3 Confronto dei risultati ottenuti 77

5. APPLICAZIONE DEL MODELLO FLOODALP CON ESTREMI GIORNALIERI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI 80

5.1 Modellazione della curva ipsometrica 81

5.2 Interpolazione spaziale della precipitazione 86

5.3 Calibrazione del coefficiente di deflusso 89

CONCLUSIONI 97

BIBLIOGRAFIA 99

ALLEGATO A – Caratteristiche morfologiche di bacino

ALLEGATO B – Valori dei parametri pluviometrici medi di bacino

ALLEGATO C – Interazione tra il regime termometrico e le caratteristiche altimetriche di bacino

ALLEGATO D – Modellazione della curva ipsometrica

ALLEGATO D.1 – Funzione semplificata ad un parametro

ALLEGATO D.2 – Funzione di Strahler a due parametri

ALLEGATO D.3 – Funzione generalizzata a tre parametri

ALLEGATO D.4 – Confronto tra funzione semplificata ad un parametro e funzione di Strahler

ALLEGATO D.5 – Confronto tra funzione generalizzata a tre parametri e funzione di Strahler

ALLEGATO E – Fattore contribuente

ALLEGATO E.1 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro

ALLEGATO E.2 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler

ALLEGATO E.3 – Confronto dei risultati

ALLEGATO F – RISULTATI OTTENUTI CON IL MODELLO FLOODALP

ALLEGATO F.1 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro

ALLEGATO F.2 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler

ALLEGATO F.3 – Confronto risultati ottenuti con differenti funzioni di modellazione della curva ipsometrica

ALLEGATO F.4 – Confronto risultati ottenuti con differenti modalità di interpolazione spaziale della precipitazione

ALLEGATO F.5 – Calibrazione del coefficiente di deflusso con modellazione semplificata della curva ipsometrica

ALLEGATO F.6 – Calibrazione del coefficiente di deflusso con modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler

ABSTRACT

La mancanza di dati sistematici e la complessità dei fenomeni in gioco in ambito montano rendono difficoltosa la modellazione idrologica fisicamente basata, mentre approcci statistici avanzati generano una eccessiva parametrizzazione della distribuzione di frequenza di piena. Il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), utilizzato in questo lavoro di tesi, si basa sull'approccio della distribuzione derivata, producendo come risultato una curva di frequenza di piena semplificata basata sulla variazione annuale della porzione di bacino idrografico coperta da neve.

Nel presente lavoro viene ampiamente discussa l'influenza delle caratteristiche ipsometriche del bacino idrografico, cruciali per la valutazione del deflusso di piena con il modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*). In particolare, per la modellazione della curva ipsometrica si propone l'utilizzo della funzione di Strahler a due parametri, più accurata ed alternativa rispetto alla semplice funzione ad un parametro originariamente presente nel modello. È analizzato inoltre il ruolo della precipitazione, effettuando un confronto tra i risultati ottenuti a seguito dell'applicazione del modello geomorfoclimatico impiegando dati di estremi pluviometrici registrati nella finestra giornaliera e nella finestra delle 24 ore.

Vengono infine stimate le curve di frequenza di piena in 121 bacini montani situati nel Nord Ovest italiano mediante il suddetto modello e i risultati vengono confrontati con i dati di portata massima giornaliera annua disponibili.

INTRODUZIONE

Le montagne ricoprono un ruolo fondamentale da sempre a causa dei molteplici meccanismi che favoriscono l'immagazzinamento di una risorsa fondamentale, l'acqua. Esse operano da serbatoio di accumulo, immagazzinando acqua durante le stagioni fredde, rilasciandone successivamente a causa dell'aumento delle temperature. Mediante questi cicli e grazie agli ambienti incontaminati presenti la risorsa idrica derivante risulta essere di grande qualità per il consumo umano.

Il crescente aumento delle temperature medie annue causato dal riscaldamento globale, però, induce un aumento dei fenomeni di piena in ambito montano, con annesse problematiche di pianificazione e gestione del territorio. Infatti, tali aumenti di temperatura inducono dei cambiamenti nel ciclo dell'acqua, favorendo una fusione nivo-glaciale più rapida e, quindi, un rilascio di acqua in fase liquida in periodi insoliti fino ad ora. Inoltre, i fenomeni di surriscaldamento agiscono direttamente sulla quota di congelamento, innalzandola: questo fenomeno incide sulla fase della precipitazione, generando più eventi piovosi.

A causa dei complessi meccanismi presenti, lo studio di tutti i fenomeni concorrenti alla formazione delle piene in ambito montano ha, storicamente, ricevuto meno attenzioni rispetto alle regioni temperate.

In questo contesto si insediano i modelli idrologici, con cui si effettuano analisi modellistiche per cercare di simulare i complessi processi che governano la formazione del deflusso fluviale: lo sviluppo di questi modelli nelle regioni montane è reso complicato anche dalla mancanza di osservazioni, fondamentali per la validazione. In questo contesto si inserisce il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) il quale, basandosi sull'approccio della distribuzione derivata, fornisce un valido strumento per la valutazione della curva di frequenza di piena simulando i meccanismi principali coinvolti nella sua formazione.

Il presente elaborato di tesi ha come obiettivo la comprensione del modello sopracitato, testandolo per 121 bacini idrografici localizzati nell'arco Alpino Nord-occidentale.

In primo luogo si è svolta un'attività di raccolta e validazione di dati idrometrici e pluviometrici, in modo tale da completare i database di riferimento, fondamentali rispettivamente per la calibrazione del modello e per la determinazione dei parametri

pluviometrici necessari per il suo corretto funzionamento.

Successivamente si è posta l'attenzione sull'area di studio, selezionando i bacini idrografici a seconda dell'altimetria e della numerosità di dati a disposizione, focalizzandosi poi sul modello *FloodAlp (Allamano P. et al., 2009)*. Nello specifico, si sono analizzati i parametri fondamentali per il corretto funzionamento di tale modello, discutendo dell'importanza che essi assumono evidenziandone la variabilità in funzione delle metodologie utilizzate per la loro determinazione.

Infine, il modello è stato applicato ai bacini idrografici selezionati, analizzando i risultati forniti dalle differenti configurazioni utilizzate, effettuandone una calibrazione con le osservazioni idrometriche disponibili.

1. RACCOLTA DATI, COSTRUZIONE E AGGIORNAMENTO DATABASE

Nel presente capitolo si riportano dettagliatamente le metodologie e le fonti utilizzate per la raccolta dei dati, alla quale sono seguite le operazioni di costruzione della base dati di portate estreme giornaliere e di aggiornamento della base dati pluviometrica dei valori massimi giornalieri annui.

1.1. Costruzione della base dati di portate estreme giornaliere

La presenza di una base dati consistente, corretta e aggiornata è fondamentale al fine di porre le basi per una adeguata ed accurata analisi, di qualsiasi tipologia si tratti. Trattando in questo caso dati di portata si rende fondamentale la considerazione di tutti i dati disponibili, in quanto possibili indicatori di eventi estremi avvenuti in passato. In questa sede si tratteranno dati relativi alle regioni Piemonte e Valle d'Aosta, ma le considerazioni fatte valgono per qualsiasi altra località, premettendo una differente fonte del dato rispetto a quelle citate in seguito.

La tipologia di dati in questione fa riferimento alle portate estreme giornaliere annue: la motivazione della scelta di tale dato risiede nella sua maggiore disponibilità, che contribuisce ad avere un campione con numerosità più elevata rispetto al dato di portata al colmo.

La costruzione della base dati di portate estreme giornaliere annue si fonda su cinque tipologie di pubblicazioni differenti, ma interconnesse:

- Annali Idrologici – *SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)*
- Pubblicazione 17 – *SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)*
- Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po – *Arpa Piemonte*
- Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani – *CINID (Consorzio Interuniversitario di Idrologia)*
- Banca dati idrologica – *Arpa Piemonte*

Avendo a disposizione i dati più recenti pubblicati nel *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani (Claps P., D. Ganora, A. Apostolo, I. Brignolo, I. Monforte, 2020*) si è scelto di utilizzare tale base dati come punto di partenza per la costruzione del database di portate estreme giornaliere annue: dopodiché si è effettuato un confronto accurato di tali dati con quelli provenienti dal *Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po (Arpa Piemonte)*.

Per quanto riguarda le osservazioni più datate, la verifica e il completamento del database è stata svolta facendo riferimento ai documenti ufficiali degli anni considerati: *Annali idrologici* e *Pubblicazione 17*.

L'aggiornamento della base dati riguardante le osservazioni moderne non presenti nei documenti citati precedentemente è stato effettuato utilizzando le osservazioni pubblicate da Arpa Piemonte nella *banca dati idrologica*, fruibile gratuitamente online.

In seguito si riporta, a titolo di esempio, la struttura dei dati per ciascuna delle fonti sopra elencate, a cui segue la descrizione della procedura adottata per la verifica e l'aggiornamento della base dati esistente.

1.1.1 Struttura dei dati consultati

In questa sezione vengono illustrate le strutture dei dati consultati, distinte in funzione della fonte.

L'illustrazione verrà svolta in ordine cronologico di pubblicazione, coincidente con quanto elencato precedentemente.

Annali Idrologici

Gli *Annali Idrologici* sono stati pubblicati annualmente fino al 1991 dal *SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)*.

A partire dal 1921 gli Annali Idrologici furono divisi in due fascicoli separati:

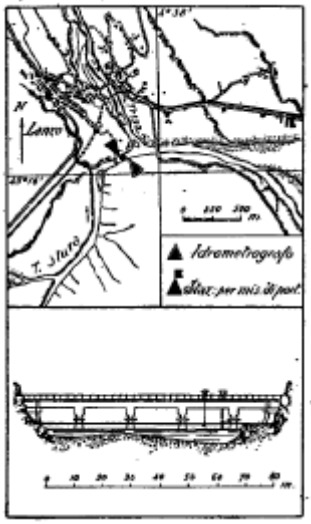
- Parte I (*Osservazioni*), contenente osservazioni termometriche, pluviometriche, idrometriche e freatimetriche eseguite nelle singole stazioni di misura
- Parte II (*Elaborazioni e Studi*), contenente una serie di elaborazioni delle osservazioni contenute in Parte I, tra cui:
  - Valori riassuntivi delle temperature (massime e minime giornaliere, medie mensili)
  - Valori riassuntivi delle precipitazioni (massimi orari e giornalieri, aggregati mensili e annui)
  - Carta delle piogge e corrispondenti valori di afflusso meteorico
  - Informazioni su precipitazioni di carattere nevoso
  - Misure di portata, bilanci idrologici annuali e curva di durata delle portate
  - Considerazioni su caratteri idrologici dell'annata

A partire dal 1951 la struttura dei dati pubblicati cambiò, assumendo la nuova forma:

- Parte I, contenente dati ed elaborazioni di termometria (*Sezione A*) e di pluviometria (*Sezione B*)
- Parte II, contenente dati ed elaborazioni riguardanti gli afflussi meteorici (*Sezione A*), l'idrometria (*Sezione B*), le portate e i bilanci idrologici (*Sezione C*), la freatimetria (*Sezione D*), il trasporto solido (*Sezione E*), indagini e studi idrologici riguardanti eventi significativi (*Sezione F*)

Focalizzando l'attenzione sui dati idrometrici si nota come questi fossero pubblicati attraverso le *schede stazione*, andando quindi a dedicare una pagina per ogni stazione idrometrica presente.

Negli Annali idrologici precedenti il 1951 si nota come tali schede siano provviste della localizzazione della stazione in planimetria e della sezione del corso d'acqua in esame nel punto di stazione, caratteristica mancante negli Annali Idrologici successivi al 1951. In Figura 1.1 e Figura 1.2 si riporta, a titolo di esempio, uno stralcio della scheda stazione riguardante il bacino idrografico *Stura di Lanzo a Lanzo*, per cui è possibile notare la differenza formale e tematica di rappresentazione.



Caratteristiche della stazione:

a) Bacino di dominio *Kmq.* 582,0 fra cui *Kmq.* 13,1 (2,25 %) di aree glaciali
Altitudine massima del bacino *m.* 3333 sul *m. m.* (Uja Bessanese).
Altitudine media del bacino *m.* 1751 sul *m. m.*
Distanza dalla foce in Po *Km.* 30.
Sezione di misura con alveo ghiaioso abbastanza stabile.

b) Idrometrografo di stazione e di riferimento: pila destra del Ponte Acquedotto di Lanzo Torinese, a valle.
Quota dello zero idrometrico *m.* 446,86 sul *m. m.*
Inizio delle osservazioni: nov. 1927.
Altezza massima *m.* 3,10 (10-IX-1948).
» minima » – 0,14 (27-I-1946).

c) Portate:
Massima *mc/sec.* 772 (28-IX-1938).
Minima » 2,700 (8-II-1931).
Media (1930-1940) *mc/sec.* 22,500.
Inizio delle misure: novembre 1929.

PRECIPITAZIONI in *mm.*	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Anno
dell'anno 1940 . .	5	21	70	132	307	259	114	64	53	285	80	38	1384
normali (1930-1939)	59	56	90	148	208	137	75	102	172	103	186	78	1364
scost. dalle normali	— 54	— 35	— 20	— 16	+ 99	+ 122	+ 39	— 38	— 119	+ 182	— 106	— 40	+ 20

	Anno 1940	Anno normale
Precipitazioni del semestre estivo (aprile-settembre) *mm.*	929	842
Frazione della precipitazione annuale	67,1 %	61,7 %

PORTATE MEDIE	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Anno
dell'anno 1940 . .	6.23	5.13	10.11	15.44	49.25	54.65	41.06	17.86	8.59	32.39	11.95	7.48	21.74
normali (1930-1939)	7.53	6.77	11.47	28.28	45.71	59.39	31.54	20.68	25.78	19.01	17.77	11.14	22.57
scost. dalle normali	— 1.30	— 1.64	— 1.36	— 7.84	+ 3.54	+ 4.06	+ 9.54	— 2.32	— 17.14	+ 13.28	— 5.82	— 3.66	— 0.83

Portata massima assoluta (11 ottobre ore 8) *mc/sec.* 522,00 = *l/sec. Kmq.* 896,9
» minima » (4 febbraio » —) » 3,680 = » 6,3

COEFFIC. DI DEFLUSSO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Anno
anno 1940 . .	5.80	1.05	0.66	0.52	0.74	0.94	1.66	1.28	0.72	0.52	1.47	0.89	0.85
medio (1) .	0.59	0.51	0.58	0.70	1.01	1.64	1.93	0.91	0.67	0.85	0.58	0.66	0.90

Tabella riassuntiva del regime e relativo bilancio (Anno 1940)

MESI	Altezza idrometrica meridiana m.			Portata mc/sec.			Contributo l/sec. Kmq.			Deflusso		Coefficiente di deflusso
	media	massima	minima	media	massima	minima	medio	massimo	minimo	milioni mc.	mm.	
Dicembre 1939	0.39	0.50	0.34	6.260	13.950	4.100	10.8	24.0	7.0	16.77	29	0.48
Gennaio 1940	0.38	0.48	0.31	6.230	13.620	3.830	10.7	23.4	6.6	16.69	29	5.80
Febbraio »	0.36	0.40	0.30	*5.130*	7.450	*3.680*	*8.8*	12.8	*6.3*	12.85	22	1.05
Marzo »	0.42	0.77	0.33	10.110	60.000	4.280	17.4	103.1	7.4	27.08	46	0.66
Aprile »	0.48	0.77	0.38	15.440	60.000	5.730	26.5	103.1	9.8	40.02	69	0.52
Maggio »	0.72	1.16	0.58	49.250	172.200	25.540	84.6	295.9	43.9	131.91	227	0.74
Giugno »	**0.74**	**1.50**	0.63	**54.450**	**291.000**	32.740	**93.6**	**500.0**	56.3	141.13	243	0.94
Luglio »	0.67	1.00	0.55	41.080	119.400	26.660	70.6	205.2	45.8	110.03	189	1.66
Agosto »	0.43	0.58	0.32	17.860	30.450	9.900	30.7	52.3	17.0	47.84	82	1.28
Settembre »	0.29	0.36	*0.22*	8.590	12.240	5.200	14.8	21.0	8.9	22.27	38	0.72
Ottobre »	0.54	1.16	0.30	32.290	201.900	8.820	55.5	346.9	15.2	86.49	149	0.52
Novembre »	0.35	0.42	0.30	11.950	16.380	8.820	20.5	28.1	15.2	30.97	53	1.47
Dicembre »	*0.27*	0.30	0.24	7.480	8.820	6.000	12.9	15.2	10.3	20.08	34	0.89
Inverno	0.38	0.50	0.30	5.870	13.950	3.680	10.1	24.0	6.3	46.31	80	0.93
Primavera	0.54	1.16	0.33	24.980	172.200	4.280	42.8	295.9	7.4	199.01	342	0.67
Estate	0.61	1.50	0.32	37.800	291.000	9.900	64.9	500.0	17.0	299.00	514	1.18
Autunno	0.39	1.16	0.22	17.610	201.900	5.200	30.3	346.9	8.9	139.73	240	0.64

Elementi caratteristici per l'anno solare			
Altezza idrometrica media	*m.* 0,47		
Portata media (modulo)	*mc/sec.* 21,740	(*l/sec.Kmq.* 37,4)	
» con durata di giorni 10	» 83,100	(» 142,8)	
» » » 91	» 32,740	(» 56,3)	
» » » 182	» 12,240	(» 21,0)	
» » » 274	» 6,860	(» 11,8)	
» » » 355	» 4,280	(» 7,4)	

Deflusso	*milioni mc.*	687,31
Altezza di deflusso	*mm.*	1181
» » afflusso meteorico	»	1384
Perdita apparente	»	203
Coefficiente di deflusso		0,85

Figura 1.1 – Stralcio scheda stazione Stura di Lanzo a Lanzo (1940) – Annali Idrologici – Fonte: ISPRA

23. — STURA DI LANZO a LANZO (Mr)

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio km^2 582.0 (permeabile per il 18%) di cui km^2 7,83 di aree glaciali. Serbatoi artificiali capac. max utile m^3 9.39×10^6. Altitudini: max 3632 *m* s. m. (Uja Bessanese); media 1751 *m* s. m. Distanza dalla confluenza con il Po *km* 30. Inizio osservazioni nov. 1927; inizio misure nov. 1929. Quota zero idrometrico 446.86 *m* s. m. Altezze idrometriche: max *m* 4.20 (26 set. 1947); minima *m* -0.14 (27 gen. 1935). Portate: max m^3/s 1600 circa (26 set. 1947); minima m^3/s 2.70 (8 feb. 1931); media m^3/s 20.6 (1930÷1943 e 1946÷1965).

PORTATE MEDIE GIORNALIERE in m^3/s

GIORNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	**5.89**	**5.28**	3.64	6.20	5.89	15.80	21.50	8.68	31.70	**60.00**	12.70	**8.20**
2	5.58	4.98	3.64	5.89	5.89	*12.00*	19.50	*7.76*	**207.00**	54.40	12.70	**8.20**
3	5.28	4.68	*3.50*	5.58	5.89	17.60	16.70	8.20	88.00	49.40	12.70	7.76
4	5.28	4.42	*3.50*	7.76	5.58	15.80	14.20	8.20	54.40	46.20	12.70	7.76
5	5.28	4.68	*3.50*	9.70	6.20	14.20	13.40	*7.76*	63.90	41.80	13.40	7.76
6	4.68	4.98	*3.50*	**10.80**	5.58	13.40	13.40	8.20	49.40	37.60	13.40	**8.20**
7	4.68	4.42	*3.50*	**10.80**	*5.28*	44.70	13.40	9.18	37.60	35.20	11.40	**8.20**
8	4.68	4.20	*3.50*	9.18	5.89	**47.70**	12.70	8.68	35.20	33.80	11.40	**8.20**
9	4.42	4.20	*3.50*	8.20	6.56	31.30	12.70	9.70	35.20	30.10	11.40	7.76
10	*4.20*	4.42	*3.50*	8.20	7.76	24.60	10.80	**12.00**	37.60	27.80	**16.70**	7.76
11	4.42	4.20	3.64	7.76	8.20	22.60	*9.18*	9.70	32.50	25.60	14.20	7.34
12	4.42	4.42	3.64	6.94	7.76	**19.50**	*9.18*	9.18	25.60	23.70	12.70	7.34
13	4.42	4.68	3.82	6.56	8.20	17.60	*9.18*	9.18	23.70	21.50	12.00	7.76
14	4.42	4.20	4.00	6.56	8.68	18.60	*9.18*	**26.70**	23.70	19.50	10.80	7.76
15	*4.20*	4.00	4.00	**6.56**	9.18	16.70	9.70	17.60	22.60	19.50	11.40	7.76
16	*4.20*	3.82	4.00	6.20	10.20	18.60	15.80	18.50	21.50	17.60	10.80	7.34
17	*4.20*	3.82	4.20	**6.20**	11.40	21.50	15.00	13.40	21.50	23.70	12.00	7.34
18	*4.20*	3.64	4.42	6.20	17.60	20.50	10.20	13.40	19.50	25.60	11.40	7.34
19	*4.20*	3.64	6.56	6.20	**41.80**	18.60	**19.50**	**27.80**	12.00	*18.60*	23.70	*6.94*
20	*4.20*	3.82	6.20	6.20	19.50	21.50	25.60	12.00	*18.60*	21.50	21.50	7.34
21	*4.20*	*3.50*	4.98	6.20	17.60	21.50	18.60	**10.80**	*18.60*	21.50	**11.40**	7.34
22	*4.20*	*3.50*	4.98	6.20	12.70	21.50	18.60	**208.00**	*18.60*	20.50	12.70	*6.94*
23	*4.20*	*3.50*	**12.00**	6.20	10.20	18.60	17.60	68.80	*18.60*	18.60	9.18	*6.94*
24	*4.20*	*3.50*	8.68	5.89	11.40	18.60	13.40	**37.60**	*18.60*	18.60	8.68	*6.94*
25	*4.20*	*3.50*	6.20	5.28	10.80	20.50	13.40	27.80	*18.60*	15.80	8.68	7.34
26	4.42	*3.50*	5.89	5.28	12.70	21.50	15.00	**22.60**	185.00	15.00	9.18	*6.94*
27	4.42	*3.50*	5.89	6.20	12.70	20.50	12.00	**19.50**	100.00	14.20	9.18	7.76
28	4.42	*3.50*	5.89	5.89	13.40	21.50	12.00	17.60	81.50	14.20	*8.20*	7.34
29	4.42		5.89	5.89	10.80	19.50	11.40	15.80	73.10	14.20	*8.20*	*6.94*
30	4.42		5.89	*4.98*	9.70	18.60	10.80	13.40	66.10	*13.40*	*8.20*	*6.94*
31	4.42		6.56		18.60		10.20	**12.00**		*13.40*		*6.94*

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 1965

	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicemb.
Q max (m^3/s)	208.0	5.89	5.28	12.00	10.80	41.80	47.70	27.80	**208.00**	207.00	60.00	16.70	8.20
Q media (m^3/s)	15.20	4.53	*4.09*	4.92	6.21	11.10	21.10	14.30	22.10	**49.20**	26.40	11.30	7.49
Q minima (m^3/s)	3.50	4.20	*3.50*	*3.50*	4.98	5.28	**12.00**	9.18	7.76	18.6	13.4	8.20	6.94
Q med. ($l/s.\ km^2$)	26.1	7.8	*7.0*	8.4	10.7	19.1	36.3	24.6	38.0	**84.5**	45.4	19.4	12.9
Deflusso (*mm*)	824.2	20.9	*17.0*	22.7	27.7	51.0	93.8	63.8	101.7	**219.3**	121.4	50.4	34.5
Afflus. meteor. (*mm*)	1079.0	31.0	*3.5*	50.6	33.5	97.8	95.4	113.8	160.4	**309.3**	65.6	75.2	42.9
Coeffic. di deflusso	0.76	0.67	4.86	0.45	0.83	0.52	0.98	0.56	0.63	0.71	1.85	0.67	**0.80**

Figura 1.2 – Stralcio scheda stazione Stura di Lanzo a Lanzo (1965) – Annali Idrologici – Fonte: ISPRA

Pubblicazione 17

La *Pubblicazione 17* è un documento fondamentale per quanto riguarda i dati storici, in quanto racchiude al suo interno, per ogni stazione idrometrica presente nella finestra di tempo considerata, le seguenti informazioni:

- Parte II – *Sezione C – Portate e Bilanci Idrologici*
- Caratteristiche fisiografiche di bacino
- Portate medie mensili
- Bilancio idrologico (afflusso meteorico, deflusso, perdita apparente, coefficiente di deflusso)
- Curva media di durata delle portate
- Portata massima giornaliera annua
- Portata massima al colmo annua
- Valori riassuntivi

È doveroso segnalare la presenza del dato di portata massima al colmo annua, non presente in qualsiasi altro documento per gli anni considerati.

In totale le Pubblicazioni 17 risultano essere 5, relative a differenti periodi:

- Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1934
- Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1939
- Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1950
- Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1963
- Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1980

In Figura 1.3 si riporta un estratto della *Pubblicazione 17 – Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1950*.

STURA DI LANZO a Lanzo.

Bacino *kmq* 582,0 [permeab. 18%; aree glaciali 2,25%]; serbatoi artif. (cap. utile $9,57 \times 10^6$ *mc*) - Altit. max 3832 *m* s. m.; med. 1751 *m* s. m.; zero idrom. 446,86 *m* s. m.; distanza dalla foce in Po *km* 30 circa - Inizio osserv. *I* (1927); *Ir* (1930); con lacune 1° gennaio 1944 al 31 dicembre 1945; inizio misure novembre 1929 - Alt. idr. max 4.20 (26 settembre 1947); min. -0,14 (27 gennaio 1935) - Portata: max 1600 (26 settembre 1947); min. 2,70 (1) (8 febbraio 1931).

(1) Trattasi di portata minima *assoluta istantanea* verificatasi alle ore 4 dell'8 febbraio 1931. La minima portata media giornaliera è invece 2,80.

ANNI	Portate annue		PORTATE MENSILI (*mc/sec*)											
	l/sec·kmq	*mc/sec*	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
1930-1935	36,9	21,5	6,69	6,34	10,20	22,80	46,1	45,0	30,6	19,2	23,60	16.50	18,30	12,10
1936	50,3	29,3	14,60	10,30	27,30	37,90	66,5	69,7	48,1	19,8	26,30	12,80	7,67	9,60
1937	47,8	27,8	5,95	6,99	10,10	25,90	58,0	63,6	31,7	20,9	24,50	40,70	35,10	9,90
1938	36,1	21,0	6,71	5,87	9,54	9,57	18,6	52,4	25,5	20,0	48,10	26,40	16,10	13,00
1939	32,1	18,7	7,96	6,50	6,44	22,70	37,3	48,1	26,8	24,7	16,80	11,40	9,12	6,26
1940	37,3	21,7	6,23	5,13	10,10	15,40	49,3	54,5	41,1	17,9	8,59	32,30	12,00	7,48
1941	44,2	25,7	5,94	6,68	13,50	32,00	35,3	64,4	43,3	17,6	14,50	41,70	24,60	8,49
1942	29,2	17,0	6,11	5,99	12,20	19,50	32,2	29,8	18,3	13,1	14,70	23,70	20,80	7,25
1943	25,8	15,0	6,32	7,39	7,38	14,10	27,8	15,5	11,4	13,9	17,60	27,20	16,80	13,60
1944	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1945	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1946	45,4	26,4	6,95	8,76	25,80	43,80	62,5	58,5	47,2	24,7	17,40	8,13	6,35	5,14
1947	36,4	21,2	4,12	3,77	8,37	18,90	55,1	29,0	19,1	15,8	48,60	24,20	16,60	10,20
1948	39,7	23,1	7,97	8,42	9,13	34,30	69,7	41,0	17,1	15,3	47,40	12,50	9,08	5,89
1949	32,8	19,1	5,31	5,27	4,50	7,81	80,4	50,7	18,8	11,8	17,70	11,30	8,09	6,14
1950	18,4	10,7	5,04	4,21	6,43	11,80	27,3	23,3	12,3	11,3	10,50	6,10	5,30	4,76
1936-1950	36,6	21,3	6,86	6,56	11,60	22,60	47,7	46,2	27,7	17,4	24,00	21,40	14,40	8,29

ANNI	BILANCIO IDROLOGICO				PORTATE (*mc/sec*)									
	Afflusso meteor. mm	Deflusso mm	Perdita appar. mm	Coeff. di deflusso	corrispondenti alle durate di giorni					Minima	Massima			
					10	91	182	274	355		giornaliera *mc/sec*	giornaliera *l/sec kmq*	al colmo *mc/sec*	al colmo *l/sec·kmq*
1930-1935	1306	1166	140	0,89	80,0	24,5	14,20	8,40	4,84	3,10	372,0	639	772	1327
1936	1553	1589	-36	1,02	84,3	46,6	18,00	10,10	7,00	6,58	124,0	213	179	308
1937	1769	1508	261	0,85	91,8	34,1	20,70	9,30	5,80	5,40	196,0	337	341	586
1938	1359	1138	221	0,84	64,3	24,9	15,30	8,90	5,28	4,20	170,0	292	370	636
1939	1123	1014	109	0,90	58,0	27,9	11,80	7,35	4,90	3,30	83,3	143	111	191
1940	1384	1181	203	0,85	83,1	32,7	12,20	6,86	4,28	3,68	291,0	500	522	897
1941	1619	1394	225	0,86	96,4	34,7	17,00	8,75	4,20	3,40	192,0	330	325	558
1942	1096	922	174	0,84	47,6	22,2	12,50	7,78	5,00	4,65	176,0	302	366	629
1943	1121	811	310	0,82	42,7	18,7	12,00	8,06	5,30	4,50	57,2	98	229	393
1944	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1945	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1946	1376	1428	-52	1,04	74,0	42,6	17,90	7,20	4,80	4,00	140,0	241	350	601
1947	1593	1149	444	0,72	68,8	23,3	15,40	8,80	3,30	3,00	696,0	1200	1600	2750
1948	1438	1256	182	0,87	100,0	24,8	12,30	8,40	5,57	4,80	220,0	378	220	378
1949	1363	1034	329	0,76	100,0	17,2	8,74	5,30	4,40	3,70	357,0	613	696	1200
1950	923	581	342	0,63	36,0	11,8	7,50	5,18	3,46	2,80	56,0	96	120	206
1936-1950	1363	1154	209	0,85	76,7	26,4	13,40	7,45	4,35	2,80	696,0	1200	1600	2750
1930-1950	1345	1158	187	0,86	77,5	25,6	13,70	7,76	4,40	2,80	696,0	1200	1600	2750

ELEMENTI CARATTERISTICI	VALORI RIASSUNTIVI PER IL PERIODO 1930-43 E 1946-50												
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
Q max (*mc/sec*)	696,00	25,30	16,60	103,00	288,00	357,00	291,00	169,00	88,50	696,00	202,00	111,00	94,50
Q med. (*mc/sec*)	**21,40**	**6,81**	**6,49**	**11,20**	**22,70**	**47,20**	**45,80**	**28,60**	**18,00**	**23,90**	**19,90**	**15,60**	**9,49**
Q min. (*mc/sec*)	2,80	2,80	3,00	3,30	4,00	5,83	11,20	6,40	7,00	5,20	4,32	3,89	2,80
q (*l/sec kmq*)	36,80	11,70	11,20	19,20	39,00	81,10	78,70	49,10	30,90	41,10	34,20	26,80	16,30
Deflusso (mm)	1158	31	27	51	101	217	204	132	83	107	91	70	44
Afflus. meteor. (mm)	1345	55	44	96	149	241	125	76	92	167	124	111	65
Perdite app. (mm)	187	24	17	45	48	24	-79	-56	9	60	33	41	21

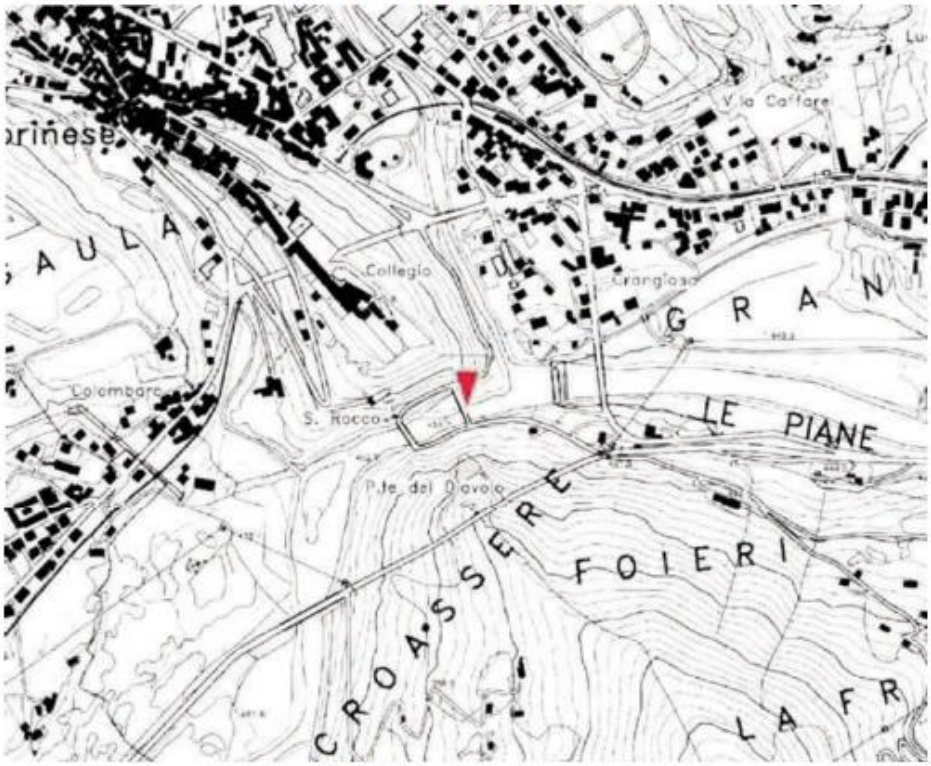
Figura 1.3 – Estratto della scheda stazione Stura di Lanzo a Lanzo della Pubblicazione 17 – Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani 1950 – Fonte: Idrologia Polito

Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po

Il *Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po*, pubblicato nel 2012 da ARPA Piemonte in collaborazione con il Politecnico di Torino, è un catalogo volto alla raccolta di tutti i dati idrometrici disponibili e ricostruiti nel territorio che ricade all'interno del bacino occidentale del fiume Po: tale territorio coinvolge interamente Piemonte e Valle d'Aosta. I dati presenti fanno riferimento ai dati pubblicati negli *Annali Idrologici*, nelle *Pubblicazioni 17*, dalle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (*ARPA*), dai *gestori delle dighe* o da *ricostruzioni di eventi di piena eseguite mediante scala di deflusso*.

Per la pubblicazione dei dati è stata delineata una struttura di base che consentisse una rappresentazione similare per ogni scheda stazione: tale struttura è composta essenzialmente da un inquadramento territoriale con geolocalizzazione dell'idrometro in questione, da una tabella riepilogativa delle principali caratteristiche del bacino al quale lo strumento fa riferimento e da una tabella dei dati massimi annui di portata misurati (al colmo e giornaliera, riportando talvolta in sostituzione il dato orario o registrato nelle 24*h*). In Figura 1.4 viene riportata, a titolo di esempio, la scheda stazione del bacino idrografico *Stura di Lanzo a Lanzo*.

Stura di Lanzo a Lanzo



Coord.Geografiche (WGS84)	Lon. 7° 28' 58.13" Lat. 45° 16' 6"	Bacino Principale	Stura di Lanzo
Coord. Cartografiche UTM 32N (WGS84) [m]	E 380982 N 5013879	Quota dello zero idrometrico [m s.l.m.]	446.86 (SIMN); 452.2 (Arpa)
Area bacino [km^2]	578,3	Data inizio osservazioni	1927 (I) e 1930 (Ir), con lacune dal 1944 a tutto il 1945.
Aree lacuali [%]	0,18	Data inizio misure	11/1929
Lunghezza asta principale [km]	41,1	Data disattivazione	Attiva
Aree a quota > 2500 m [%]	16,6	Min. altezza idrometrica [m]	-0,14 (19/12/2009)
Aree a quota > 2000 m [%]	38,2	Max. altezza idrometrica [m]	4.37* (15/10/2000)
Aree a quota > 1500 m [%]	62,1	Portata minima [m^3/sec]	2,418 (24/01/2006)
Aree a quota > 1000 m [%]	85,8	Portata massima [m^3/sec]	1600** (1947)
Quota massima bacino [m s.l.m.]	3618,0	Area sottobacini sottesi da invasi artificiali [%]	5,1
Quota media bacino [m s.l.m.]	1780,0	Capacità utile invasi artificiali [10^6 m^3]	9,9

***Osservazioni**: Ex stazione SIMN attualmente gestita da Arpa Piemonte. La stazione attuale coincide con la storica. Osservazioni Arpa dal 12/07/1990.*

** Dato riferito al periodo di monitoraggio Arpa. Durante la gestione SIMN: max. altezza idrometrica 4.2 m. ** Durante il periodo di monitoraggio Arpa: portata massima 1200 m3/s il 15/10/2000.*

Stura di Lanzo a Lanzo

Anno	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]	Anno	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]	Anno	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]
1921	-	-	**1951**	560.0	239.0	**1981**	570.1 (1)	441.0
2	-	-	**2**	147.0	120.0	**2**	-	-
3	-	-	**3**	554.0	300.0	**3**	-	-
4	-	-	**4**	185.0	113.0	**4**	-	-
1925	-	-	**1955**	190.0	81.0	**1985**	-	-
6	-	-	**6**	568.0	304.0	**6**	-	-
7	-	-	**7**	870.0(6)	491.0	**7**	-	-
8	-	-	**8**	183.0	108.0	**8**	-	-
9	628.0 (5)	-	**9**	320.0	129.0	**9**	-	-
1930	618.0	288.0	**1960**	515.0	285.0	**1990**	-	-
1	201.0	152.0	**1**	410.0	160.0	**1**	-	-
2	647.0	304.0	**2**	1370.0	586.0	**2**	-	-
3	772.0	372.0	**3**	286.0	124.0	**3**	1200	-
4	450.0	202.1	**4**	490.0	376.0	**4**	830	-
1935	209.7	88.5	**1965**	570.0	208.0	**1995**	-	-
6	179.0	121.0 (4)	**6**	432.0	290.0	**6**	-	-
7	341.0	196.5	**7**	286.0	68.4	**7**	310	-
8	370.0	170.4	**8**	510.0 (3)	325.0	**8**	210	-
9	111.0	83.3	**9**	350.0	235.0	**9**	530	-
1940	522.0	291.0	**1970**	350.0	196.0	**2000**	1200 (2)	-
1	325.0	192.2	**1**	360 (1)	128.0	**1**	360	-
2	366.0	176.0	**2**	446 (1)	194.0	**2**	380	248.1
3	229.0	57.2	**3**	549 (1)	221.0	**3**	160	88.3
4	-	-	**4**	166(1)	102.0	**4**	220	126.7
1945	-	-	**1975**	-	114.0	**2005**	560	225.4
6	350.0	140.0	**6**	574.4 (1)	321.0	**6**	1045	475.4
7	1600.0(6)	696.0	**7**	968.9(1)	467.0	**7**	255	85.2
8	220.0	220.0	**8**	-	146.0	**8**	620	402.9
9	696.0	357.0	**9**	-	170.0	**9**	240	111.7
1950	120.0	56.0	**1980**	160.5 (1)	69.7	**2010**	815	474.5

Note:
(1) Valore ricostruito mediante scala di deflusso di piena.
(2) Sostituisce il dato precedentemente pubblicato nei Rapporti d'Evento di Arpa Piemonte.
(3) Dato Sezione F del 1968.
(4) Sull'Annale è riportato un valore di portata massima giornaliera pari a 124.1 m^3/s.
(5) Record breaking Annale del 1930.
(6) Dato Sezione F.

Figura 1.4 – Estratto della scheda stazione Stura di Lanzo a Lanzo del Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po – Fonte: ARPA Piemonte

Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani

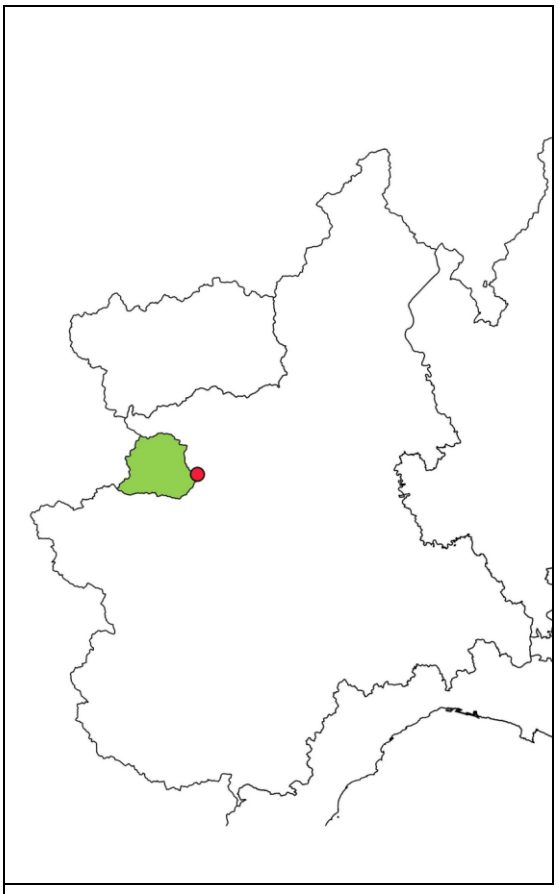
Il "*catalogo, in tre volumi riporta il primo quadro conoscitivo completo di quanto raccolto dai servizi idrografici italiani, nazionali e regionali, a partire dagli anni '20, in riferimento alle portate di piena massime e annuali. Fino agli anni '70 i dati riflettono, in gran parte, quanto riportato nelle pubblicazioni n.17 del Servizio Idrografico Italiano (poi Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale). Negli anni successivi, fino al 2015, i dati sono stati raccolti dai servizi regionali e da enti gestori di dighe, in parte ripubblicati dopo revisione con la collaborazione delle Università. Sono state complessivamente censiti i dati di 632 stazioni di misura.*

I tre volumi sono suddivisi secondo gruppi di Distretti Idrografici, mentre le pagine iniziali e le appendici sono comuni. Ogni volume propone una struttura comune, costituita da elenchi riepilogativi delle stazioni e schede singole relative ad ognuna di esse. In ogni scheda sono presenti due tabelle: una relativa ai caratteri fisico-climatici del bacino sotteso dalla stazione di misura ed una riportante i dati dei valori massimi annui delle portate massime annue al colmo e giornaliere.

Nel Volume I sono riportate le schede stazione ricomprese nel Distretto Idrografico Padano (Compartimenti SIMN di Parma e Bologna)" (Fonte: *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani, 2020)*.

Un esempio di scheda stazione (*Stura di Lanzo a Lanzo*) è riportata in Figura 1.5, dalla cui osservazione si può evidenziare una somiglianza nella struttura tabellare dei dati con il *Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po*, mentre si evidenzia un aggiornamento nella rappresentazione della geolocalizzazione della stazione e nei dati caratteristici del bacino in esame.

Caratteristiche bacino idrografico	
Bacino Principale	Dora Riparia (Po)
Corso d'acqua:	Stura di Lanzo
Codice originale	PO22 SLALA
Fonte	CUBIST CPP
Coordinate	
Longitudine [° WGS 84]	7.482
Latitudine [° WGS 84]	45.269
Est [m WGS 84 utm 32]	380982
Nord [m WGS 84 utm 32]	5013879
Caratteristiche principali	
Area bacino [km^2]	578.31
Quota media [m s.l.m.]	1780
Quota max [m s.l.m.]	3618
Quota min [m s.l.m.]	455
LDP [km]	41.100
Lunghezza asta principale [km]	39.970
Serbatoi [-]	SI
Afflusso medio annuo [mm]	1183
Deflusso medio annuo [mm]	1090
Curva ipsografica	
2.5 % [m]	3110
5 % [m]	2914
10 % [m]	2701
25 % [m]	2281
50 % [m]	1755
75 % [m]	1234
90 % [m]	895
95 % [m]	756
97.5 % [m]	665
Portate	
Media portata colmo [m^3/s]	481.7
Media portata giornaliera [m^3/s]	225.4
Coeff. Udometrico medio (colmo) [m^3/s/ km^2]	0.833

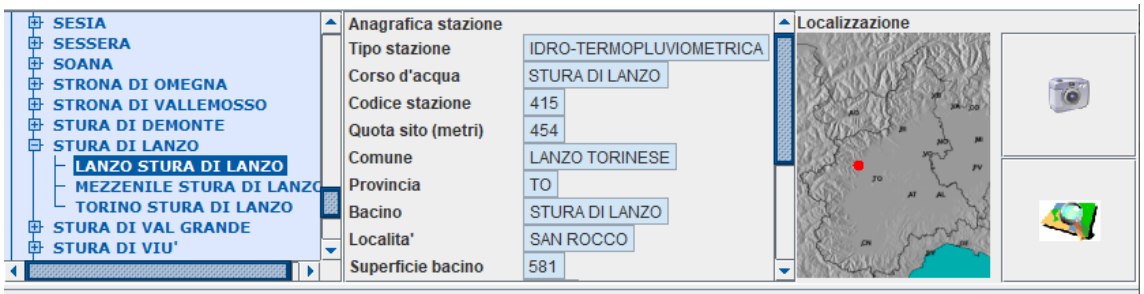


Anno [-]	**Q_{colmo}** [m^3/s]	**Q_{giorn}** [m^3/s]	**Anno** [-]	**Q_{colmo}** [m^3/s]	**Q_{giorn}** [m^3/s]	**Anno** [-]	**Q_{colmo}** [m^3/s]	**Q_{giorn}** [m^3/s]
1911			*1946*	**350.0**	140.0	*1981*	**570.1** (1)	
2			*7*	**1600.0**	696.0	*2*		
3			*8*	**220.0**	220.0	*3*		
4			*9*	**696.0**	357.0	*4*		
1915			*1950*	**120.0**	56.0	*1985*		
6			*1*	**560.0**	239.0	*6*		
7			*2*	**147.0**	120.0	*7*		
8			*3*	**554.0**	300.0	*8*		
9			*4*	**185.0**	113.0	*9*		
1920			*1955*	**190.0**	81.0	*1990*		
1			*6*	**568.0**	304.0	*1*		
2			*7*	**870.0**	491.0	*2*		
3			*8*	**183.0**	108.0	*3*	**1200.0** (1)	
4			*9*	**320.0**	129.0	*4*	**830.0** (1)	
1925			*1960*	**515.0**	285.0	*1995*		
6			*1*	**410.0**	160.0	*6*		
7			*2*	**1370.0**	586.0	*7*	**310.0** (1)	
8			*3*	**286.0**	124.0	*8*	**210.0** (1)	
9	**628.0**		*4*	**490.0**	376.0	*9*	**530.0** (1)	
1930	**618.0**	288.0	*1965*	**570.0**	208.0	*2000*	**1200.0** (1)	
1	**201.0**	152.0	*6*	**432.0**	290.0	*1*	**360.0** (1)	
2	**647.0**	304.0	*7*	**286.0**	68.4	*2*	**380.0** (1)	248.1 (1)
3	**772.0**	372.0	*8*	**509.0**	325.0	*3*	**160.0** (1)	88.3 (1)
4	**450.0**	202.0	*9*	**350.0**	235.0	*4*	**220.0** (1)	126.7 (1)
1935	**209.7**	88.5	*1970*	**350.0**	196.0	*2005*	**560.0** (1)	225.4 (1)
6	**179.0**	121.0	*1*	**360.0** (1)	128.0 (1)	*6*	**1045.0** (1)	475.4 (1)
7	**341.0**	196.0	*2*	**446.0** (1)	194.0 (1)	*7*	**255.0** (1)	85.2 (1)
8	**370.0**	170.0	*3*	**549.0** (1)	221.0 (1)	*8*	**620.0** (1)	402.9 (1)
9	**111.0**	83.3	*4*	**166.0** (1)	102.0 (1)	*9*	**240.0** (1)	111.7 (1)
1940	**522.0**	291.0	*1975*		114.0 (1)	*2010*	**815.0** (1)	474.5 (1)
1	**325.0**	192.0	*6*	**574.4** (1)	321.0 (1)	*1*	**855.0**	
2	**366.0**	176.0	*7*	**968.9** (1)	467.0 (1)	*2*	**135.0**	
3	**229.0**	57.2	*8*		146.0 (1)	*3*	**660.0**	
4			*9*		170.0 (1)	*4*	**255.0**	
1945			*1980*	**160.5** (1)	69.7 (1)	*2015*	**235.0**	
						2016	**840.0**	

*Figura 1.5 – Estratto della scheda stazione Stura di Lanzo a Lanzo del Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani – Fonte: Catalogo delle piene dei corsi d'acqua Italiani (*Claps P., D. Ganora, A. Apostolo, I. Brignolo, I. Monforte, 2020)

Banca dati Idrologica di ARPA Piemonte – Idroweb

L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) piemontese ha, tra gli altri, il compito di registrare, validare e successivamente pubblicare i dati idrometrici registrati dalle stazioni di loro proprietà installate sul territorio. I dati sono disponibili in formato digitale, gratuitamente fruibili mediante il portale "*Idroweb*", da cui è possibile visualizzare dati giornalieri, aggregati mensili e annui. Nella struttura della scheda stazione, della quale si osserva un esempio in Figura 1.6, si possono notare alcune caratteristiche della strumentazione utilizzata e del bacino in esame, al cui fianco vi sono informazioni grafiche di geolocalizzazione, consultabili mediante collegamento ipertestuale. In Figura 1.6 è riportata la finestra di valori aggregati mensili per la stazione *Stura di Lanzo a Lanzo* per l'anno 2021: il valore di portata massima giornaliera annua registrata è evidenziata in rosso.



Valori aggregati mensili

Giornalieri | Mensili | Durata | Scala

Parametro	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Valore annuo
Aff. Meteorico (mm)	91,70	28,70	49,30	114,00	145,00	32,40	940,00
Coeff. Deflusso	0,73	1,67	0,71	0,50	0,37	1,05	0,66
Deflusso (mm)	66,60	47,80	35,20	57,10	54,20	34,10	622,00
Qmedia (l/s Km2)	24,90	17,90	13,60	21,30	20,90	12,70	19,70
QMIN	12,50	7,85	7,15	7,02	6,40	6,58	4,94
QMED	14,50	10,40	7,89	12,40	12,10	7,39	11,40
QMAX	20,80	13,60	11,50	82,90	48,60	8,81	82,90

Figura 1.6 – Estratto della scheda stazione Stura di Lanzo a Lanzo della banca dati idrologica di ARPA Piemonte – Fonte: Idroweb ARPA Piemonte

1.1.2 Procedura di verifica e aggiornamento della base dati esistente

Avendo a disposizione un quadro conoscitivo della base dati esistente, delle fonti alle quali tale base si riferisce e delle fonti di pubblicazione di nuove osservazioni, è stata possibile l'ideazione di una procedura sistematica per la verifica e l'aggiornamento di tale base dati. Come citato precedentemente, si è fatto riferimento al *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani (Volume 1)*, essendo questa la pubblicazione più recente. La verifica della bontà dei dati sulle portate massime giornaliere si rende necessaria, al fine di evidenziare e correggere eventuali incongruenze palesatesi; al contrario, l'aggiornamento è fondamentale per incrementare la numerosità dei dati a disposizione, fondamentale in qualsiasi valutazione di tipo idrologico-idraulico.

La procedura di verifica del database esistente si basa sul confronto delle osservazioni di portata giornaliera massima annua dei dati provenienti da:

- Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani – *CINID (Consorzio Interuniversitario di Idrologia)*
- Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po – *Arpa Piemonte*
- Annali Idrologici – *SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)*
- Pubblicazioni 17 – *SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)*

Nel caso in cui, durante tale controllo, si verificasse un'incongruenza tra i dati provenienti dalle diverse pubblicazioni, si rende necessaria la modifica del dato errato. Essendo gli Annali Idrologi e la Pubblicazione 17 fonti ufficiali delle osservazioni storiche, si considerano corretti i dati provenienti da tali fonti (ad eccezione dei casi in cui vi è una specificazione allegata della difformità del dato).

La procedura di integrazione/aggiornamento della base dati esistente di portate giornaliere massime annue viene distinta in funzione del periodo di appartenenza del dato, a causa del differente ente di pubblicazione, come segue:

- Prima del 1991 ⟶ Annali Idrologici e Pubblicazioni 17
- Dopo il 1998 ⟶ Banca dati idrologica di ARPA Piemonte – Idroweb

Tale procedura viene intrapresa per tutti gli anni per i quali non sono presenti dati: qualora si riscontrasse la presenza di osservazioni pubblicate, è possibile integrare/aggiornare il database.

In Figura 1.7 è raffigurata schematicamente la procedura descritta, utilizzando un diagramma di flusso per chiarire i passi seguiti durante la verifica e l'aggiornamento della base dati esistente.

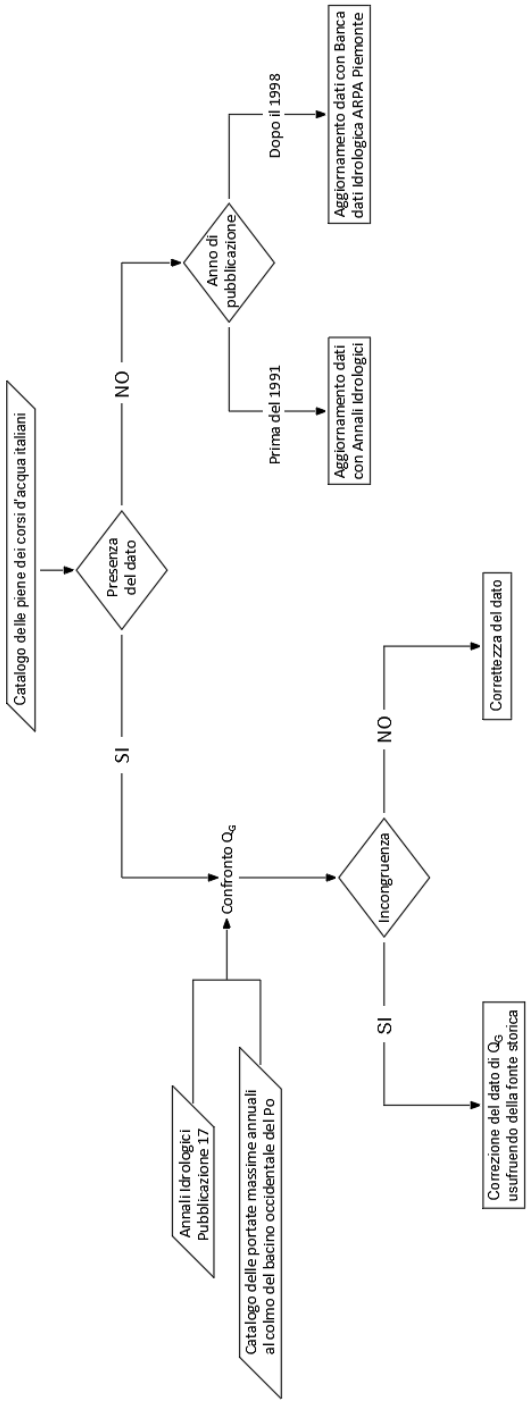


Figura 1.7 – Descrizione mediante diagramma di flusso della procedura utilizzata per la verifica e l'aggiornamento della base dati di portate giornaliere massime annue esistente

Nelle successive figure, Figura 1.8, Figura 1.9 e Figura 1.10 vengono riportate graficamente le situazioni sopra descritte di modifica, integrazione e aggiornamento del dato, evidenziando in rosso i dati su cui si vuole fissare l'attenzione: per ciascun esempio riportato sono raffigurati:

- Scheda stazione del *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani*
- Scheda stazione pubblicata dall'ente titolare delle informazioni, in funzione dell'anno in esame (*SIMN* in caso di *Annali Idrologici*, ARPA Piemonte in caso di *Banca dati idrologica – Idroweb*)
- Scheda stazione aggiornata del *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani*

Anno [-]	**Q_{colmo}** [m^3/s]	**Q_{giorn}** [m^3/s]
1935		440.0
6	**292.0**	292.0
7	**727.0**	727.0
8	**325.0**	217.0
9	**736.0**	327.0
1940	**876.0**	876.0
1	**418.0**	418.0
2		1090.0
3	**163.0**	163.0
4	**1660.0**	660.0
1945	**2010.0**	1710.0

MESI	Portata mc/sec.		
	media	massima	minima
Dicembre 1937	7.750	13.090	4.860
Gennaio 1938	5.450	9.280	4.120
Febbraio »	*4.660*	6.670	*3.820*
Marzo »	6.190	13.970	4.120
Aprile »	7.830	18.240	4.420
Maggio »	49.630	145.900	10.130
Giugno »	**63.670**	167.180	30.710
Luglio »	34.490	153.880	15.080
Agosto »	17.800	84.790	10.130
Settembre »	52.890	**246.980**	13.120
Ottobre »	30.420	140.580	7.340
Novembre »	15.230	88.100	5.520
Dicembre »	19.340	60.970	5.780

Anno [-]	**Q_{colmo}** [m^3/s]	**Q_{giorn}** [m^3/s]
1935		440.0
6	**292.0**	292.0
7	**727.0**	727.0
8	**325.0**	247.0
9	**736.0**	327.0
1940	**876.0**	876.0
1	**418.0**	418.0
2		1090.0
3	**163.0**	163.0
4	**1660.0**	660.0
1945	**2010.0**	1710.0

Figura 1.8 – Esempio di verifica del dato precedente al 1991 e modifica del dato errato – stazione idrometrica Sesia a Ponte Aranco, 1938

Anno [-]	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]
1965	**126.0**	95.0
6	**1060.0**	783.0
7	**58.0**	55.6
8	**592.0**	534.0
9	**826.0**	796.0
1970	**200.0**	140.0
1	**752.0** (1)	
2	**1183.0** (1)	
3	**971.0** (1)	
4	**1322.0** (1)	
1975	**982.0** (1)	

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 1971

	ANNO
Q max (m^3/s)	639.0
Q media (m^3/s)	77.9
Q minima (m^3/s)	21.4
Q media ($l/s.\ km^2$)	15.9
Deflusso (mm)	508.8
Afflusso meteor. (mm)	815.0
Coeffic. di deflusso	0.62

Anno [-]	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]
1965	**126.0**	95.0
6	**1060.0**	783.0
7	**58.0**	55.6
8	**592.0**	534.0
9	**826.0**	796.0
1970	**200.0**	140.0
1	**752.0** (1)	639.0
2	**1183.0** (1)	
3	**971.0** (1)	
4	**1322.0** (1)	
1975	**982.0** (1)	

Figura 1.9 – Esempio di integrazione della base dati esistente nel periodo precedente il 1991 – stazione Po a Moncalieri (Meirano), 1971

Anno [-]	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]
2010	**95.0** (1)	
1	**92.0**	
2	**66.0**	
3	**147.0**	
4	**69.0**	
2015	**67.0**	
2016	**61.0**	

Parametro	Valore annuo
Aff. Meteorico (mm)	885,00
Coeff. Deflusso	0,95
Deflusso (mm)	839,00
Qmedia (l/s Km2)	26,50
QMIN	0,64
QMED	4,56
QMAX	24,00

Anno [-]	Q_{colmo} [m^3/s]	Q_{giorn} [m^3/s]
2010	**95.0** (1)	
1	**92.0**	
2	**66.0**	
3	**147.0**	
4	**69.0**	
2015	**67.0**	
16	**61.0**	
17		24.0

Figura 1.10 – Esempio di aggiornamento della base dati esistente nel periodo successivo al 1998 – stazione Sesia a Campertogno, 2017

Al termine della procedura di verifica e aggiornamento del database di portate giornaliere massime annue è possibile effettuare un bilancio delle modifiche attuate. In seguito si riporta la tabella riguardante i dati di portata giornaliera massima annua aggiunti (integrazione e aggiornamento, Tabella 1.1) seguita dalla tabella riepilogativa delle modifiche attuate, per ogni stazione idrometrica presente nel *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani* (Tabella 1.2). Si segnala inoltre la presenza di nuove stazioni idrometriche sul territorio del bacino occidentale del fiume Po, le quali sono classificate da un codice identificativo nel range $A199 - A246$.

Tabella 1.1 – Tabella riepilogativa delle operazioni di integrazione e aggiornamento eseguite sulle stazioni idrometriche appartenenti al bacino occidentale del fiume Po

Codice	Denominazione	Q_G aggiunte
A007	Agogna a Novara	11
A012	Banna a Santena	11
A013	Belbo a Castelnuovo Belbo	11
A016	Borbore a San Damiano d'Asti	11
A017	Bormida a Cassine	9
A018	Bormida ad Alessandria	2
A020	Bormida di Millesimo a Cessole	11
A021	Bormida di Millesimo a Murialdo	11
A022	Bormida di Spigno a Mombaldone	12
A030	Cervo a Passobreve	11
A031	Cervo a Vigliano Biellese	11
A032	Cervo a Quinto Vercellese	11
A038	Chisone a Soucheres Basses	15
A040	Chisone a San Martino	11
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	22
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	11
A057	Dora Riparia a Ulzio (Oulx)	11
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	12
A073	Grana a Monterosso	11
A075	Isorno a Pontetto	1
A082	Maira a Racconigi	10
A083	Malone a Brandizzo	8
A084	Malone a Front	10
A086	Mastallone (Sesia) a Ponte Folle	11
A100	Orco a San Benigno Canavese	11
A104	Pellice a Luserna San Giovanni	2
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	10
A106	Po a Crissolo	12
A107	Po a Carignano	11
A108	Po a Meirano (Moncalieri)	28
A109	Po a Torino Murazzi	13
A110	Po a San Mauro Torinese	1
A111	Po a Casale Monferrato	13
A112	Po a Valenza	11
A113	Po a Isola S. Antonio	13
A129	San Bernardino a Santino	11
A141	Scrivia a Serravalle Scrivia	11
A146	Sesia a Campertogno	19
A147	Sesia a Ponte Aranco	1
A148	Sesia a Vercelli	2
A149	Sesia a Palestro	11

Codice	Denominazione	Q_G aggiunte
A150	Strona di Omegna a Gravellona Toce	11
A152	Stura di Demonte a Gaiola	11
A154	Stura di Demonte a Fossano	10
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	12
A156	Stura di Lanzo a Torino	11
A160	Tanaro a Ponte di Nava	11
A162	Tanaro a Garessio	7
A164	Tanaro a Piantorre	11
A166	Tanaro a Farigliano	23
A167	Tanaro ad Alba	11
A169	Tanaro a Masio	7
A170	Tanaro ad Alessandria	7
A171	Tanaro a Montecastello	31
A179	Ticino a Miorina	15
A188	Toce a Domodossola	11
A189	Toce a Candoglia	11
A196	Varaita a Rossana	10
A198	Vobbia a Vobbietta	15
A199	Bormida di Millesimo a Camerana	2
A202	Orba a Basaluzzo	2
A203	Vermenagna a Robilante	14
A255	Stura di Demonte a Vinadio	14

Totale di osservazioni aggiunte	**692**

Tabella 1.2 – Tabella riepilogativa delle operazioni di verifica e aggiornamento eseguite sulle stazioni idrometriche appartenenti al bacino occidentale del fiume Po

Codice	Denominazione	Q_G modificate	Q_G aggiunte	Q_G eliminate
A007	Agogna a Novara	-	11	-
A009	Artanavaz (Dora Baltea) a St Oyen	1	-	1
A011	Ayasse (Dora Baltea) a Champorcher	-	-	1
A012	Banna a Santena	-	11	-
A013	Belbo a Castelnuovo Belbo	-	11	-
A015	Borbera a Baracche	-	-	-
A016	Borbore a San Damiano d'Asti	-	11	-
A017	Bormida a Cassine (presa canale Carlo Alberto)	-	10	-
A018	Bormida ad Alessandria	-	2	-
A019	Bormida di Mallare a Ferrania	-	-	-
A020	Bormida di Millesimo a Cessole	-	11	-
A021	Bormida di Millesimo a Murialdo	-	11	-
A022	Bormida di Spigno a Mombaldone	-	12	-
A023	Bormida di Spigno a Valla	-	-	-
A024	Bousset a Tetti Porcera	-	-	-
A026	Breuil ad Alpette	-	-	-
A027	Bucera a Ponte Rovine	-	-	-
A028	Buthier a Place Mulin	-	-	-
A029	Cannobino a Traffiume	1	-	-
A030	Cervo (Sesia) a Passobreve	-	11	1
A031	Cervo a Vigliano Biellese	-	11	-
A032	Cervo a Quinto Vercellese	-	11	-
A033	Chiavanne ad Alpette	-	-	-
A038	Chisone a Soucheres Basses	-	15	-
A039	Chisone a Fenestrelle	-	-	1
A040	Chisone a San Martino	-	11	-
A041	Chiusella a Gurzia	-	-	-
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	-	-	-
A043	Corsaglia (Tanaro) a presa centrale Molline	1	-	-
A045	Dora Baltea a Cignana	-	-	-
A046	Dora Baltea a Beauregard	-	-	-
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	-	-	-
A048	Dora Baltea ad Aosta	-	-	-
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	-	22	-
A051	Dora Baltea a Mazzè	-	-	-
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	-	11	-
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	-	-	-
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	-	-	-
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	-	-	-
A056	Dora di Rhemes a Saint Georges	-	-	-
A057	Dora Riparia a Ulzio (Oulx)	-	11	1

Codice	Denominazione	Q_G modificate	Q_G aggiunte	Q_G eliminate
A058	Dora Riparia a Salbertrand	-	-	-
A059	Dora Riparia a Chiomonte	-	-	-
A060	Dora Riparia a Sant'Antonino di Susa	-	-	-
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	-	11	-
A062	Elvo a Sordevolo	-	-	-
A064	Erro (Bormida) a Sassello	2	-	-
A065	Evancon a Champoluc	-	-	-
A066	Evancon a Brusson	-	-	-
A067	Galambra a presa centrale Chiomonte	-	-	-
A068	Gesso della Barra a San Giacomo	-	-	-
A069	Gesso della Valletta (Stura di Demonte) a San Lorenzo	-	-	-
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	-	-	-
A071	Gesso di Entracque (Stura di Demonte) a Entracque	-	-	-
A072	Gesso di Monte Colombo a San Giacomo	-	-	-
A073	Grana a Monterosso	-	11	-
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	-	-	-
A077	Lys (Dora Baltea) a d'Ejola	-	-	-
A078	Lys (Dora Baltea) a Gressoney Saint Jean	1	-	-
A079	Lys (Dora Baltea) a Guillemore	-	-	-
A080	Maira a Saretto	4	-	-
A081	Maira a San Damiano Macra	-	-	-
A082	Maira a Racconigi	-	10	-
A083	Malone a Brandizzo	-	8	-
A084	Malone a Front	-	10	-
A085	Marmore a Perreres	-	-	-
A086	Mastallone (Sesia) a Ponte Folle	-	11	-
A087	Melezet a Melezet	-	-	-
A088	Meris a Sant'Anna Valdieri	-	-	-
A091	Niguglia a Omegna	-	-	-
A092	Nontey a Valnontey	-	-	-
A098	Orba a Casalcermelli	-	-	-
A099	Orco a Pont Canavese	-	-	-
A100	Orco a San Benigno Canavese	-	11	-
A104	Pellice a Luserna San Giovanni	-	1	-
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	-	10	-
A106	Po a Crissolo	2	12	-
A107	Po a Carignano	-	11	-
A108	Po a Moncalieri (Meirano)	-	28	-
A109	Po a Torino Murazzi	-	13	-
A110	Po a San Mauro Torinese	-	1	-
A111	Po a Casale Monferrato	2	13	-

Codice	Denominazione	Q_G modificate	Q_G aggiunte	Q_G eliminate
A112	Po a Valenza	-	11	-
A113	Po a Isola Sant'Antonio	-	11	-
A122	Rio Bagni (Stura di Demonte) a Bagni di Vinadio	-	-	-
A123	Rio del Piz (Stura di Demonte) a Pietraporzio	-	-	-
A124	Rio Freddo a Rio Freddo	-	-	-
A125	Ripa a Bousson	-	-	-
A126	Rochemolles a Rochemolles	-	-	-
A127	Rutor (Dora Baltea) a La Joux	-	-	-
A128	Rutor (Dora Baltea) a Promise	-	-	-
A129	San Bernardino a Santino	-	11	-
A130	San Bernardino a Trobaso	-	-	-
A131	San Giovanni a Possaccio	-	-	-
A138	Savara a Eau Rousse	-	-	-
A139	Savara a Fenille	-	-	-
A140	Scrivia a Isola del Cantone	-	-	-
A141	Scrivia a Serravalle Scrivia	-	11	-
A145	Sermenza a Rimasco	-	-	-
A146	Sesia a Campertogno	1	19	-
A147	Sesia a Ponte Aranco (Borgosesia)	1	1	-
A148	Sesia a Vercelli	-	1	-
A149	Sesia a Palestro	-	11	-
A150	Strona di Omegna a Gravellona Toce	-	11	-
A151	Stura di Demonte a Pianche	-	-	-
A152	Stura di Demonte a Gaiola	-	11	-
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	-	-	-
A154	Stura di Demonte a Fossano	-	10	-
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	1	11	-
A156	Stura di Lanzo a Torino	-	11	-
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	-	-	-
A158	Stura di Viù a Malciaussia	-	-	-
A159	Stura di Viù a Usseglio	-	-	-
A160	Tanaro a Ponte di Nava	-	11	-
A161	Tanaro a Ormea	-	-	-
A162	Tanaro a Garessio	-	7	-
A163	Tanaro a Nucetto	1	-	-
A164	Tanaro a Piantorre	-	11	-
A166	Tanaro a Farigliano	2	10	-
A167	Tanaro ad Alba	-	11	-
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	-	-	-
A169	Tanaro a Masio	-	7	-
A170	Tanaro ad Alessandria	1	7	-
A171	Tanaro a Montecastello	-	31	-
A179	Ticino a Miorina (Golasecca)	-	15	-
A181	Toce a Lago Busin	-	-	-

Codice	Denominazione	Q_G modificate	Q_G aggiunte	Q_G eliminate
A182	Toce a Lago d'Avino	-	-	-
A183	Toce a Agaro	-	-	-
A184	Toce a Lago Vannino	-	-	-
A185	Toce a Lago del Sabbione	-	-	-
A186	Toce a Codelago	-	-	-
A187	Toce a Cadarese	-	-	-
A188	Toce a Domodossola	-	11	-
A189	Toce a Candoglia	2	11	-
A194	Varaita a Castello	-	-	-
A195	Varaita a Rore	-	-	-
A196	Varaita a Rossana	-	10	-
A197	Vermenagna (Stura di Demonte) a Limone	1	-	-
A198	Vobbia a Vobbietta	-	15	-
A199	Bormida di Millesimo a Camerana	-	2	-
A200	Chisola a La Loggia	-	14	-
A201	Germanasca a Perrero	-	2	-
A202	Orba a Basaluzzo	-	2	-
A203	Vermenagna (Stura di Demonte) a Robilante	1	14	-
A204	Agogna a Momo	-	18	-
A205	Anza a Macugnaga	-	7	-
A206	Anza a San Carlo	-	8	-
A207	Banna a Poirino	-	20	-
A208	Belbo a Rocchetta Belbo	-	14	-
A209	Belbo a Santo Stefano Belbo	-	9	-
A210	Bogna a Ponte Caddo (Domodossola)	-	17	-
A211	Bormida di Signo a Piana Crixia	-	18	-
A212	Brobbio a Margarita	-	6	-
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	-	14	-
A214	Cenischia a Susa	-	21	-
A215	Chisola a Vinovo	-	4	-
A216	Chiusella a Parella	-	18	-
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	-	14	-
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	-	14	-
A219	Curone a Volpedo	-	17	-
A220	Devero a Baceno	-	6	-
A221	Dora Baltea a Verolengo	-	20	-
A222	Dora Riparia a Susa (Via Mazzini)	-	15	-
A223	Ellero a Mondovì	-	20	-
A224	Ellero a Rastello	-	13	-
A225	Elvo a Carisio	-	15	-
A226	Erro a Cartosio	-	19	-
A227	Gesso ad Andonno	-	14	-
A228	Ghiandone a Staffarda	-	6	-
A229	Grana a Levaldigi	-	13	-

Codice	Denominazione	Q_G modificate	Q_G aggiunte	Q_G eliminate
A230	Maira a Busca	-	19	-
A231	Maira a Dronero	-	12	-
A232	Mongia a Mombasiglio	-	6	-
A233	Negrone a Ormea (Pornassino)	-	6	-
A234	Orba a Tiglieto	-	18	-
A235	Orco a Castellamonte (Spineto)	-	10	-
A236	Orco a Cuorgnè	-	4	-
A237	Ovesca a Villadossola	-	8	-
A238	Pesio a Carrù	-	18	-
A239	Pesio a San Bartolomeo	-	14	-
A240	Po a Castiglione Torinese	-	17	-
A241	Po a Crescentino	-	8	-
A242	Po a San Sebastiano Po	-	13	-
A243	Po a Villafranca Piemonte	-	11	-
A244	Rea a Dogliani	-	6	-
A245	Rio Verde a Poirino	-	1	-
A246	San Giovanni a Verbania	-	6	-
A247	Sangone a Moncalieri	-	9	-
A248	Sangone a Torino	-	6	-
A249	Sangone a Trana	-	19	-
A250	Scrivia a Guazzora	-	20	-
A251	Sesia a Borgosesia Isolella	-	12	-
A252	Sessera a Pray	-	19	-
A253	Soana a Pont Canavese	-	16	-
A254	Strona di Vallemosso a Cossato	-	18	-
A256	Stura di Val Grande a Cantoira	-	11	-
A257	Stura di Viù a Germagnano	-	19	-
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	-	11	-
A259	Tanaro ad Asti	-	18	-
A260	Terdoppio a Caltignaga	-	16	-
A261	Toce a Pontemaglio	-	9	-
A262	Uzzone a Cortemilia	-	6	-
A263	Varaita a Polonghera	-	17	-
A264	Varaita a Torrette	-	14	-

1.2. Aggiornamento della base dati pluviometrica giornaliera

La base dati pluviometrica giornaliera nazionale a cui si fa riferimento è composta da tutti i dati di altezza massima giornaliera annua di pioggia registrati dai pluviometri dal 1910 fino al 2021: i dati ufficiali da cui si è creato il database provengono da:

- Annali Idrologici – *SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)*
- Banca dati meteorologica – *Arpa Piemonte*

I dati sono registrati secondo la formattazione composta come segue, in cui con P_G si intende il dato di precipitazione giornaliera massimo annuo

Tabella 1.3 – Esempio di formattazione della base dati pluviometrica

ID	ANNO	MESE	GIORNO	P_G (mm)

Avendo a disposizione sia dati storici che dati aggiornati si è potuto aggiornare e correggere tale base dati, tutt'oggi in fase di completamento: in particolar modo si sono valutati in dettaglio l'anno 1950, la finestra di anni che va dal 1987 al 1992 e la finestra di anni che va dal 2017 al 2020.

1.2.1 Struttura dei dati consultati

In questa sezione vengono illustrate le strutture dei dati consultati, distinte in funzione della fonte. L'illustrazione verrà svolta in ordine cronologico di pubblicazione, coincidente con quanto elencato precedentemente.

Annali Idrologici

Riprendendo quanto scritto nel paragrafo 1.1 nella sezione dedicata agli *Annali Idrologici*, per la consultazione dei dati pluviometrici in essi contenuti si è fatto riferimento a differenti fascicoli, a seconda dell'anno di interesse:

- Parte II, per l'anno 1950
- Parte I per i restanti anni (1987, 1988, 1989, 1990, 1991)

In Figura 1.11 vengono riportate le schede delle registrazioni pluviometriche della stazione di misura di *Usseglio*, rispettivamente per gli anni 1950 e 1987: tali schede riportano il dato giornaliero di pioggia registrato dal pluviografo, da cui deve essere estratto il massimo per ogni anno di interesse.

Annale idrologico del 1950 ***Annale idrologico del 1987***

ROSONE
BACINO: ORCO m. 714 s. m.

Giorno	Gennaio	Febbr.	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
1	—	—	5.4	—	—	4.6	—	—	25.4	11.4	—	—
2	—	—	0.4	—	—	—	—	7.0	—	—	—	—
3	—	—	—	0.6	—	6.6	—	0.6	—	—	5.6	—
4	—	—	—	—	8.0	—	—	—	—	—	—	0.4
5	—	1.2	—	—	12.0	—	—	—	—	—	—	—
6	—	7.6	—	—	—	—	4.6	—	2.0	—	—	—
7	—	3.0	—	—	0.8	—	—	—	4.2	—	—	4.6
8	—	—	—	—	1.6	—	—	5.0	—	—	-	5.4
9	—	—	—	—	3.0	—	—	0.4	—	—	—	10.4
10	—	3.0	—	—	1.6	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	6.0	—	—	25.0	—	—	—	—
12	—	—	—	—	11.4	5.4	—	7.4	—	—	9.6	—
13	—	—	—	1.0	—	—	—	2.0	—	—	1.0	—
14	—	—	—	—	1.6	1.4	—	—	—	—	—	0.4
15	—	—	—	25.2	4.0	—	—	15.6	—	—	5.4	—
16	—	—	—	—	—	4.6	—	0.4	15.0	—	—	—
17	—	—	—	—	1.0	—	—	—	—	—	4.0	—
18	—	—	0.4	7.4	23.0	9.0	—	7.0	—	—	—	—
19	—	—	15.6	12.0	27.0	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	12.4	10.0	—	—	15.2	—	—	—	11.8	—
21	0.2	—	4.2	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—
22	1.4	—	—	40.6	3.2	2.0	—	—	—	—	1.6	—
23	—	—	—	—	4.4	—	—	2.6	—	—	15.0	3.0
24	0.6	—	—	—	12.6	—	—	—	—	—	1.6	35.0
25	2.0	—	—	—	—	—	—	4.0	—	4.4	6.6	—
26	4.0	11.2	—	—	22.0	—	—	2.2	1.6	2.0	—	8.0
27	2.2	18.0	6.4	0.6	0.4	—	—	—	1.4	—	1.0	14.4
28	8.0	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.4
29	—		—	—	—	—	2.0	0.2	—	5.6	0.6	7.6
30	—		—	—	—	—	—	—	—	—	1.6	—
31	—		7.6		—		—	—		—		—
Totale mensile	11	48	52	99	144	34	22	79	50	28	65	102
N. giorni piov.	4	7	6	7	16	7	3	10	6	4	12	9

Totale annuo *mm.* 729 Giorni piovosi 91

ROSONE
(Pr) Bacino: ORCO (714 m s.m.)

Giorno	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
2	-	-	-	-	-	-	20.6	-	21.8	-	-	8.6
3	-	-	-	6.2	-	-	-	-	5.6	-	-	0.8
4	-	-	-	73.6	5.2	9.0	-	-	1.4	-	-	-
5	-	-	-	28.4	-	1.4	0.4	-	5.6	14.2	-	9.7
6	-	-	-	3.0	7.0	-	1.4	-	0.4	27.0	-	9.7
7	-	-	-	-	-	0.2	-	1.2	-	1.0	-	-
8	-	-	-	-	-	10.0	-	0.6	-	0.8	-	-
9	-	-	-	2.2	-	11.6	-	-	-	-	-	-
10	-	0.4	-	7.4	-	3.6	-	0.8	-	-	1.8	-
11	0.4	11.8	-	-	-	1.6	-	-	-	53.4	-	-
12	-	21.2	-	-	-	-	-	-	-	130.6	-	-
13	1.0	29.8	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	-
14	0.8	0.6	2.4	-	-	-	10.0	-	-	-	3.2	-
15	36.0	-	1.8	-	-	8.0	0.2	-	0.4	7.8	-	-
16	22.6	-	-	-	6.6	5.2	46.2	-	-	8.6	-	-
17	31.4	4.6	-	-	-	-	20.0	-	-	1.2	-	2.0
18	-	3.2	-	-	9.0	-	0.4	2.8	-	-	-	-
19	-	1.0	-	-	3.2	-	6.4	0.4	-	-	-	-
20	-	16.8	-	-	14.2	3.4	6.2	-	-	-	-	-
21	-	13.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	0.6	-	-	-	-	0.4	-	-	2.0	-	-
23	-	-	-	-	-	-	2.4	-	0.6	4.0	1.8	-
24	-	-	-	-	-	-	29.6	31.0	1.6	2.8	21.6	-
25	-	-	-	-	-	-	5.8	53.6	-	1.0	44.6	-
26	-	-	-	-	-	1.2	-	-	0.2	-	6.0	-
27	-	-	-	-	-	1.6	-	0.6	3.0	-	7.4	-
28	-	2.2	4.0	-	-	-	-	3.2	-	0.6	-	-
29	-		1.4	-	-	-	-	-	-	1.8	-	-
30	-		-	-	-	-	2.6	-	-	5.6	7.2	-
31	-		-		-		10.0	-		-		-
Totali mensili	92.2	105.4	9.6	120.8	45.2	56.8	162.6	94.2	40.6	262.4	97.2	31.0
N° giorni piovosi	4	9	4	6	6	11	12	5	6	14	9	4

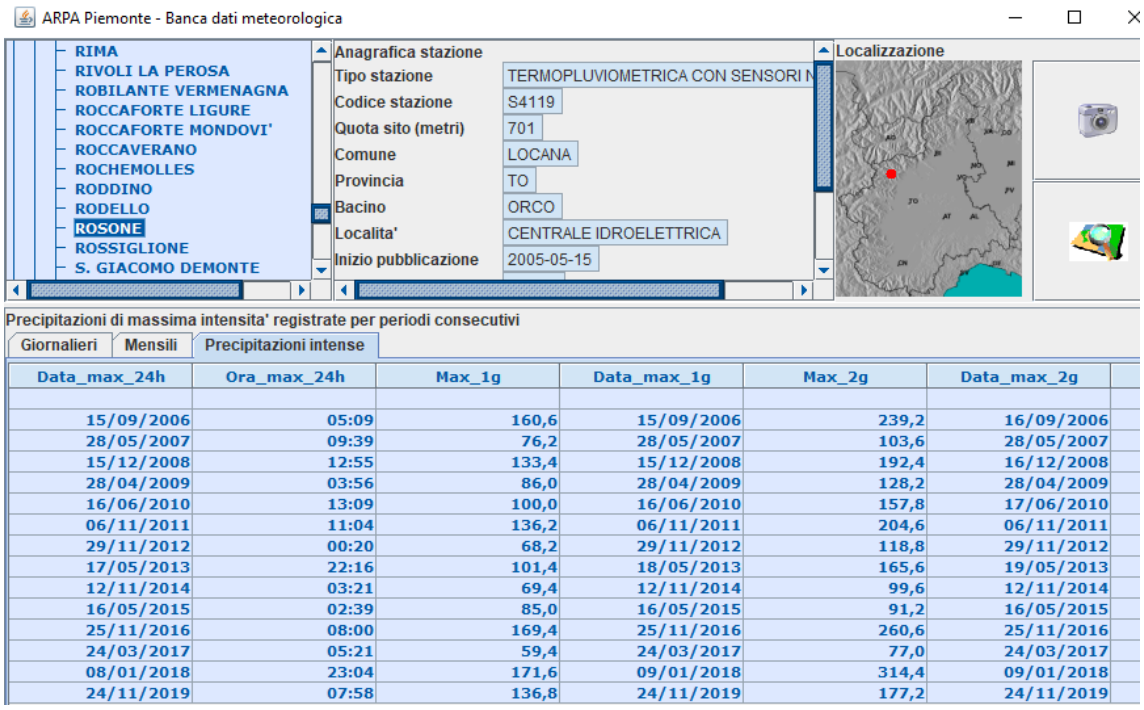
Totale annuo: 1118.0 Giorni piovosi: 90

Figura 1.11 – Esempio di scheda stazione per i dati pluviometrici per gli anni 1950 (sx) e 1987 (dx) – Fonte: Annali Idrologici

Banca dati meteorologica di ARPA Piemonte – MeteoWeb

L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) piemontese ha, tra gli altri, il compito di registrare, validare e successivamente pubblicare i dati pluviometrici registrati dalle stazioni di loro proprietà installate sul territorio. I dati sono disponibili in formato digitale, gratuitamente fruibili mediante il portale "*Meteoweb*", da cui è possibile visualizzare dati giornalieri, aggregati mensili e dati di precipitazione intensa aventi durate differenti. Le informazioni riportate in tale banca dati non riguardano soltanto le precipitazioni, bensì fanno riferimento a tutte le grandezze meteorologiche misurabili (temperatura, umidità dell'aria, altezza del manto nevoso).

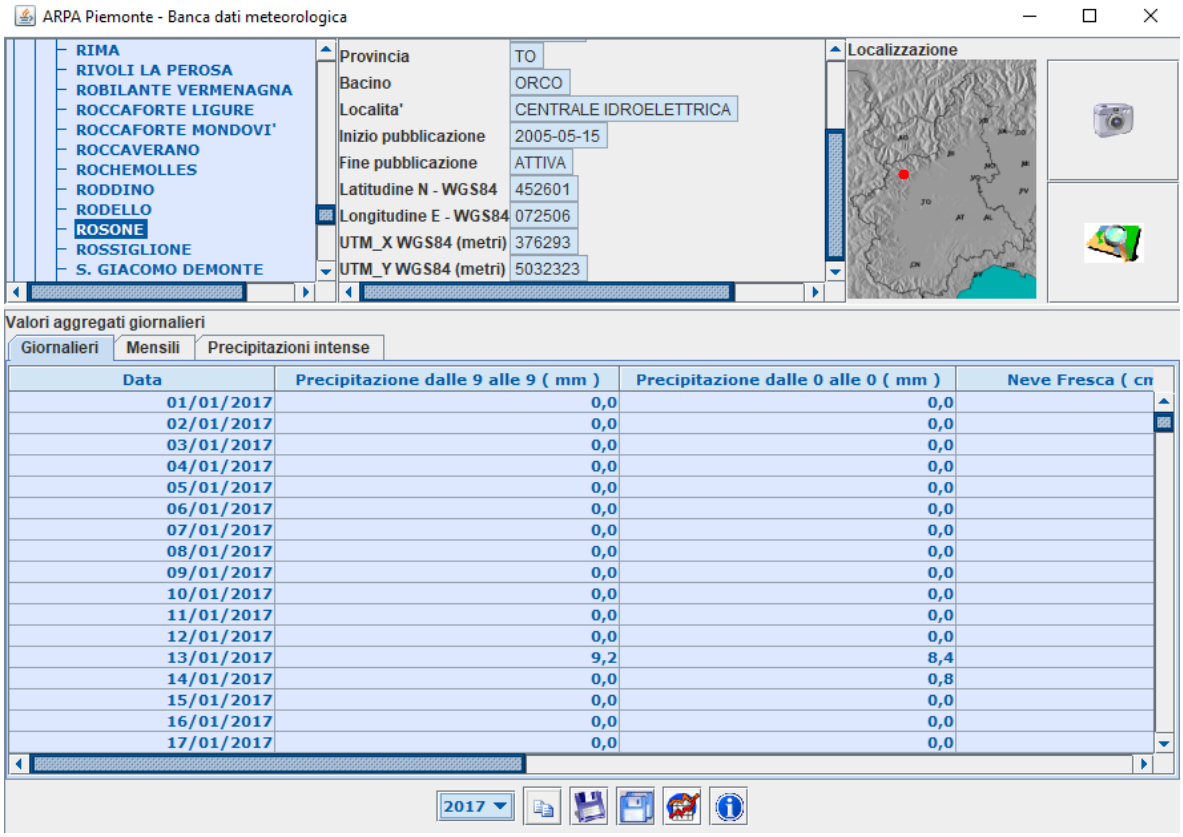
Nella struttura della scheda stazione, della quale si può osservare un esempio in Figura 1.12, si possono notare alcune caratteristiche dello strumento in esame, al cui fianco vi sono informazioni grafiche di geolocalizzazione, consultabili mediante collegamento ipertestuale. In Figura 1.12 è riportato un estratto della sezione dei valori aggregati mensili delle precipitazioni estreme per differenti durate per la stazione di *Rosone*.



Data_max_24h	Ora_max_24h	Max_1g	Data_max_1g	Max_2g	Data_max_2g
15/09/2006	05:09	160,6	15/09/2006	239,2	16/09/2006
28/05/2007	09:39	76,2	28/05/2007	103,6	28/05/2007
15/12/2008	12:55	133,4	15/12/2008	192,4	16/12/2008
28/04/2009	03:56	86,0	28/04/2009	128,2	28/04/2009
16/06/2010	13:09	100,0	16/06/2010	157,8	17/06/2010
06/11/2011	11:04	136,2	06/11/2011	204,6	06/11/2011
29/11/2012	00:20	68,2	29/11/2012	118,8	29/11/2012
17/05/2013	22:16	101,4	18/05/2013	165,6	19/05/2013
12/11/2014	03:21	69,4	12/11/2014	99,6	12/11/2014
16/05/2015	02:39	85,0	16/05/2015	91,2	16/05/2015
25/11/2016	08:00	169,4	25/11/2016	260,6	25/11/2016
24/03/2017	05:21	59,4	24/03/2017	77,0	24/03/2017
08/01/2018	23:04	171,6	09/01/2018	314,4	09/01/2018
24/11/2019	07:58	136,8	24/11/2019	177,2	24/11/2019

Figura 1.12 – Estratto della scheda stazione Rosone della banca dati meteorologica di ARPA Piemonte – Sezione Precipitazioni Intense Fonte: MeteoWeb ARPA Piemonte

Per la selezione del dato massimo giornaliero annuo da tale banca dati è necessario consultare i dati giornalieri (di cui è riportato uno stralcio in Figura 1.13) e selezionare il massimo valore tra le due finestre orarie giornaliere pubblicate, in quanto nella sezione *Precipitazioni Intense* è riportato il solo valore riferito alla finestra giornaliera "*dalle 9 alle 9*".



Data	Precipitazione dalle 9 alle 9 (mm)	Precipitazione dalle 0 alle 0 (mm)	Neve Fresca (cm
01/01/2017	0,0	0,0	
02/01/2017	0,0	0,0	
03/01/2017	0,0	0,0	
04/01/2017	0,0	0,0	
05/01/2017	0,0	0,0	
06/01/2017	0,0	0,0	
07/01/2017	0,0	0,0	
08/01/2017	0,0	0,0	
09/01/2017	0,0	0,0	
10/01/2017	0,0	0,0	
11/01/2017	0,0	0,0	
12/01/2017	0,0	0,0	
13/01/2017	9,2	8,4	
14/01/2017	0,0	0,8	
15/01/2017	0,0	0,0	
16/01/2017	0,0	0,0	
17/01/2017	0,0	0,0	

Figura 1.13 – Estratto della scheda stazione Rosone della banca dati meteorologica di ARPA Piemonte – Sezione: Valori Aggregati Giornalieri – Fonte: MeteoWeb ARPA Piemonte

2. AREA DI STUDIO E SELEZIONE BACINI DI INTERESSE

L'area di studio comprende parte delle regioni italiane di Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Liguria e parte di Francia e Svizzera, per un totale di 121 bacini idrografici aventi sezione di chiusura in territorio piemontese o valdostano. In Figura 2.1 si riporta un inquadramento dell'area di interesse sovrapposta ai confini regionali italiani: l'estensione areale della regione soggetta a studio risulta essere di 27·522 km^2.

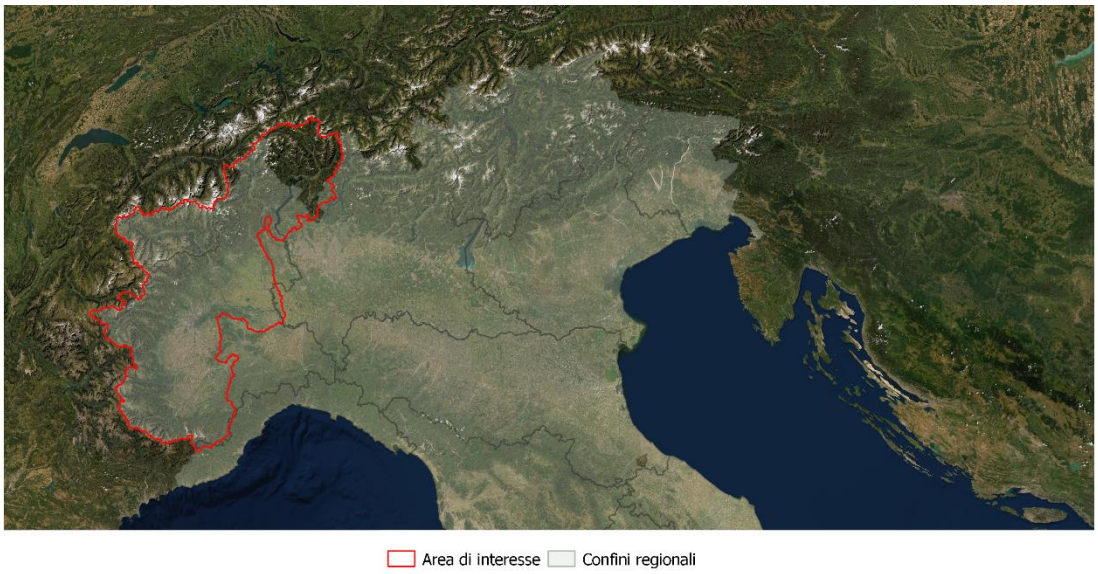


Figura 2.1 – Inquadramento dell'area di studio – Fonti: Progetto Renerfor – ISTAT – ESRI Satellite

Avendo per obiettivo lo studio del comportamento dei bacini idrografici in ambito montano si rende necessaria la creazione di un criterio di selezione, così composto:

- Stazioni di misura che sottendono bacini aventi quota media non inferiore a 1000 m s.l.m.
- Stazioni di misura aventi una numerosità minima N di 10 osservazioni di portata giornaliera.

Con questo criterio è stato possibile delimitare l'area di interesse, selezionando i bacini aventi le caratteristiche sopra elencate. I dati morfologici utilizzati fanno riferimento al progetto RENERFOR – IDROLOGIA (sotto progetto di INTERREG – ALCOTRA, terminato nel 2013), al termine del quale è stato pubblicato l'*Atlante dei Bacini Imbriferi Piemontesi*, ad eccezione dei bacini non presenti all'interno di esso (*Grana a Levaldigi* e *Stura di Lanzo a Mezzenile*) per cui è stata fatta una delimitazione del bacino idrografico tramite strumenti GIS. In Tabella 2.1 si riporta l'elenco dei bacini idrografici estratti, affiancati dal valore di area e quota media.

Tabella 2.1 – Tabella riepilogativa dei bacini rispondenti al criterio di selezione

Codice	Denominazione	Area Bacino (km^2)	Quota Media (m s.l.m.)	N (-)
A009	Artanavaz a Saint Oyen	69.13	2239	16
A011	Ayasse a Champorcher	42.72	2368	23
A026	Breuil a Alpette	27.64	2459	14
A028	Buthier a Place Mulin	74.45	2800	37
A029	Cannobino a Traffiume	106.85	1107	27
A030	Cervo a Passobreve	75.00	1493	31
A031	Cervo a Vigliano Biellese	132.53	1257	19
A033	Chiavanne a Alpette	21.96	2485	14
A038	Chisone a Soucheres Basses	93.26	2221	27
A039	Chisone a Fenestrelle	154.21	2154	22
A040	Chisone a San Martino	580.53	1739	57
A041	Chiusella a Gurzia	141.99	1374	32
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	28.01	2298	40
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	89.00	1529	29
A045	Dora Baltea a Cignana	12.69	2725	68
A046	Dora Baltea a Beauregard	92.18	2607	40
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	372.06	2412	15
A048	Dora Baltea ad Aosta	1845.65	2265	17
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	3320.85	2087	83
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	207.28	2193	33
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	222.44	2472	16
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	56.54	2710	17
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	69.23	2664	14
A057	Dora Riparia a Oulx	260.04	2164	49
A058	Dora Riparia a Salbertand	547.88	2120	51
A059	Dora Riparia a Chiomonte	623.21	2083	40
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	1040.73	1899	34
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	1321.54	1655	20
A065	Evancon a Champoluc	102.36	2634	30
A066	Evancon a Brusson	133.63	2491	14
A067	Galambra a Presa Centrale Chiomonte	14.71	2410	40
A069	Gesso della Valletta a San Lorenzo	110.79	2095	10
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	27.44	2047	32
A071	Gesso di Entracque a Entracque	159.89	1880	12
A073	Grana a Monterosso	109.77	1542	64
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	179.68	2582	14
A077	Lys a d'Ejola	29.61	3136	13
A078	Lys a Gressoney St Jean	90.72	2645	23
A079	Lys a Guillemore	201.47	2260	29
A080	Maira a Saretto	55.55	2411	17
A081	Maira a San Damiano Macra	452.18	1899	57
A082	Maira a Racconigi	976.25	1326	19
A085	Marmore a Perreres	54.47	2739	14

Codice	Denominazione	Area Bacino (km^2)	Quota Media (m s.l.m.)	N (-)
A086	Mastallone a Varallo Ponte Folle	146.55	1335	51
A087	Melezet a Melezet	43.20	2389	14
A099	Orco a Pont Canavese	613.90	1938	45
A100	Orco a San Benigno Canavese	838.01	1567	19
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	952.89	1542	18
A106	Po a Crissolo	37.59	2251	51
A107	Po a Carignano	3955.59	1101	24
A110	Po a S. Mauro Torinese	7682.15	1083	11
A111	Po a Casale Monferrato	13732.09	1257	24
A112	Po a Valenza	17290.61	1117	18
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	61.44	2142	20
A123	Rio del Piz a Pietraporzio	21.68	2182	23
A126	Rochemolles a Rochemolles	24.07	2641	29
A127	Rutor a La Joux	41.71	2570	29
A128	Rutor a Promise	45.76	2525	31
A129	San Bernardino a Santino	121.50	1259	34
A130	San Bernardino a Trobaso	129.24	1211	24
A131	San Giovanni a Possaccio	53.60	1002	14
A138	Savara a Eau Rousse	82.39	2682	22
A145	Sermenza a Rimasco	82.33	1855	44
A146	Sesia a Campertogno	170.56	2127	45
A147	Sesia a Ponte Aranco	702.89	1504	25
A151	Stura di Demonte a Pianche	180.01	2077	23
A152	Stura di Demonte a Gaiola	560.40	1819	37
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	584.17	1785	10
A154	Stura di Demonte a Fossano	1326.78	1518	20
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	578.31	1780	70
A156	Stura di Lanzo a Torino	879.97	1368	20
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	3.71	2962	53
A158	Stura di Viù a Malciaussia	25.85	2622	49
A159	Stura di Viù a Usseglio	75.86	2393	11
A160	Tanaro a Ponte di Nava	148.81	1580	54
A161	Tanaro a Ormea	175.52	1524	12
A162	Tanaro a Garessio	249.04	1435	17
A163	Tanaro a Nucetto	374.77	1232	31
A164	Tanaro a Piantorre	500.35	1067	22
A167	Tanaro a Alba	3384.97	1072	26
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	3541.95	1036	12
A179	Ticino a Miorina	6654.86	1290	65
A181	Toce a Lago Busin	2.51	2524	60
A182	Toce a Lago d'Avino	5.54	2550	35
A183	Toce a Agaro	11.17	2110	63
A184	Toce a Lago Vannino	11.58	2527	49

Codice	Denominazione	Area Bacino (km^2)	Quota Media (m s.l.m.)	N (-)
A185	Toce a Lago del Sabbione	14.20	2765	47
A186	Toce a Codelago	25.98	2322	64
A187	Toce a Cadarese	186.54	2150	20
A188	Toce a Domodossola	919.44	1826	18
A189	Toce a Candoglia	1539.41	1677	53
A194	Varaita a Castello	67.80	2406	56
A195	Varaita a Rore	278.28	2118	62
A196	Varaita a Rossana	402.10	1797	16
A197	Vermenagna a Limone	57.40	1675	16
A201	Germanasca a Perrero	189.10	1902	20
A203	Vermenagna a Robilante	134.45	1533	14
A210	Bogna a Domodossola	81.48	1612	17
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	65.61	1233	14
A214	Cenischia a Susa	145.76	2033	20
A216	Chiusella a Parella	152.06	1308	19
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	64.00	2678	14
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	139.86	1266	14
A221	Dora Baltea Verolengo	3902.83	1862	20
A222	Dora Riparia a Susa	694.11	2042	15
A223	Ellero a Mondovì	180.50	1089	20
A224	Ellero a Rastello	43.10	1853	14
A227	Gesso ad Andonno	336.47	1832	14
A229	Grana a Levaldigi	301.22	955.55	14
A230	Maira a Busca	572.63	1689	19
A239	Pesio a San Bartolomeo	57.48	1571	14
A240	Po a Castiglione Torinese	7684.58	1083	17
A242	Po a San Sebastiano	9114.23	1081	14
A249	Sangone a Trana	145.04	1125	19
A252	Sessera a Pray	126.38	1174	19
A253	Soana a Pont Canavese	214.60	1898	16
A255	Stura di Demonte a Vinadio	249.55	2082	14
A257	Stura di Viù a Germagnano	233.05	1759	19
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	293.76	1925.18	11
A263	Varaita a Polonghera	576.59	1389	17
A264	Varaita a Torrette	183.94	2339	14

3. MODELLO GEOMORFOCLIMATICO FLOODALP

Lo studio dei meccanismi di formazione delle piene fluviali in ambito montano ha tradizionalmente ricevuto meno attenzione rispetto alle zone di pianura o a zone in cui sussiste un clima temperato. Questo fatto trova spiegazione nell'effetto di mitigazione che la neve svolge nei confronti della formazione di portata in alveo. In particolar modo, nelle regioni montane la formazione di deflusso è regolata dalla compresenza di molteplici meccanismi, tra i quali spiccano:

- Precipitazioni in forma liquida
- Immagazzinamento idrico a causa della neve accumulata sul suolo
- Precipitazione sul suolo innevato in primavera
- Precipitazione sul suolo ghiacciato in inverno
- Fusione nivale
- Rovesci temporaleschi estivi

I problemi legati al surriscaldamento globale inducono la necessità di approfondimento di queste tematiche, migliorando la gestione idrologico-idraulica dei fenomeni di piena in ambito montano.

La complessità dei fenomeni in gioco suggerirebbe l'impiego di sofisticati modelli idrologici, per i quali si rende necessaria la disposizione di numerosi parametri di input e successiva loro calibrazione. In ambito montano spesso si ha difficoltà a raccogliere dati, e per tale ragione questi metodi non risultano essere applicabili. Alternativamente è possibile utilizzare approcci puramente statistici basati sulla produzione di una curva di frequenza di piena rappresentabile da distribuzioni miste, a causa dei complessi meccanismi in gioco. Questi metodi non risultano estremamente efficaci, in quanto la distribuzione di frequenza risulta eccessivamente parametrizzata e, inoltre, con parametri disconnessi dalle caratteristiche fisiche del bacino idrografico.

Considerando quanto detto, un buon compromesso (perlomeno per la comprensione dei processi dominanti di formazione delle piene) è fornito da metodologie che introducono solamente alcuni concetti di natura fisica nella costruzione della curva di frequenza di piena: tali metodi rientrano nei così detti approcci della distribuzione derivata.

Il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) rientra nell'ultima categoria di approcci, considerando alcuni meccanismi fisici di formazione delle piene e una forzante stocastica per ottenere la curva di frequenza cumulata.

In seguito verrà descritto sommariamente il modello, le specifiche dei parametri di input e la classificazione dei bacini idrografici per una migliore stima del risultato finale. Per la descrizione dettagliata del modello si rimanda all'articolo originale citato in bibliografia.

3.1 Struttura del modello FloodAlp

Il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) si basa sull'approccio della distribuzione derivata, combinando alcuni meccanismi fisici di formazione delle piene in ambito montano con una forzante stocastica per ottenere la curva di frequenza di piena.

L'ipotesi fondamentale su cui si basa il modello è l'esistenza di un'azione sottrattiva dell'area del bacino idrografico contribuente alla formazione di deflusso in alveo guidata dalla quota: in ambito montano, infatti, la quota dello zero termico riveste un ruolo importante, in quanto decreta la distinzione tra precipitazione in fase liquida ed in fase solida. L'area contribuente è così definita come la quota parte del bacino idrografico su cui agisce la precipitazione in fase liquida. Per la determinazione della quota dello zero termico e dell'area contribuente alla formazione del deflusso in alveo è necessario caratterizzare il regime termico di temperatura: questa operazione può essere svolta analizzando le temperature medie giornaliere in funzione della data Giuliana per la durata di un anno solare.

Il modello *FloodAlp* riproduce in maniera semplificata tale andamento, mediante una curva lineare e simmetrica, denominata *regime termometrico*, da cui è possibile ricavare l'evoluzione stagionale dello zero termico ZT, secondo l'equazione:

$$ZT\ (t) = \frac{ZT_{MAX} - ZT_{min}}{365/2} \cdot t + ZT_{min} \qquad [3.1]$$

In cui:

- ZT_{MAX} è la massima quota di zero termico
- ZT_{min} è la minima quota di zero termico

L'interazione tra il regime termometrico e le quote caratterizzanti il bacino idrografico (*massima*, *minima* e *media*) è utilizzata per definire le tempistiche di estensione stagionale. In particolar modo si impone il punto iniziale $t_0 = 0$ in corrispondenza del 1 Febbraio, in cui $ZT(t_0) = ZT_{min}$, e ricercando i punti interni al diagramma:

- t_{min}, in corrispondenza di $ZT(t_{min}) = z_{min}$
- t_{mean}, quando $ZT(t_{mean}) = \tilde{z}$
- t_{MAX}, laddove $ZT(t_{MAX}) = z_{MAX}$

In cui:

- z_{min}, quota minima del bacino idrografico
- $\tilde{z}$, quota media del bacino idrografico
- z_{MAX}, quota massima del bacino idrografico

Infine, si definisce il punto di massimo del diagramma, fissato al 1 Agosto per simmetrica costruzione, posto a $\tilde{t} = 365/2$. Grazie alla simmetria di cui il diagramma gode, le analisi possono essere svolte per sei mesi e poi traslate su tutto l'anno.

Facendo riferimento alle tempistiche di riferimento definite sopra, il modello distingue tre differenti regimi stagionali, così definiti:

- $RI = t_0 \div t_{min}$, corrispondente alla stagione invernale
- $RII = t_{min} \div t_{MAX}$, corrispondente alla stagione intermedia (primavera o autunno)
- $RIII = t_{MAX} \div \tilde{t}$, corrispondente alla stagione estiva

Il fattore contribuente f_c è fortemente influenzato dall'andamento della quota di congelamento durante l'anno e dall'interazione che questa ha con l'ipsometria del bacino idrografico: un approfondimento di questa interazione e dell'influenza delle caratteristiche morfologiche di bacino è fornito nel Capitolo 4.

In Figura 3.1 si riporta un esempio del diagramma di regime termometrico per una stazione di misura situata nell'arco alpino, mentre in Figura 3.2 si riporta un esempio del concetto di area contribuente in funzione del regime termometrico.

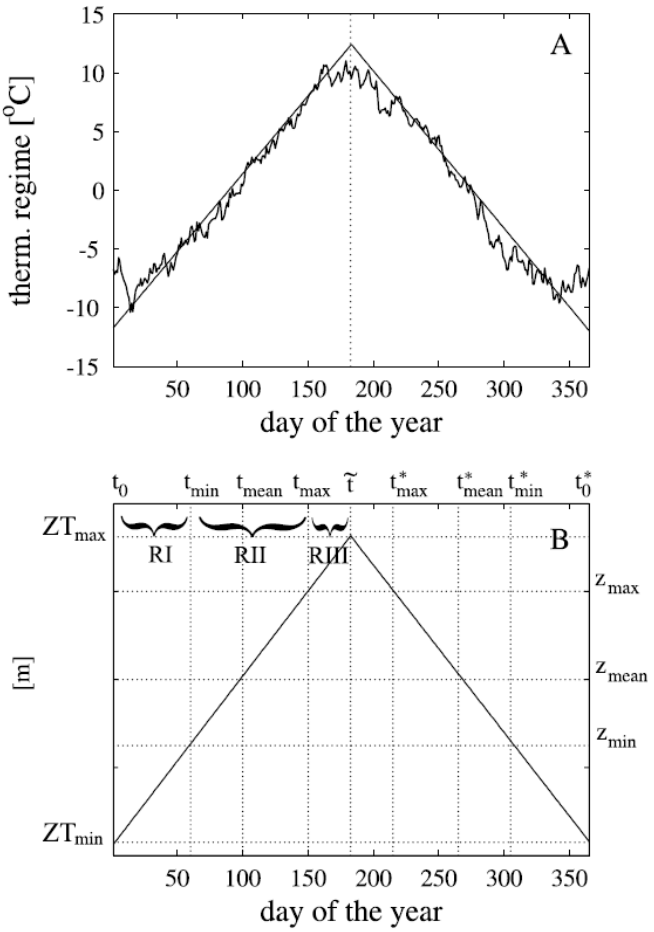


Figura 3.1 – A: Esempio di regime termometrico per la stazione Lago Gabiet (2340 m s.l.m.). Data di inizio dell'anno Giuliano: 1 Febbraio – B: Esempio di curva della quota di congelamento ottenuta dal regime termometrico utilizzando un costante gradiente termico, individuando i regimi stagionali (RI, RII, RIII) – Fonte: Allamano P. et al., 2009

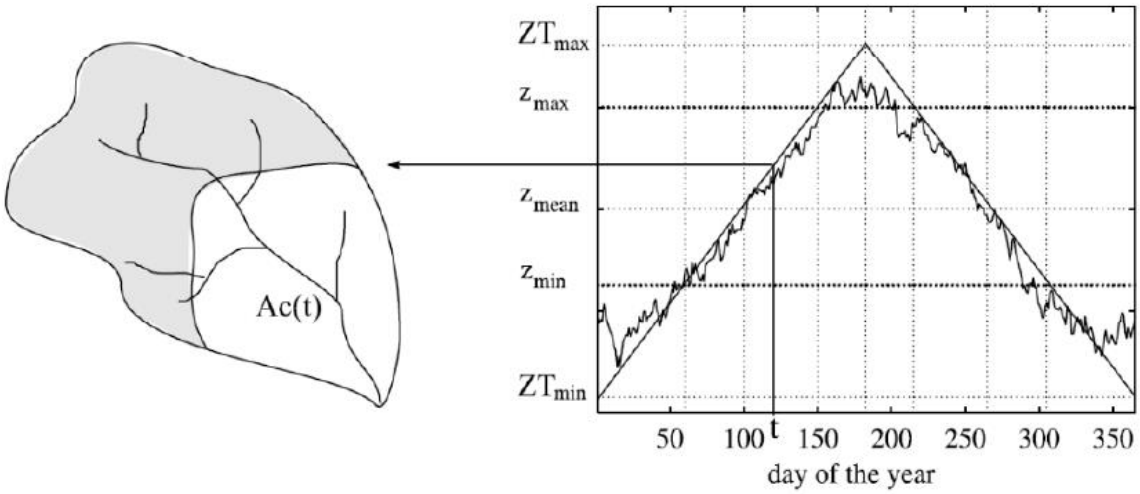


Figura 3.2 – Rappresentazione del concetto di area contribuente in funzione del regime termometrico – Fonte: Allamano P. et al., 2009

Il modello in questione si prefissa l'obiettivo di quantificare l'impatto del regime climatico e del bacino idrografico sulla formazione di portata, determinando il deflusso come risultato di due fattori principali:

- Evento di precipitazione in fase liquida
- Processo di fusione nivale

Per cui, la formulazione della portata è data dalla formula:

$$q = C \cdot f_c(t) \cdot h + SM(t) \qquad [3.2]$$

In cui

- C è coefficiente di deflusso
- $f_c(t) = A_c/A$ è fattore dell'area contribuente, compreso nel range $0 \div 1$
- h è l'altezza di precipitazione
- t è la data Giuliana, in genere indicata con il numero di giorni trascorsi a partire dall'inizio dell'anno (1 Febbraio)
- $SM(t)$ è la componente di fusione nivale

Osservando l'equazione [3.2] è semplice notare la presenza della formula razionale nel primo addendo: in particolar modo, per la modellazione della precipitazione si assume la distribuzione di Poisson (nota come legge degli eventi rari), molto comune per tali scopi. Ciascun evento di precipitazione è caratterizzato da un'altezza di pioggia h, modellata come variabile casuale distribuita esponenzialmente con media α e numero di eventi in un dato intervallo di tempo λ.

Per la determinazione del fattore di fusione nivale SM si effettua invece una equivalenza tra il volume totale di neve accumulato e il volume totale di neve fuso, utilizzando il fattore contribuente f_c per considerare la porzione di bacino idrografico attiva nel processo.

3.2 Specifiche del modello – parametri di input

Per sua costruzione, *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) è strettamente legato al regime climatico ed alle caratteristiche morfologiche di bacino, rientranti nella formulazione della valutazione della frequenza di piena. Quindi, ai fini dell'applicabilità del modello, si rende necessaria la disposizione dei seguenti parametri:

- ***Parametri climatici a scala di bacino***: parametri di pioggia α e λ ed il valore di precipitazione areale totale annua R
- ***Parametri climatici alla mesoscala***: trattasi dei valori estremi di fluttuazione della quota di zero termico, ZT_{min} e ZT_{max}
- ***Caratteristiche morfologiche di bacino***: quota massima, quota minima, quota media, area, quantili della curva ipsografica, parametro di flesso ζ e parametri della funzione di Strahler (x_0 e Z).

In seguito vengono descritte le procedure utilizzate per l'ottenimento dei parametri climatici a scala di bacino ed alla mesoscala, accennando solamente alle caratteristiche morfologiche di bacino, per le quali si entrerà in dettaglio nel Capitolo 4, discutendo l'importanza che assumono in *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*).

3.2.1 Determinazione dei parametri α e λ

Il modello si fonda sull'ipotesi per la quale le precipitazioni estreme siano rappresentabili mediante la distribuzione di Poisson, modellando esponenzialmente l'altezza di precipitazione h con variabili casuali aventi i parametri:

- α: valore medio di eventi estremi in un dato periodo di tempo (e.g. mm/d)
- λ: numero di eventi nell'intervallo di tempo prefissato (e.g. eventi/anno)

È fondamentale ricordare che, ai fini della corretta applicazione del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), tali parametri caratterizzanti l'evento di precipitazione risultano essere di tipo *areale*, in quanto agenti su un determinato bacino idrografico.

Avendo a disposizione la rete pluviometrica a scala nazionale, è stato possibile circoscrivere la zona di interesse, selezionando le stazioni di misura ricadenti all'interno e le stazioni più prossime ai confini. In tale selezione sono stati considerati i pluviometri aventi misurazioni per almeno 10 anni.

Le analisi condotte fanno riferimento ai dati estremi di precipitazione giornaliera annua, come ampiamente descritto nel Paragrafo 1.2.

In Figura 3.3 è riportata la rete pluviometrica a disposizione a seguito della selezione realizzata secondo i criteri descritti: è immediato osservare la mancanza di stazioni di misura in alcune porzioni della zona interessata dallo studio: tale defezione è causata dall'estensione del bacino idrografico in questione oltre ai limiti dei confini italiani, per cui non si hanno le informazioni pluviometriche necessarie. Tuttavia, le zone interessate da questa problematica risultano essere di esigua entità, perciò si possono ritenere trascurabili ai fini di una corretta stima dei parametri pluviometrici areali.

Osservando il dettaglio della zona in esame in Figura 3.3 si nota come molte stazioni di misura risultano essere eccessivamente limitrofe: questa caratteristica è dovuta alla predisposizione di pluviometri in località dove vi erano stazioni di misura in passato. Si rende quindi necessaria l'eliminazione di tali coppie di pluviometri, agglomerando le informazioni registrate dalle due stazioni di misura. A tal proposito, si sono individuate le stazioni pluviometriche poste ad una distanza inferiore o uguale a 1 km e, qualora facessero riferimento alla stessa località, si sono unite le informazioni disponibili facendo riferimento al criterio descritto in seguito.

- Una sola stazione possiede il dato per l'anno considerato: mantenimento del dato
- Entrambe le stazioni possiedono il dato per l'anno considerato: media dei dati

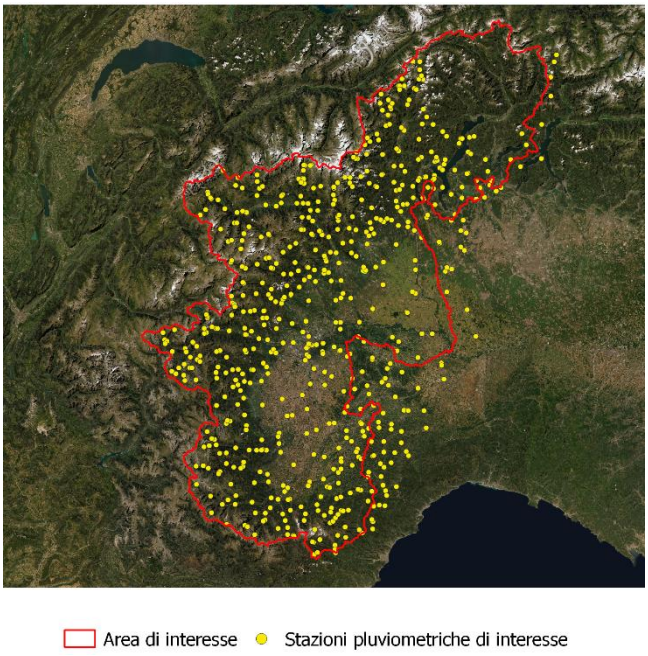


Figura 3.3 – Rappresentazione delle stazioni pluviometriche a disposizione rapportata all'area in esame

In seguito ad aver effettuato queste operazioni di filtro, i cui risultati vengono riepilogati quantitativamente in Tabella 3.1 e sono osservabili in Figura 3.4, si rende possibile il calcolo dei parametri di pioggia α e λ per ogni stazione di misura selezionata, consentendo in secondo luogo la stima di tali parametri dal punto di vista areale, a scala di bacino idrografico.

Tabella 3.1 – Tabella riepilogativa delle operazioni di filtro eseguite e del numero totale di pluviometri risultante per la determinazione dei parametri di pioggia α e λ a scala di bacino

Pluviometri con bassa numerosità ($N < 10$)	46
Pluviometri accorpati ($dist < 1\ km$)	48
Pluviometri scartati dall'accorpamento per località	17

Pluviometri di interesse a seguito delle operazioni di filtro	623

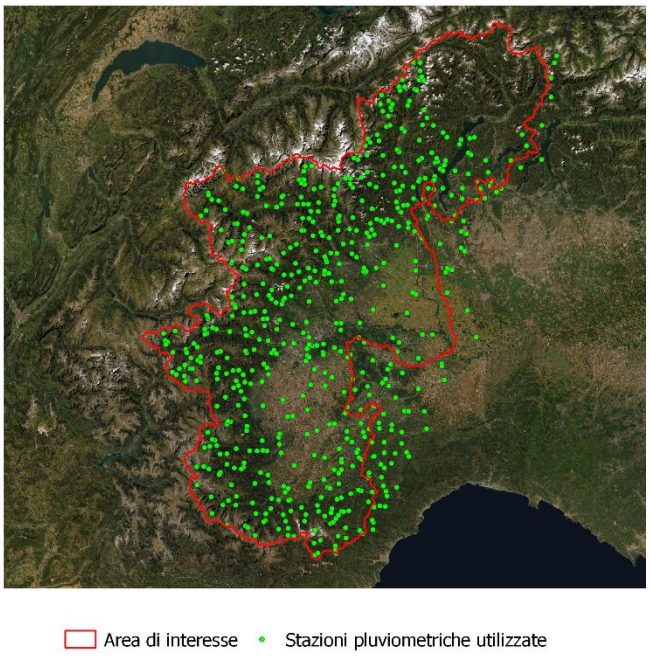


Figura 3.4 – Rappresentazione delle stazioni pluviometriche risultanti a seguito delle operazioni di filtro descritte

La determinazione dei parametri di pioggia per ogni stazione di misura presa in considerazione si basa sull'ipotesi fondamentale del fenomeno di precipitazione estrema, distribuito secondo la legge di Poisson e la cui altezza massima di precipitazione può essere modellata esponenzialmente. Tali considerazioni conducono alla modellazione della precipitazione estrema mediante la distribuzione di Gumbel, generalmente formulata come segue:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-\vartheta_1}{\vartheta_2}}} \qquad [3.3]$$

In cui ϑ_1 e ϑ_2 rappresentano i parametri della distribuzione di Gumbel.

In questa sede, per il calcolo dei parametri sopra citati si è optato per il metodo dei momenti, secondo il quale le espressioni risultano essere:

$$\vartheta_1 = \mu - \gamma_E \cdot \vartheta_2 \quad [3.4]$$

$$\vartheta_2 = \frac{\sigma \cdot \sqrt{6}}{\pi} \quad [3.5]$$

In cui:

- μ : media del campione in esame
- σ : scarto quadratico medio del campione in esame
- $\gamma_E = 0.5772$: costante di Eulero

Dai valori delle grandezze di ϑ_1 e ϑ_2 è possibile ricavare i parametri pluviometrici α e λ, secondo le espressioni:

$$\alpha = \vartheta_2 \quad [3.6]$$

$$\lambda = \exp\left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\right) \quad [3.7]$$

I valori ottenuti da queste elaborazioni vengono riportati nell'ALLEGATO B.

Essendo la precipitazione una grandezza che si manifesta su scala spaziale, è possibile utilizzare tecniche di interpolazione per stimare il valore in una località desiderata sprovvista di strumentazione. Esistono differenti metodologie di interpolazione della precipitazione, tra le quali una delle più elaborate è il Kriging: tale metodologia si differenzia dai metodi classici più semplici (e.g. distanze inverse pesate, poligoni di Thiessen) in quanto l'interpolazione è basata sulla correlazione spaziale tra i punti campionati. Il valore incognito viene calcolato mediante media pesata dei punti noti mentre i pesi delle singole stazioni di misura sono calcolati grazie all'utilizzo del semivariogramma, il grafico che mette in relazione la distanza tra due punti e il valore della semivarianza tra le misure effettuate in tali stazioni. Tale grafico, quindi, mostra l'autocorrelazione spaziale presente tra i dati misurati. Con questo metodo è anche possibile la determinazione dell'incertezza della stima nei punti in cui si vuole determinare la grandezza mediante l'interpolazione.

La tecnica geostatistica del Kriging produce, quindi, una superficie di stima della variabile interpolata, associata ad una superficie di incertezza correlata alla stima. È possibile andare a modificare la dimensione della griglia di lavoro su cui utilizzare tale

metodologia, ed esistono varie configurazioni per la tecnica di interpolazione (e.g Ordinary Kriging, Universal Kriging).

In tale sede si è scelto di utilizzare questa tecnica di interpolazione, usufruendo del *Ordinary Kriging*. Le interpolazioni sono state eseguite sui parametri pluviometrici α e λ e i risultati vengono presentati in Figura 3.5.

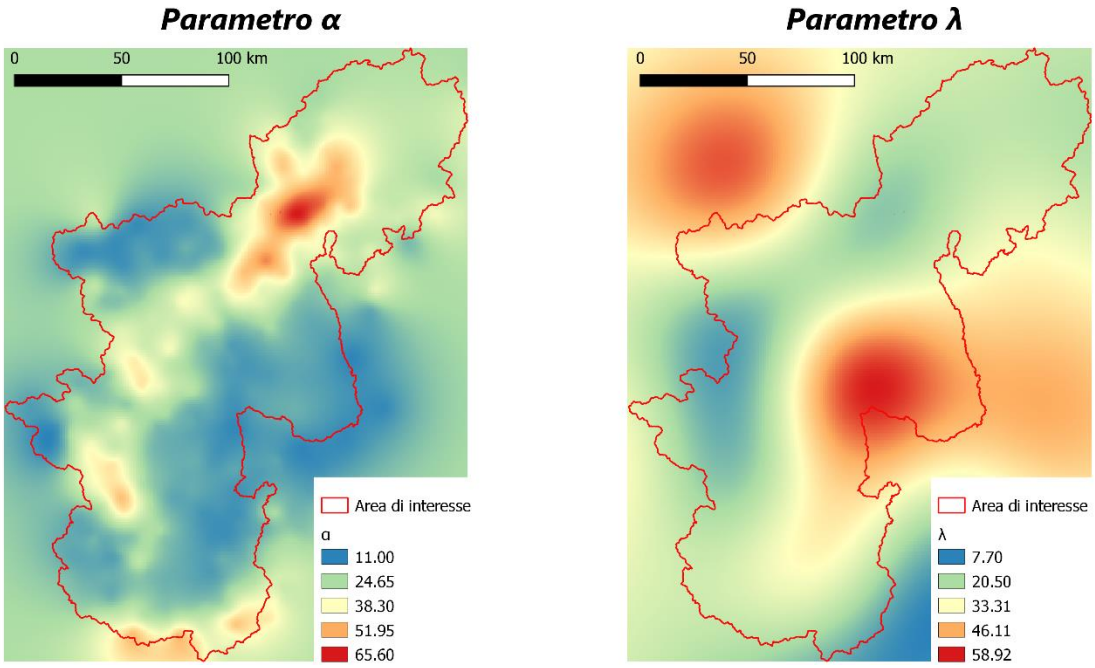


Figura 3.5 – Rappresentazione del risultato di interpolazione dei parametri α (sx) e λ (dx) ottenuti mediante tecnica di Ordinary Kriging

A seguito dell'operazione di interpolazione dei parametri di pioggia è possibile determinare il valore areale medio di bacino di ciascun parametro, utilizzando la procedura descritta in seguito:

- Sovrapposizione della maschera di bacino alle superfici dei parametri ottenute mediante Kriging
- Intersezione (o taglio) delle superfici usufruendo della maschera di bacino
- Calcolo dei parametri riepilogativi della superficie ricadente sul bacino in esame, ottenendo il valore medio di bacino per ciascun parametro.

In Figura 3.6 e Figura 3.7 si riporta, a titolo esemplificativo, il risultato ottenuto dall'intersezione tra la maschera di bacino e le superfici dei parametri pluviometrici per il bacino *Stura di Lanzo a Lanzo*, riepilogando i valori ottenuti in Tabella 3.2, mentre in ALLEGATO B sono contenuti tutti i parametri medi di bacino ottenuti.

Parametro α

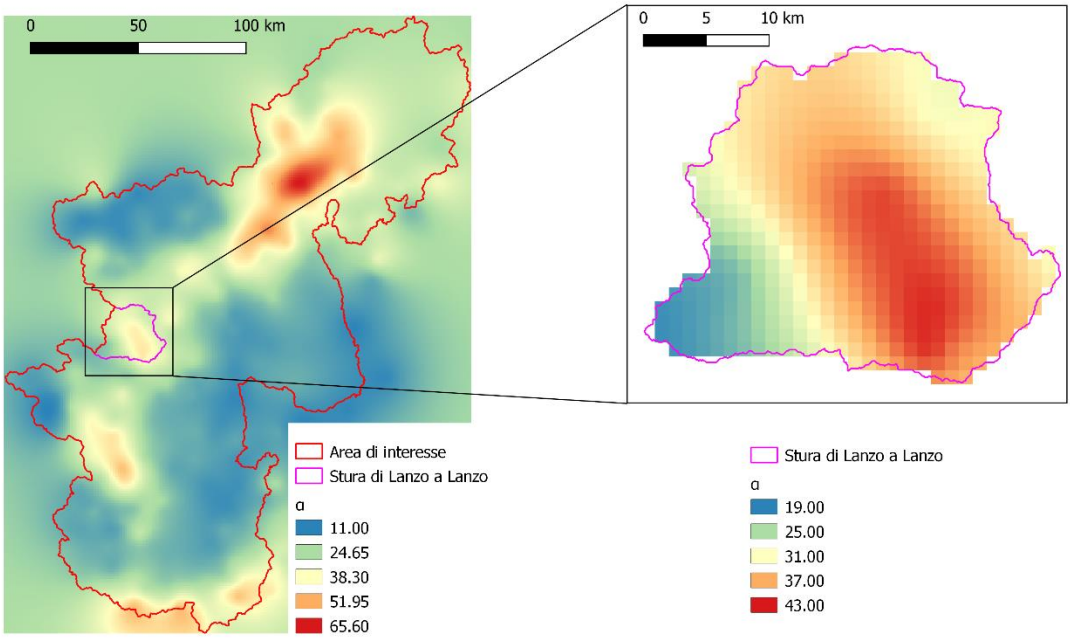


Figura 3.6 – Rappresentazione del risultato ottenuto mediante intersezione della superficie risultante dall'interpolazione con metodo Ordinary Kriging con la maschera di bacino – Stura di Lanzo a Lanzo – Parametro α

Parametro λ

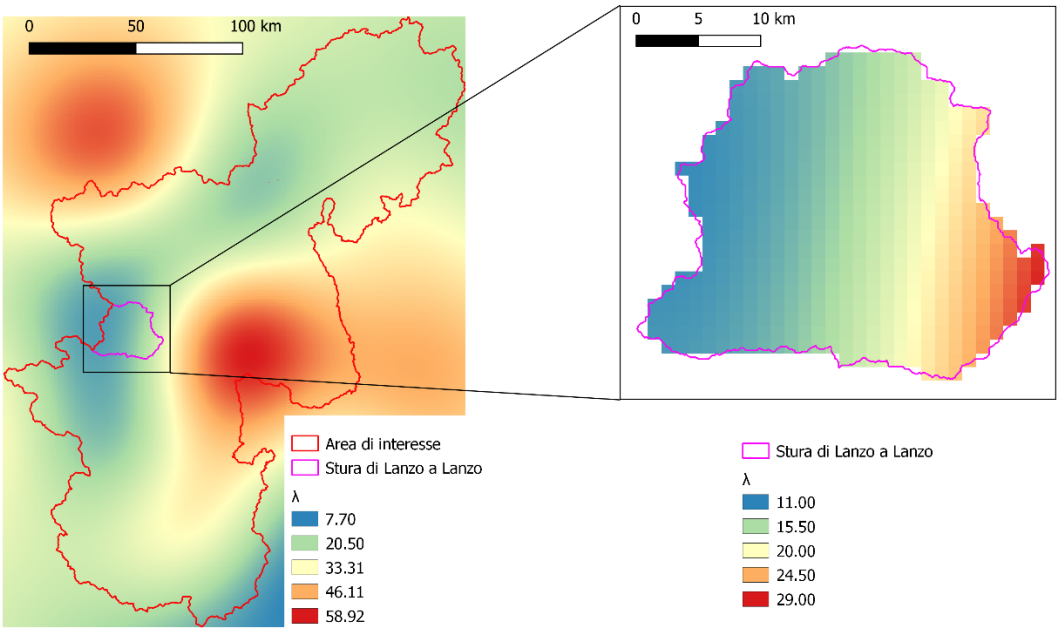


Figura 3.7 – Rappresentazione del risultato ottenuto mediante intersezione della superficie risultante dall'interpolazione con metodo Ordinary Kriging con la maschera di bacino – Stura di Lanzo a Lanzo – Parametro λ

Tabella 3.2 – Tabella riepilogativa dei parametri pluviometrici areali medi di bacino – Stura di Lanzo a Lanzo

Codice	**α (mm/giorno)**	***λ (eventi/anno)***
A155	33.96	16.57

3.2.2 Determinazione del parametro *R*

Il parametro R indica la precipitazione media totale areale: il progetto *BIGBANG 4.0* sviluppato da *ISPRA* (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ha come fine il calcolo del bilancio idrologico mensile a scala nazionale su griglia regolare, basandosi sull'equazione:

$$P - E = R + G + \Delta V \qquad [3.8]$$

In cui:

- P: precipitazione totale
- E: evaporazione reale
- R: ruscellamento superficiale
- G: ricarica degli acquiferi
- ΔV: immagazzinamento di volumi idrici nel suolo e nella copertura nivale

I valori sono pubblicati in formato aggregato mensile e annuale, per il periodo 1951–2019.

In Figura 3.8 si riporta lo schema esemplificativo del bilancio idrologico su griglia regolare proposto da *ISPRA*.

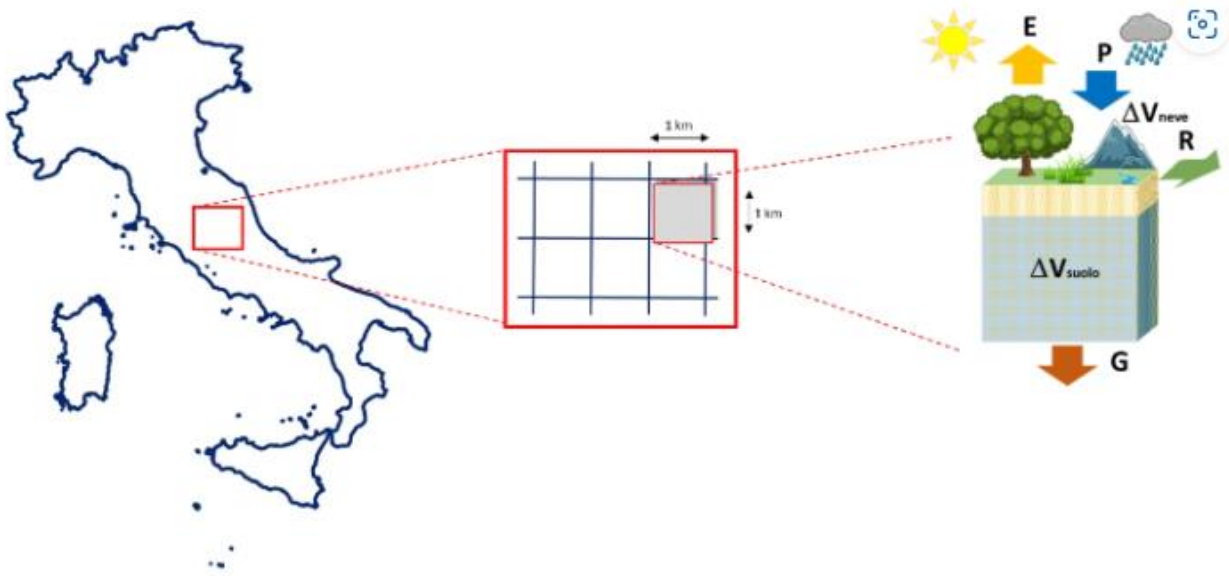


Figura 3.8 – Rappresentazione schematica della valutazione su grigliato delle variabili idrologiche – Fonte: ISPRA, Progetto BIGBANG

Il modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) considera unicamente il fattore di precipitazione media totale areale, riconducibile al valore P pubblicato da *ISPRA*. Al fine di ricavare il parametro R è necessario il calcolo della media del valore di precipitazione totale sulla finestra di misurazioni disponibili (1951–2019), eseguire l'intersezione con la maschera di ogni bacino di interesse, concludendo infine con la determinazione del valore medio di bacino. In Figura 3.9 si riporta schematicamente l'esempio della determinazione del parametro di precipitazione media totale areale per quanto riguarda il bacino *Stura di Lanzo a Lanzo*, del quale si riporta il risultato in Tabella 3.3. In ALLEGATO B vengono riepilogati tutti i valori ottenuti da questa operazione.

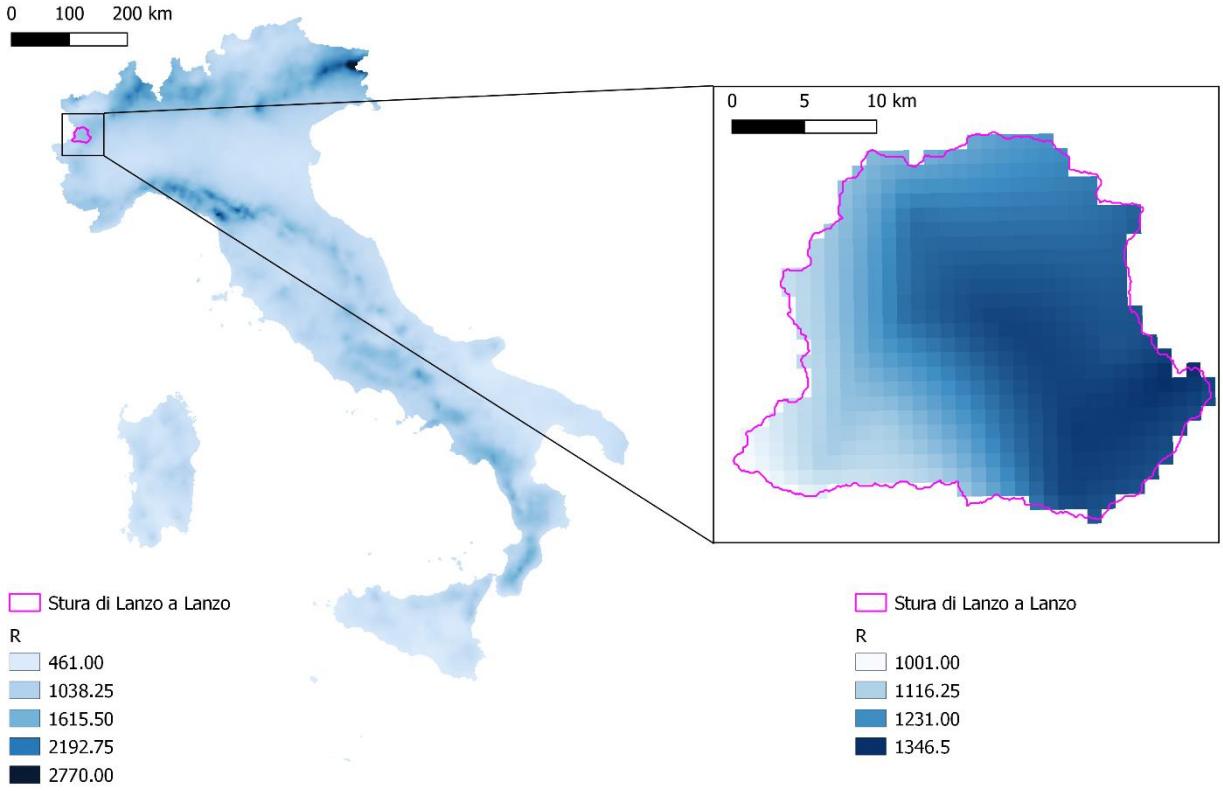


Figura 3.9 – Rappresentazione del risultato ottenuto mediante intersezione del valore di precipitazione media totale areale fornita su grigliati regolari con risoluzione spaziale di 1 km e la maschera di bacino – Stura di Lanzo a Lanzo – Fonte: ISPRA, progetto BIGBANG

Tabella 3.3 – Tabella riepilogativa del parametro di precipitazione totale media areale di bacino – Stura di Lanzo a Lanzo

Codice	**R (mm/anno)**
A155	1237.60

3.2.3 Determinazione della quota di zero termico

La definizione del regime termometrico è fondamentale per la corretta applicazione di *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), in quanto esso pone le sue basi nel meccanismo di dipendenza presente tra la temperatura e la tipologia di precipitazione (in fase liquida o in fase solida). In particolar modo, la quota dello zero termico (anche detta quota di congelamento) risulta fondamentale per l'aspetto appena citato, mentre la sua fluttuazione durante l'anno causato dal regime termometrico trova applicazioni nel criterio distintivo della tipologia di bacino idrografico, come spiegato successivamente.

Per la determinazione della quota di congelamento durante l'anno è possibile analizzare i dati giornalieri registrati dalle stazioni meteorologiche presenti sul territorio: essendo necessarie, ai fini dell'applicazione del modello geomorfoclimatico, le informazioni legate all'intero bacino idrografico, si devono considerare i dati registrati da tutte le stazioni di misura poste sul territorio in esame. Questo fatto introduce il problema della differente lunghezza delle serie registrate dalle stazioni: una serie avente lunghezza maggiore fornisce informazioni più complete, comprendendo probabilmente una maggior variabilità di temperature registrate. Utilizzando i dati giornalieri di temperatura registrati e il gradiente termico pari a

- $4\ °C/km$ durante la stagione invernale
- $6\ °C/km$ durante la stagione estiva (*Hiebl et al., 2009*)

è possibile costruire l'andamento annuale della quota di congelamento: analizzando una finestra di registrazione di dati maggiore, è possibile determinare la curva media della quota di zero termico durante l'anno.

Di seguito si riporta il risultato ottenuto dall'analisi della stazione *Bocchetta delle Pisse*, 2410 m s.l.m. (*Brignolo I., 2020*).

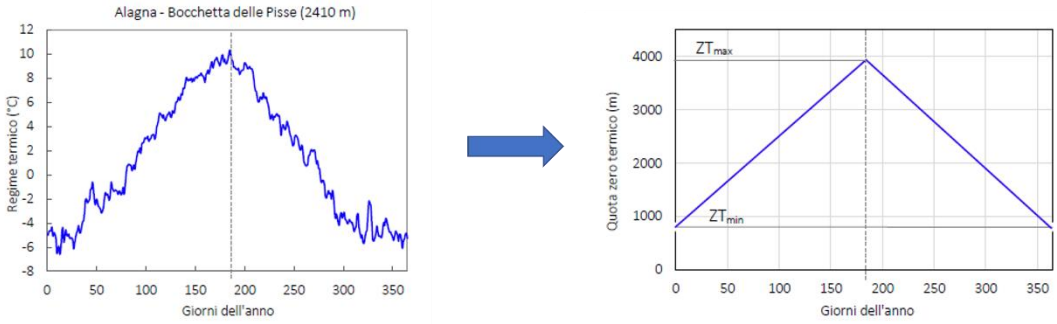


Figura 3.10 – Rappresentazione del diagramma delle temperature medie (sx) ed evoluzione stagionale della quota di zero termico – Stazione meteorologica Bocchetta delle Pisse (2410 m s.l.m.) – Fonte: Piene di progetto nei bacini alpini: evidenze empiriche e modellazione su base geomorfoclimatica, Brignolo I., 2020

Un metodo più speditivo per la definizione del regime termometrico consiste nel definire a scala regionale gli estremi della fluttuazione della quota di congelamento. Il progetto HISTALP fornisce i valori medi di zero termico durante l'anno nella regione alpina: sfruttando tali dati per la zona soggetta a studio è possibile decretare i valori estremi citati in precedenza, rispettivamente pari a (*Brignolo I., 2020*):

- $\mathrm{ZT_{min}} = 0\ m\ s.l.m.$
- $\mathrm{ZT_{MAX}} = 3000\ m\ s.l.m.$

Tali parametri saranno utilizzati nell'equazione [3.1] per creare la curva simmetrica del regime termometrico.

3.2.4 Classificazione dei bacini idrografici sulla base delle caratteristiche morfologiche

Le caratteristiche morfologiche del bacino idrografico assumono estrema importanza all'interno del modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), in quanto esse sono responsabili della classificazione dei bacini idrografici.

In questa sede si fa riferimento alla configurazione più elaborata di FloodAlp (*Allamano P. et al., 2009*), denominata *Hypsometric*, in cui, per la determinazione della distribuzione di frequenza di piena, l'ipsometria gioca un ruolo fondamentale. In dettaglio, tra tutti i parametri morfologici esistenti, il modello richiede la conoscenza di:

- Quota massima, z_{MAX}
- Quota minima, z_{min}
- Quota media, $\tilde{z}$
- Parametri di modellazione della curva ipsometrica

Per quanto attiene la parametrizzazione della curva ipsometrica si rimanda al Capitolo 4, in cui è dettagliatamente descritta l'analisi della curva ipsometrica, la sua modellazione e l'importanza che essa assume all'interno del modello geomorfoclimatico utilizzato in questo lavoro di Tesi, confrontando approcci differenti e analizzandone i risultati prodotti.

I parametri di quota (massima, minima e media) risultano fondamentali per la definizione della tipologia alla quale appartiene il bacino idrografico in esame. In particolar modo, *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) distingue i bacini idrografici in quattro differenti categorie, come riassunto in Tabella 3.4, in cui:

- z rappresenta la quota
- ZT rappresenta la quota di congelamento (quota di zero termico)

A medie latitudini, come quelle caratterizzanti la zona soggetta a studio, sono presenti solamente i bacini confinati (*Bounded*) e di alta quota (*High-Elevation*), mentre le altre tipologie di bacini idrografici sono presenti in zone soggette a clima temperato.

Tabella 3.4 – Tabella riassuntiva del criterio di distinzione per la tipologia di bacino secondo il modello FloodAlp (Allamano P. et al., 2009) – Fonte: Allamano P. et al., 2009

Definizione tipologia di Bacino	***Criterio di distinzione***
Bacini Confinati – Bounded watershed	$z_{min} > ZT_{min}$ $z_{MAX} < ZT_{MAX}$
Bacini di alta quota – High-Elevation watershed	$z_{min} > ZT_{min}$ $z_{MAX} > ZT_{MAX}$
Bacini temperati confinati – Warm-Bounded watershed	$z_{min} \leq ZT_{min}$ $z_{MAX} < ZT_{MAX}$
Bacini temperati di alta quota – Warm-High watershed	$z_{min} \leq ZT_{min}$ $z_{MAX} > ZT_{MAX}$

La classificazione della tipologia di bacino è fondamentale, in quanto distingue la presenza o meno del regime stagionale denominato $RIII$ (estate), in cui tutto il bacino idrografico registra temperature maggiori della temperatura di congelamento: questo implica un valore unitario del fattore contribuente f_c, per cui l'intero bacino idrografico risulta come contribuente alla formazione del deflusso. Il regime estivo si verifica quindi solamente nel caso in cui il bacino sia classificato come *Bounded*: in Figura 3.11 si riporta un esempio di bacino *High-Elevation* (*Stura di Lanzo a Lanzo*) e di un bacino *Bounded* (*San Bernardino a Santino*), segnalando le tempistiche stagionali risultanti dall'interazione tra altimetria del bacino e la quota di congelamento.

In ALLEGATO C si riporta l'andamento dello zero termico durante l'anno per ciascun bacino considerato in questo studio.

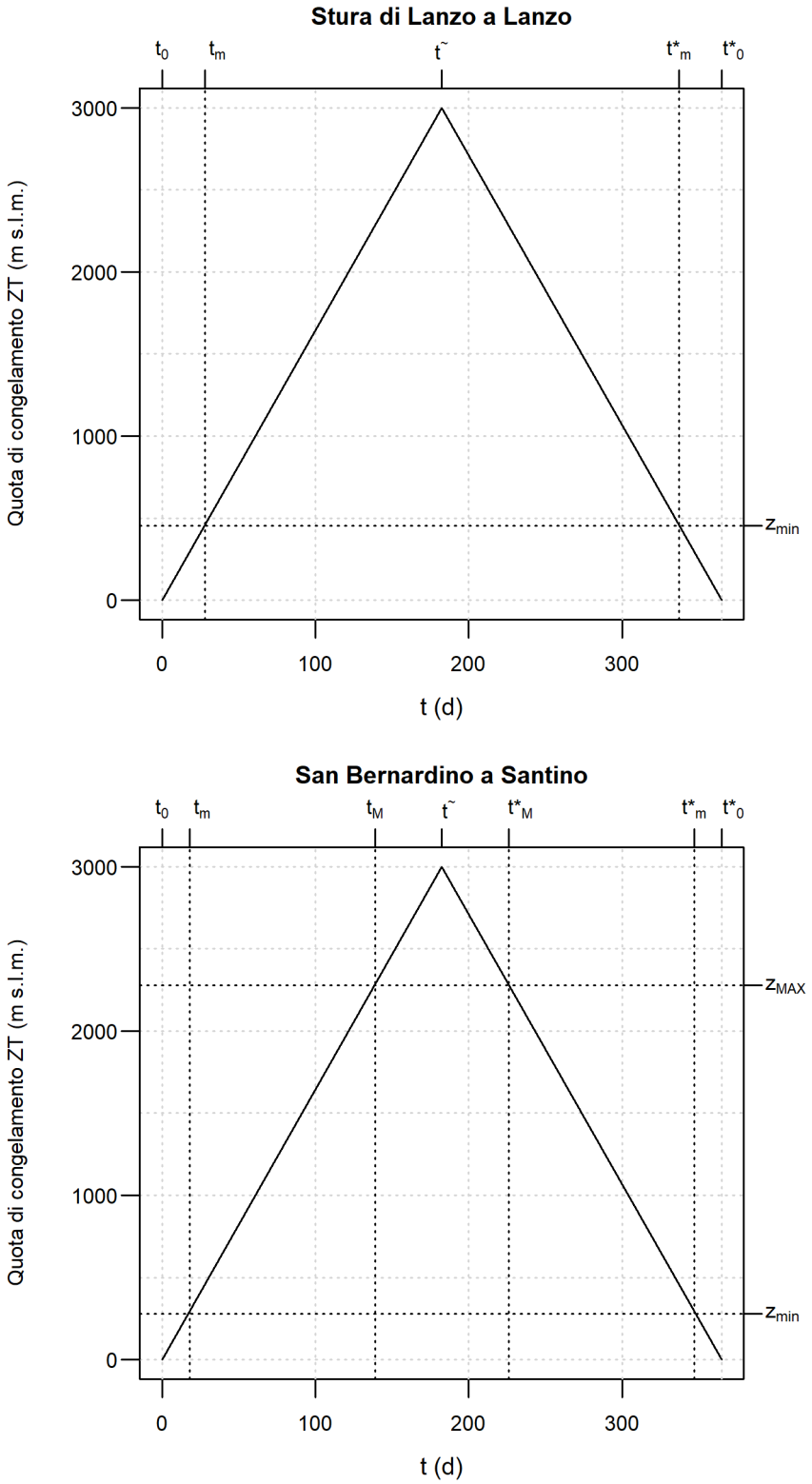


Figura 3.11 – Rappresentazione dell'interazione tra altimetria del bacino idrografico e quota di congelamento durante l'anno Giuliano, giorno di inizio: 1 Febbraio – Bacino High-elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

4. INFLUENZA DELLA CURVA IPSOMETRICA SUL MODELLO FLOODALP

La morfologia del territorio influenza notevolmente la risposta del bacino alle forzanti idrologiche, generando afflussi più o meno gravosi a seconda dei casi. Per comprendere l'importanza di tali caratteristiche si può pensare ai bacini Liguri, i quali sono dotati di area ridotta e pendenze elevate: queste caratteristiche inducono una risposta istantanea del bacino alla precipitazione, generando problematiche di *flash floods*.

Analizzando la morfologia del singolo bacino idrografico è possibile comprendere quindi come esso risponda agli eventi idrologici: quanta acqua venga immagazzinata dal suolo tramite filtrazione, quanta acqua sia trattenuta dalla vegetazione, quanta ne risulti evapotraspirata e quanta acqua contribuisca alla formazione del deflusso in alveo.

Le grandezze morfologiche caratterizzanti il bacino idrografico in questo ambito sono molteplici, come ad esempio:

- Area
- Quote
- Percentuale di copertura vegetale e tipologia
- Pendenza media del bacino
- Fattori di forma (e.g. rapporto di circolarità, rapporto di allungamento etc)

In questa sede si farà riferimento principalmente alla curva ipsografica, la quale rappresenta la relazione tra aree e quote del bacino in esame: in particolar modo essa rappresenta l'area cumulata al di sopra di una determinata quota. In Figura 4.1 si riporta un esempio di curva ipsografica.

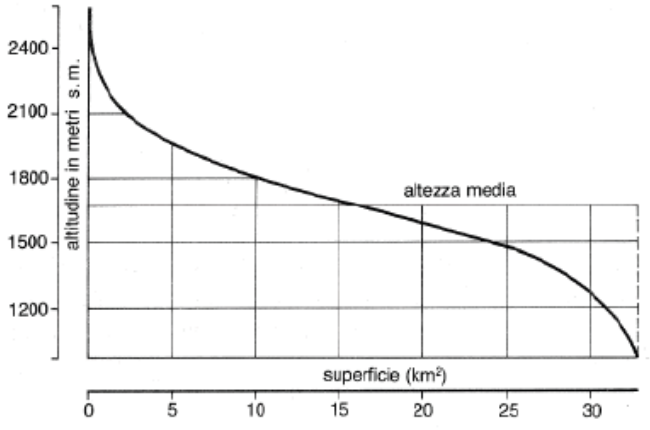


Figura 4.1 – Rappresentazione della curva ipsografica – Fonte: V. D'Agostino

Per la definizione di tale curva si rende necessaria la disponibilità di dati di quote e di aree, ottenibili mediante analisi GIS partendo da un DTM dotato di sufficiente risoluzione.

In questa sede, per quanto riguarda i bacini dell'area oggetto di studio ricadenti nel territorio regionale di Piemonte e Valle d'Aosta, si è fatto riferimento ad un database esistente, l'*Atlante geografico dei bacini piemontesi* (creato e messo a disposizione dal gruppo di Idrologia del Politecnico di Torino nell'ambito del progetto *Renerfor*), all'interno del quale per ogni bacino vi sono riportati una serie di dati morfologici, tra cui le quote a cui corrispondono determinati quantili della curva ipsografica: in Figura 4.2 si riporta un estratto dell'Atlante a titolo esemplificativo.

quota massima	3618	quota minima	455
curva ipsografica 2,5%	3110	curva ipsografica 5%	2914
curva ipsografica 10%	2701	curva ipsografica 25%	2281
curva ipsografica 50%	1755	curva ipsografica 75%	1234
curva ipsografica 90%	895	curva ipsografica 95%	756
curva ipsografica 97,5%	665	distanza interquartile curva ipsografica	1047
angolo di esposizione medio	106	lunghezza vettore orientamento	16

Figura 4.2 – Estratto della tabella riepilogativa delle caratteristiche morfologiche di bacino – Bacino Stura di Lanzo a Lanzo – Fonte: progetto Renerfor

La curva derivante da tali dati è rappresentabile per punti e può essere modellata con funzioni differenti presenti in letteratura, tra cui la funzione di Strahler e la funzione generalizzata a tre parametri spiccano per correttezza matematica e bontà di rappresentazione. In Figura 4.3 è riportata, a titolo di esempio, la curva ipsografica del bacino *Stura di Lanzo a Lanzo*.

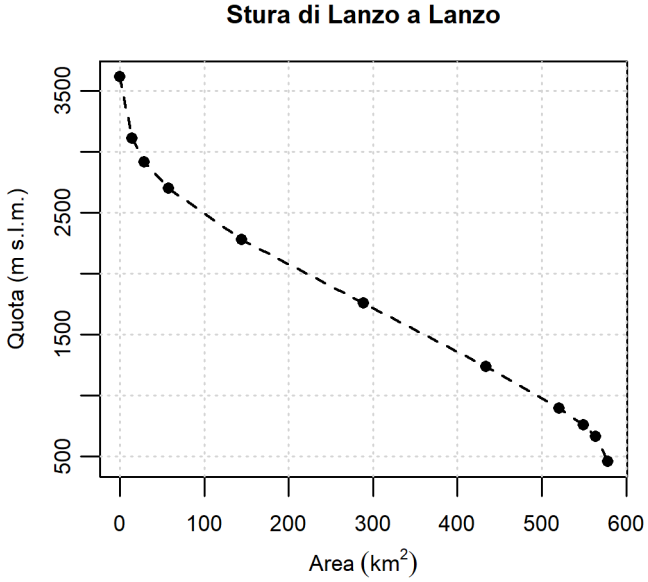


Figura 4.3 – Rappresentazione della curva ipsografica – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

4.1 Curva ipsometrica

Al fine di poter effettuare valutazioni di tipo quantitativo tra bacini caratterizzati da differenti dimensioni e quote, è necessario utilizzare la curva ipsometrica. Tale curva è espressa in termini adimensionali e ha lo stesso significato della curva ipsografica.

In particolare, gli assi vengono adimensionalizzati con le seguenti espressioni:

- $asse\ x \longrightarrow x_{ad} = \frac{A_i}{A_{TOT}}$
- $asse\ y \longrightarrow z_{ad} = \frac{z - z_{min}}{z_{max} - z_{min}}$

In cui:

- A_i: quantile dimensionale *i-esimo* della curva ipsografica
- A_{TOT}: area totale del bacino
- z: quota corrispondente al quantile *i-esimo* della curva ipsografica
- z_{min}: quota minima del bacino
- z_{max}: quota massima del bacino

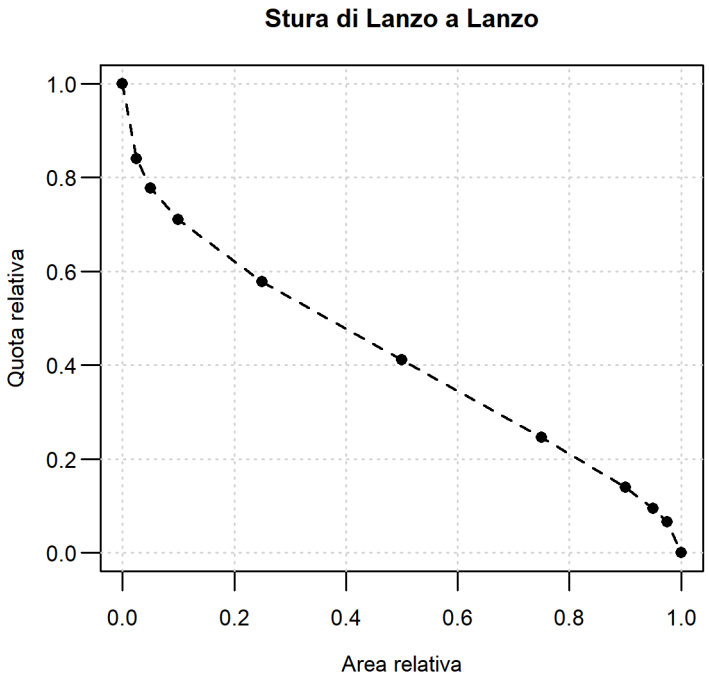


Figura 4.4 – Rappresentazione della curva ipsometrica – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

Osservando la Figura 4.5 è immediato notare come l'utilizzo della curva ipsometrica generi dei benefici, semplificando l'interpretazione delle curve e consentendo la comparazione tra bacini aventi differenti caratteristiche, non possibile utilizzando la curva ipsografica.

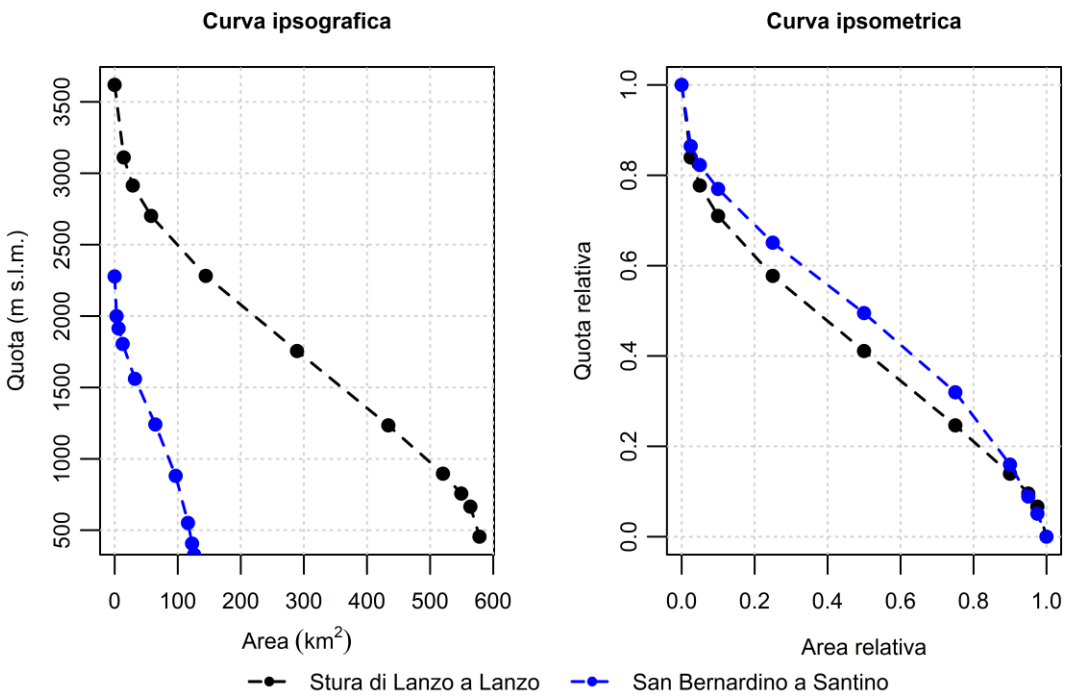


Figura 4.5 – Confronto tra curva ipsografica e curva ipsometrica di due bacini – Bacini: Stura di Lanzo a Lanzo e San Bernardino a Santino

In termini di significato, la curva ipsometrica esprime la distribuzione del volume di terreno del bacino dalla quota minima alla quota massima: la forma di tale distribuzione è indicativa dello stato evolutivo del bacino, del ciclo geomorfologico e del trasporto solido a scala di bacino, come dettagliatamente descritto in seguito.

4.1.1 Modellazione della curva ipsometrica e definizione di integrale ipsometrico

La curva ipsometrica definita in precedenza è discretizzata per punti, ricavati mediante analisi GIS. Per poter effettuare considerazioni di tipo quantitativo è necessaria una modellazione della curva mediante una funzione continua: tale funzione deve avere una formulazione matematica semplice ma, allo stesso tempo, deve essere in grado di modellare adeguatamente tutte le curve ipsometriche naturali. Come si può notare facilmente osservando la Figura 4.6, la curva ipsometrica è sempre caratterizzata da una concavità e da una convessità, rispettivamente nella parte iniziale e finale della curva: la funzione adatta a modellarla deve quindi avere queste caratteristiche.

In letteratura esistono diverse tipologie di funzioni compatibili, ma le più corrette, per formalismo matematico e per bontà di modellazione, risultano essere le funzioni derivate dalla teoria di Strahler (*Strahler A. N., 1952*; *Prashanta B., Shaleen J., 2021*). Le differenti funzioni, elencate in seguito, verranno commentate nei successivi paragrafi.

1. Funzione semplificata ad un parametro (*Strahler A. N., 1952*)
2. Funzione a due parametri (*Strahler A. N., 1952*)
3. Funzione generalizzata a tre parametri (*Prashanta B., Shaleen J., 2021*)

Un parametro fondamentale nell'analisi delle caratteristiche del bacino idrografico mediante l'utilizzo della curva ipsometrica è l'integrale ipsometrico, il quale indica il volume di materiale solido contenuto dal bacino in esame: per il suo calcolo la massa di terreno può essere concettualizzata come formata da strati orizzontali aventi spessore infinitesimo. Effettuata tale concettualizzazione, il volume di ogni singolo strato è dato dal prodotto tra l'area dello strato orizzontale ed il suo spessore; così facendo è immediato il calcolo del volume totale, dato dalla somma di tutti i volumi parziali di ogni singolo strato (Figura 4.6).

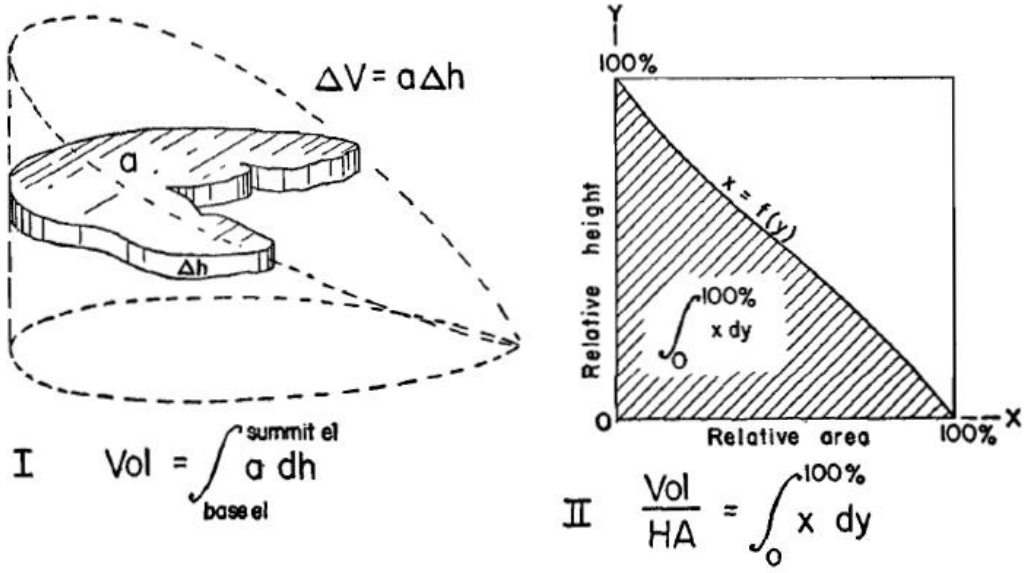


Figura 4.6 – Rappresentazione esemplificativa del significato di curva ipsometrica e definizione dell'integrale ipsometrico

Tramite qualche passaggio matematico si ricava che, integrando la funzione ipsometrica tra gli estremi del suo dominio $(0 \div 1)$ si ottiene una misura del volume di massa solida rispetto al volume teorico originario.

Tale integrale assume il nome di *Integrale Ipsometrico (HI)* ed è calcolato come l'area sottesa dalla curva ipsometrica; utilizzando tale curva il valore dell'integrale è compreso nel range $0 \div 1$ (*Strahler A. N., 1952*).

Alternativamente al calcolo dell'integrale è possibile utilizzare il così detto *Elevation Relief Ratio* (*Wood & Snell, 1960*), dimostrato essere coincidente con il valore dell'integrale ipsometrico (*Pike R. J., Wilson S. E., 1971*).

$$HI = \frac{z_{mean} - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} \qquad [4.1]$$

Sia la forma della curva ipsometrica, sia il valore dell'integrale ipsometrico assumono elevata importanza nelle valutazioni topografiche e geomorfologiche, assumendo una marcata variabilità a seconda dello stadio evolutivo del bacino idrografico e delle strutture geologiche che lo compongono.

In particolar modo, facendo riferimento a questi due parametri discriminanti, si distinguono tre differenti stadi evolutivi del bacino idrografico. Osservando la Figura 4.7 si possono così sintetizzare i vari stadi di evoluzione:

a. Stadio *giovanile*, in cui il bacino risulta essere in fase di erosione. In questa configurazione si osserva una curva ipsometrica caratterizzata sia da concavità che da convessità e da un valore di integrale ipsometrico $HI > 0.6$.
b. Stadio di *maturità*, in cui il bacino è in condizioni di equilibrio. Questo stadio è caratterizzato sia da concavità che da convessità (meno marcate rispetto alla fase giovanile) e da un valore di integrale ipsometrico compreso nel range $HI = 0.4 \div 0.6$.
c. Stadio di *senilità (monadnock)*, in cui il bacino è stato eroso e presenta colline isolate a testimonianza di un rilievo originario. Tale configurazione si caratterizza unicamente di concavità e di un valore di integrale ipsometrico $HI < 0.4$.

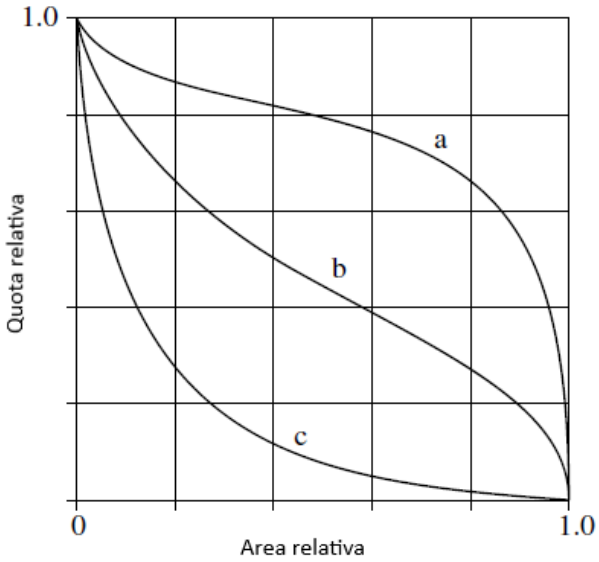


Figura 4.7 – Raffigurazione esemplificativa degli stadi di evoluzione di un bacino idrografico – Fonte: Geomorfologia quantitativa fluviale, Ferro, 2002

Avendo richiamato le basi fondanti dell'ipsometria, si procede ora con la trattazione dettagliata della modellazione della curva ipsometrica.

Funzione semplificata ad un parametro

In ottica di approssimare al meglio il valore dell'integrale ipsometrico fornito dalla funzione di modellazione, semplificando al massimo la sua formulazione, è stata ricavata una formula ad un parametro. Tale espressione trova applicazione all'interno del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), grazie alla formula:

$$\frac{z - z_{min}}{z_{MAX} - z_{min}} = \frac{f_c(t)}{1 + \zeta \cdot (1 - f_c(t))} \qquad [4.2]$$

In cui

- f_c fattore contribuente
- ζ parametro che governa la curvatura, da stimare mediante la formula [4.3]

$$\frac{z_{media} - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} = \frac{-\zeta + (1 + \zeta)\log(1 + \zeta)}{\zeta^2} \qquad [4.3]$$

Impostando $z = ZT(t)$ nell'equazione $[4.2]$ è possibile ricavare l'espressione del fattore contribuente f_c, il cui valore complementare risulta essere l'ascissa risultante dalla funzione di modellazione della curva ipsometrica. In questo caso la stima del parametro ζ deve essere fatta iterativamente, in quanto l'equazione si presenta come implicita.

Grazie alla finalità per la quale è stata creata, la formula $[4.3]$ fornisce valori dell'integrale ipsometrico ottimali, perdendo però nella bontà di modellazione della curva ipsometrica: questa considerazione risulta fondamentale, in quanto la curva ipsometrica influisce in maniera importante sulla formazione delle piene.

In Figura 4.8 si riporta il risultato della modellazione con la funzione ad un parametro per il bacino *Stura di Lanzo a Lanzo*: osservando questo grafico si nota immediatamente la scarsa flessibilità di tale funzione, caratteristica non ottimale per parametrizzare curve ipsometriche in ambito alpino (in quanto trattasi di bacini geologicamente giovani non ancora totalmente erosi, aventi quindi curve ipsometriche caratterizzate sia da concavità che da convessità).

In ALLEGATO D.1 si riportano i valori del parametro ζ ottenuti per tutti i bacini idrografici considerati, seguiti dalle rappresentazioni grafiche risultanti, confrontate con i dati caratterizzanti l'ipsometria (progetto *RENERFOR – Atlante dei Bacini Imbriferi Piemontesi*).

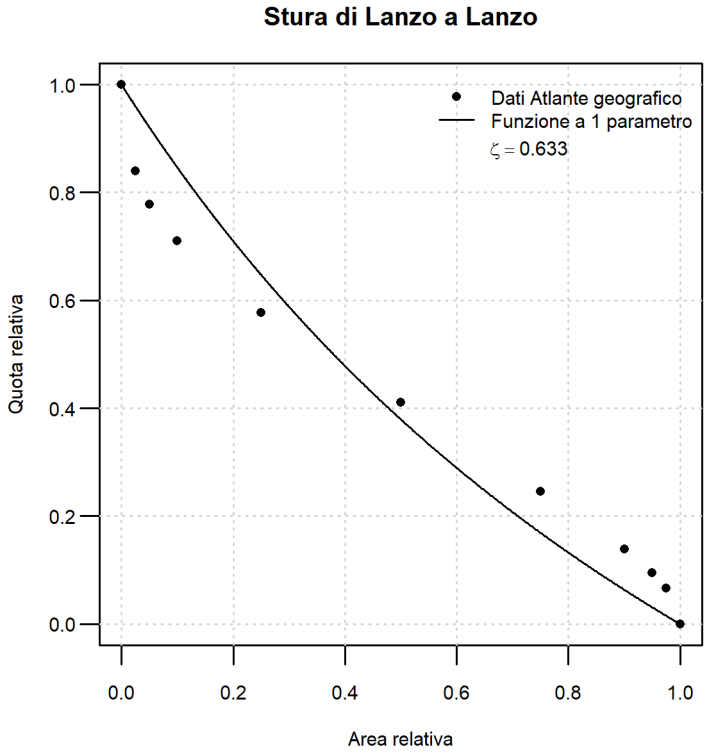


Figura 4.8 – Rappresentazione del risultato della modellazione della curva ipsometrica mediante funzione semplificata ad un parametro, in riferimento ai quantili riportati nel progetto Renerfor – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

Funzione classica di Strahler a due parametri

Tale formulazione risulta essere la prima funzione ad essere stata elaborata (*Strahler A. N., 1952*) e risulta essere ancora oggi una delle più corrette e funzionali presenti in letteratura. Al fine di modellare al meglio la curva ipsometrica è necessario utilizzare due parametri: uno agente sull'integrale ipsometrico ed uno a controllo della sinuosità della curva.

La formulazione originale di tale funzione risulta essere

$$y = \left(\frac{d-x}{x} \cdot \frac{a}{d-a}\right)^z \qquad [4.4]$$

In cui:

- a, d costanti
- $z \geq 0$

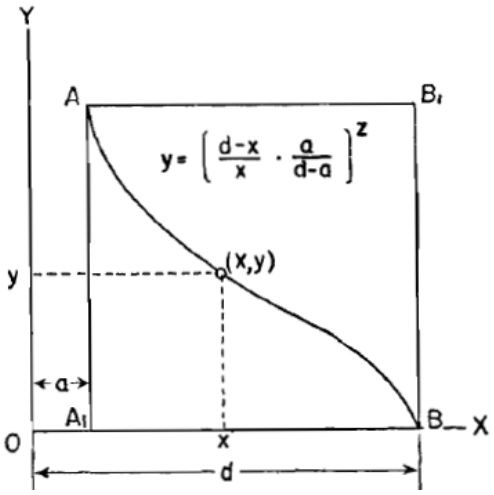


Figura 4.9 – Modellazione della curva ipsometrica mediante funzione di Strahler a due parametri – Fonte: Strahler A. N., 1952

Come si nota nella Figura 4.9, tale modellazione necessita di una traslazione delle ascisse, in modo tale da far iniziare la funzione dal valore $x = 0$. A questo problema formale si ovvia utilizzando l'espressione:

$$y = \left[\frac{r}{1-r}\right]^z \left[\frac{1}{(1-r)x + r} - 1\right]^z \qquad [4.5]$$

dove

- $r = a/d$

Esprimibile anche nella forma più compatta (dove $x_0 = r$):

$$y = \left(\frac{1-x}{x+x_0} x_0\right)^z \qquad [4.6]$$

La variabilità dei parametri influisce nella forma della funzione nelle seguenti modalità:

- Le curve a forma di *S* sono caratterizzate da valori di $z < 1$
- Le curve aventi solo la concavità verso l'alto sono caratterizzate da valori di $z > 1$

Riducendo il valore di r il grado di sinuosità della curva aumenta.

I parametri di questa curva possono essere trovati iterativamente utilizzando un metodo ai minimi quadrati non lineari. Non trattandosi di un campionamento casuale della curva ipsometrica, è bene valutare non solo la stima ai minimi quadrati non lineari come bontà di modellazione, bensì anche i valori degli integrali ipsometrici (rispettivamente derivanti dalla curva ipsometrica interpolata linearmente e dalla funzione ipsometrica). Di seguito (Figura 4.10) si riporta, a titolo di esempio, il risultato della modellazione con la funzione di Strahler a due parametri per il bacino *Stura di Lanzo a Lanzo*.

In ALLEGATO D.2 si riportano i valori dei parametri x_0 e z ottenuti per tutti i bacini idrografici considerati, seguiti dalle rappresentazioni grafiche risultanti, confrontate con i dati caratterizzanti l'ipsometria (progetto *RENERFOR – Atlante dei Bacini Imbriferi Piemontesi*).

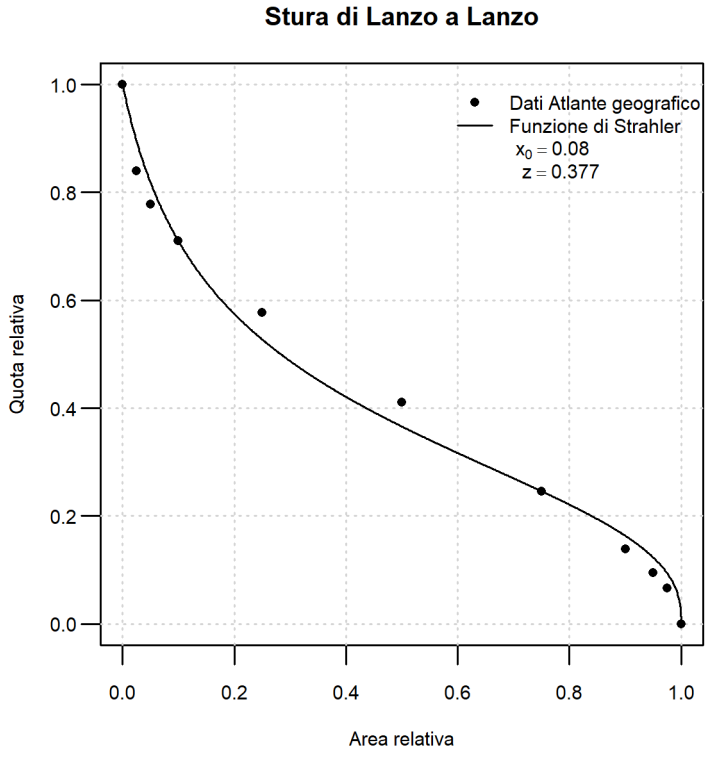


Figura 4.10 – Rappresentazione del risultato della modellazione della curva ipsometrica mediante funzione di Strahler a due parametri, in riferimento ai quantili riportati nel progetto Renerfor – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

Funzione generalizzata a tre parametri

Questa formulazione proposta recentemente (*Prashanta B., Shaleen J., 2021*) è costruita partendo dalla funzione di Strahler, con l'aggiunta di un parametro: tale modifica consente una maggiore adattabilità della funzione alla curvatura iniziale e finale della curva ipsometrica, senza violare le condizioni al contorno prestabilite (concetto non scontato analizzando differenti funzioni di interpolazione, non trattate in questa sede).
La formulazione di questa funzione può essere espressa con un formalismo simile alla funzione di Strahler:

$$y = \left[\frac{r(1-x^m)}{(1-r)x^m + r}\right]^z \qquad [4.7]$$

oppure con una formulazione più compatta:

$$y = \left(\frac{1-x^m}{1+\beta x^m}\right)^z \qquad [4.8]$$

In cui:

- $\beta = \frac{1-r}{r} > 0$
- $z > 0$
- $m > 0$

La stima dei parametri può essere fatta, analogamente al caso precedente, mediante l'utilizzo di un metodo ai minimi quadrati non lineari. Per quanto riguarda la determinazione della bontà di modellazione della funzione generalizzata a tre parametri, vale quanto detto in precedenza per la funzione di Strahler a due parametri. Di seguito (Figura 4.11) si riporta, a titolo di esempio, il risultato della modellazione con la funzione generalizzata a tre parametri per il bacino *Stura di Lanzo a Lanzo*, mentre in ALLEGATO D.4 si riportano i valori dei parametri r, z e m ottenuti per tutti i bacini idrografici considerati, seguiti dalle rappresentazioni grafiche risultanti, confrontate con i dati caratterizzanti l'ipsometria (progetto *RENERFOR – Atlante dei Bacini Imbriferi Piemontesi*).

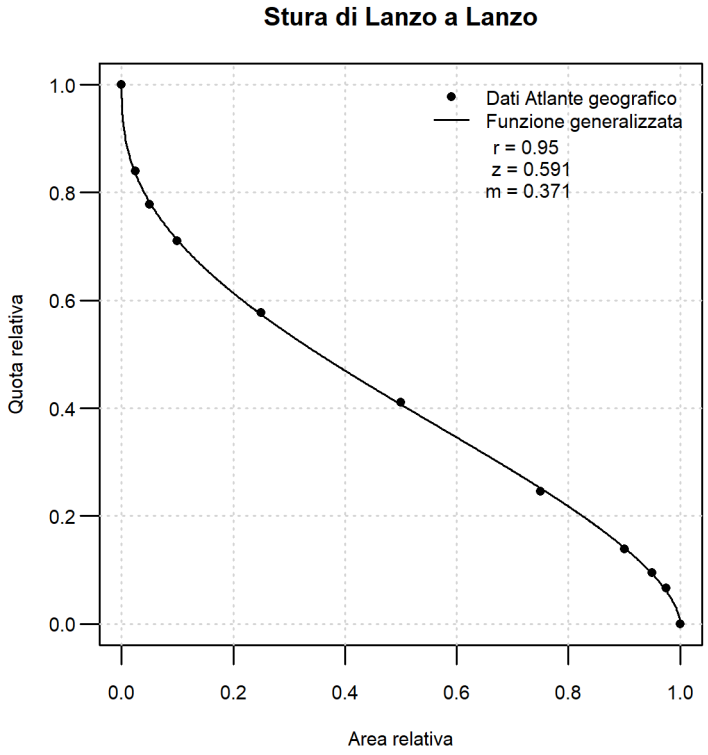


Figura 4.11 – Rappresentazione del risultato della modellazione della curva ipsometrica mediante funzione generalizzata a tre parametri, in riferimento ai quantili riportati nel progetto Renerfor – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

Confronto tra funzioni di modellazione

Avendo analizzato nel dettaglio tre funzioni esistenti per la modellazione della curva ipsometrica, è possibile ora farne un confronto per definire quale fornisca risultati migliori. I confronti saranno basati sempre sulla funzione di Strahler, la quale sarà presa come riferimento per l'applicazione del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*).

Confrontando la funzione di Strahler con la funzione semplificata ad un parametro (Figura 4.12) si nota come quest'ultima sia totalmente distante dai dati morfologici osservati: pertanto, non risulta essere adatta alla modellazione della curva ipsometrica. Per contro, tale funzione fornisce valori dell'integrale ipsometrico coincidenti al valore reale: questa caratteristica può essere utilizzata per giustificarne la sua scelta nell'applicazione del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*).

Andando a comparare la funzione di Strahler a due parametri con la funzione generalizzata a tre parametri (Figura 4.13) si nota una maggior precisione nella modellazione da parte della funzione generalizzata: tale precisione è data dal parametro aggiuntivo, il quale consente di raggiungere maggiore flessibilità (in testa, nel corpo e in coda alla funzione). Nonostante si raggiunga una precisione maggiore con la funzione generalizzata, a causa della complicazione indotta dall'utilizzo di un modello a tre parametri, si è scelto di utilizzare la funzione di Strahler per l'applicazione del modello geomorfoclimatico, la quale fornisce risultati accurati sia in termini di integrale ipsometrico sia in termini di modellazione della curva.

In ALLEGATO D.4 e ALLEGATO D.5 si riportano graficamente i risultati del confronto tra le funzioni di modellazione per tutti i bacini idrografici considerati, confrontate con i dati caratterizzanti l'ipsometria (progetto *RENERFOR – Atlante dei Bacini Imbriferi Piemontesi*). In Tabella 4.1 si riporta un confronto tra gli integrali ipsometrici risultanti dalle tre diverse funzioni di modellazione della curva ipsometrica, a dimostrazione di quanto detto in precedenza. Si osserva che il valore fornito dalla formulazione semplificata ad un parametro coincide con il valore teorico dell'integrale ipsometrico, in quanto coincidente con il parametro di *Elevation Relief Ratio* (*Pike R. J., Wilson S. E., 1971*).

Tabella 4.1 – Confronto dei valori di integrale ipsometrico forniti dalle funzioni di modellazione della curva ipsometrica

Codice	***Denominazione***	***HI - 1 parametro***	***HI - 2 parametri***	***HI - 3 parametri***
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	0.4189	0.4034	0.4186

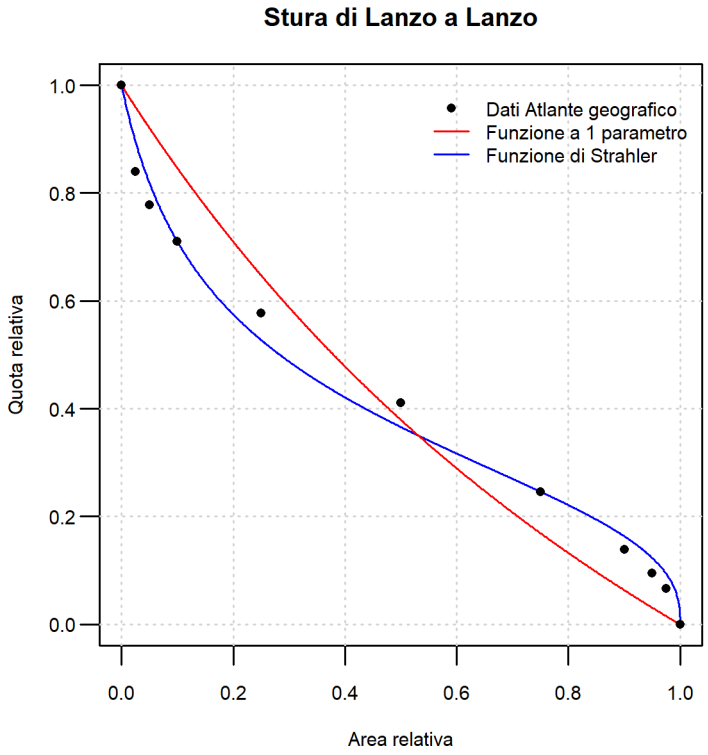


Figura 4.12 – Confronto tra la modellazione della curva ipsometrica mediante la funzione ad un parametro e la funzione di Strahler a due parametri, in riferimento ai quantili riportati nel progetto Renerfor – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

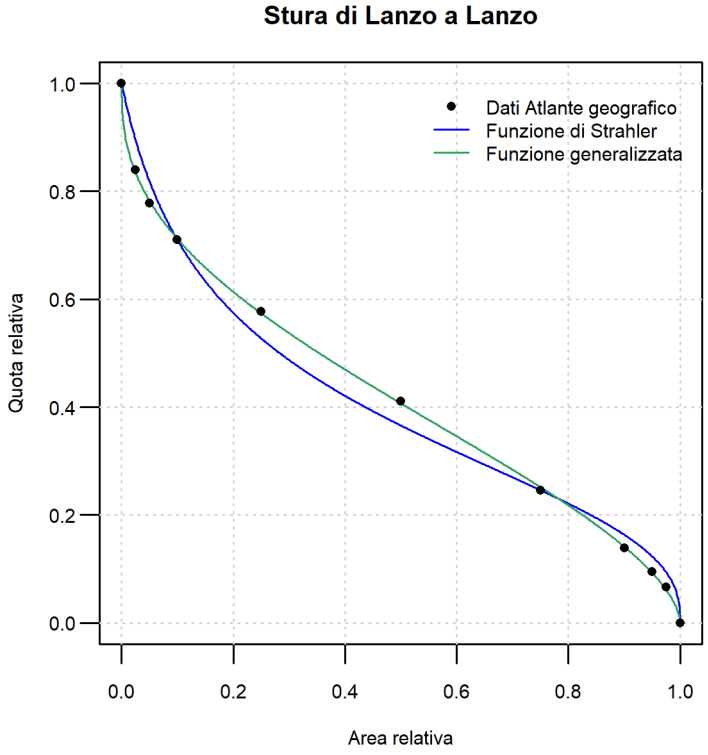


Figura 4.13 – Confronto tra la modellazione della curva ipsometrica mediante la funzione generalizzata a tre parametri e la funzione di Strahler a due parametri, in riferimento ai quantili riportati nel progetto Renerfor – Bacino: Stura di Lanzo a Lanzo

4.2 Influenza della modellazione della curva ipsometrica in FloodAlp

Il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) inserisce le caratteristiche plano-altimetriche di bacino, sintetizzate nella curva ipsometrica, per valutare la percentuale di area del bacino idrografico contribuente al deflusso in un determinato periodo dell'anno: questa grandezza assume il nome di *fattore contribuente* f_c.

La curva ipsometrica risulta quindi fondamentale per stimare la portata specifica all'interno dell'alveo in un determinato periodo dell'anno solare: in funzione della quota dello zero termico infatti, è possibile valutare, mediante l'utilizzo della funzione ipsometrica, la percentuale di area contribuente al deflusso in forma liquida. In Figura 4.14 si riporta un esempio di quanto appena espresso, in cui si evidenzia come, a causa della modalità di costruzione della curva ipsometrica, l'area contribuente al deflusso in forma liquida è fornita dal valore complementare dell'ascissa, ricavata intersecando la funzione ipsometrica con la quota di zero termico determinata in precedenza.

In funzione della tipologia di bacino idrografico (*Bounded, High Elevation, Warm-Bounded, Warm-High Elevation*) si distinguono differenti regimi stagionali che influiscono sul valore di f_c: in particolar modo, per un bacino *Bounded* si realizzano tutte le configurazioni stagionali, per cui la variabilità del fattore contribuente risulta essere:

$$f_c(t) = \begin{cases} 0 & t_0 < t < t_{min} & RI \\ 0 \div 1 & t_{min} < t < t_{MAX} & RII \\ 1 & t_{MAX} < t < \tilde{t} & RIII \end{cases} \qquad [4.9]$$

A causa del regime termometrico, durante l'anno si registra la variazione del valore di fattore contribuente: una quota di zero termico superiore alla quota massima del bacino idrografico implica un totale coinvolgimento di questo nella formazione del deflusso; ragionando sull' interazione esistente tra la quota di congelamento e il fattore contribuente alla formazione di portata, è possibile tracciare un grafico di quest'ultimo parametro. Da queste considerazioni si evince l'importanza della quota di zero termico, in cui risiede la limitazione di produrre portata liquida. Fondamentale è anche lo stadio evolutivo del bacino: a parità di quota, bacini più giovani sono in grado di trattenere più acqua in fase solida, mentre bacini in fase senile forniscono un contributo maggiore alla formazione di portata liquida.

Nei due paragrafi successivi si approfondisce lo studio dell'impatto della curva ipsometrica all'interno del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), in funzione della tipologia di parametrizzazione utilizzata (semplificata ad un parametro e Strahler a due parametri).

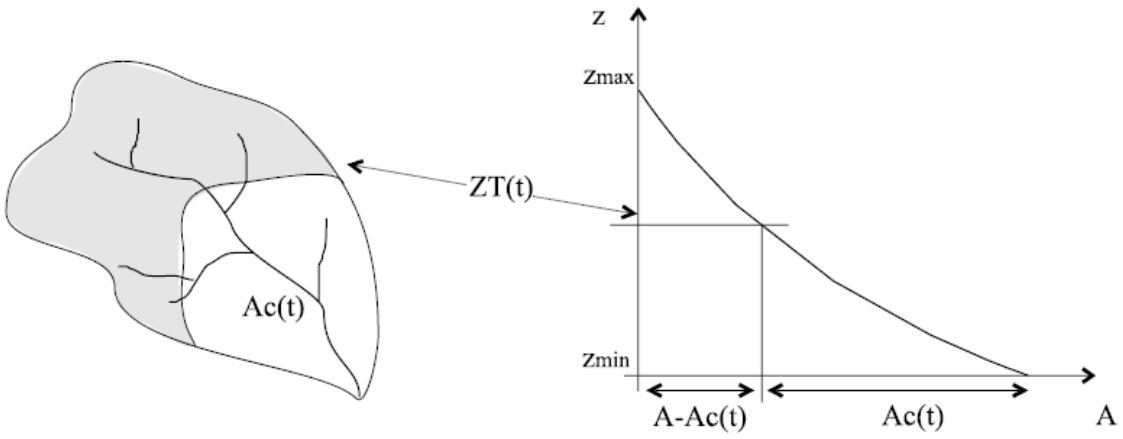


Figura 4.14 – Rappresentazione schematica dell'influenza esercitata, all'interno del modello FloodAlp, dalla curva ipsometrica sul parametro di area contribuente alla formazione del deflusso – Fonte: Allamano P. et al., 2009

4.2.1 Modellazione semplificata ad un parametro

Il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) usufruisce, per la determinazione del parametro di fattore contribuente durante il periodo stagionale RII, della funzione ad un parametro per la modellazione della curva ipsometrica. A tale scopo, sostituendo alla quota z il valore assunto, nel periodo $t_{min} \div t_{MAX}$, dalla quota di congelamento $ZT(t)$ nell'equazione $[4.2]$ si ottiene l'espressione $[4.10]$.

$$f_c(t) = \frac{(1+\zeta)(ZT(t) - z_{min})}{\zeta(ZT(t) - z_{min}) + z_{MAX} - z_{min}} \qquad [4.10]$$

Inserendo tale espressione nella funzione $[4.9]$ definita ad intervalli, è possibile visualizzare l'andamento del fattore contribuente f_c durante l'anno: in Figura 4.15 si riportano i risultati ottenuti per un bacino *High-Elevation* (*Stura di Lanzo a Lanzo*) e per un bacino *Bounded* (*San Bernardino a Santino*).

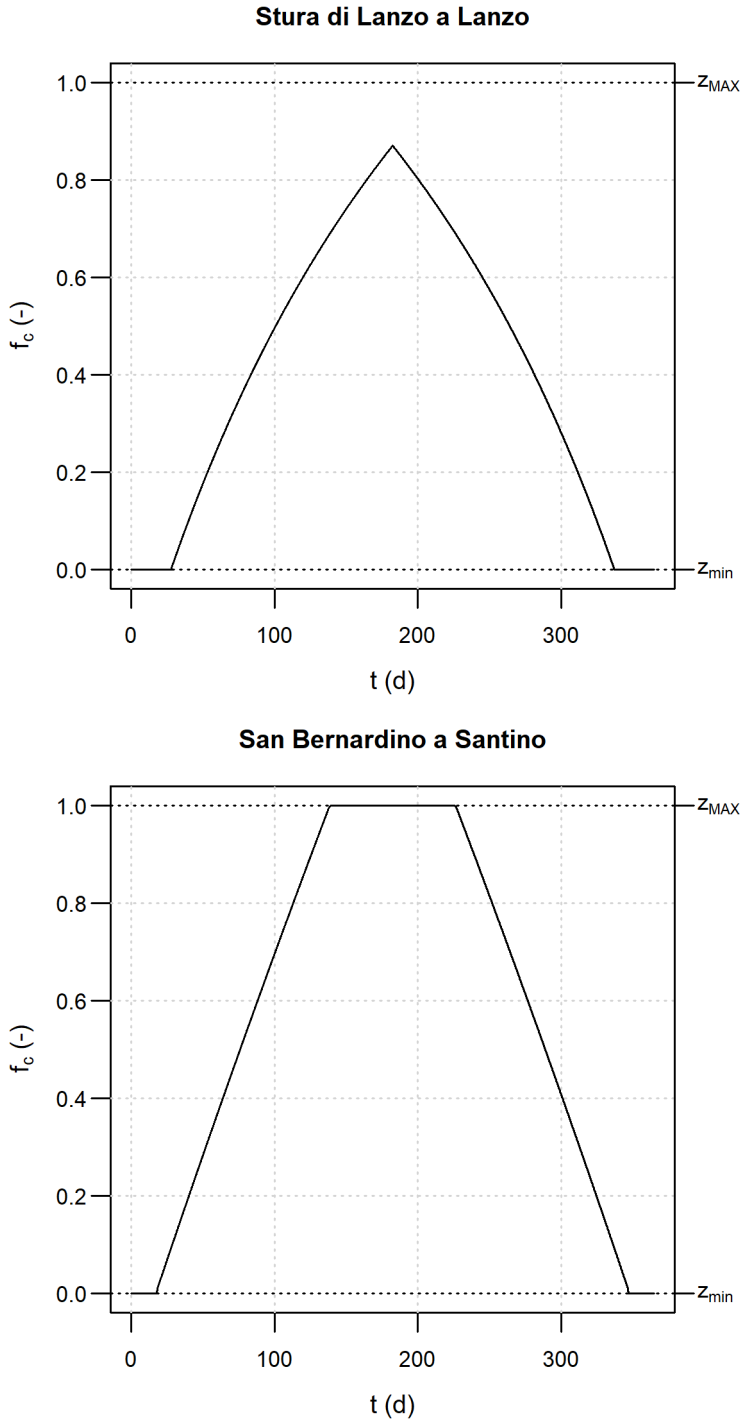


Figura 4.15 – Rappresentazione dell'andamento del fattore contribuente f_c durante l'anno – Modellazione della curva ipsometrica mediante funzione ad un parametro – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

4.2.2 Modellazione a due parametri

La maggiore bontà di modellazione della curva ipsometrica espressa dalla funzione di Strahler (*Strahler A. N., 1952*) nei confronti della funzione semplificata ad un parametro, suggerisce la ricerca di una formulazione del fattore contribuente basata sull'espressione a due parametri. A tal proposito, si propone di ricercare la funzione inversa dell'espressione di Strahler, impostando l'ordinata pari alla quota di congelamento adimensionalizzata: così facendo si ottiene il valore complementare del fattore contribuente f_c nel periodo stagionale RII.

In Figura 4.16 è riportata schematicamente e graficamente la procedura descritta.

Modellazione a 2 parametri (*Strahler A. N., 1952*)

$$y = \left(\frac{1-x}{x+x_0}x_0\right)^z$$

↓

Ricerca della funzione inversa

↓

$$x = -\frac{x_0(y^{1/z}-1)}{x_0+y^{1/z}}$$

↓

$$y = ZT(t)_{ad} = \frac{ZT(t)-z_{min}}{z_{MAX}-z_{min}}$$

↓

$$f_c = 1-x$$

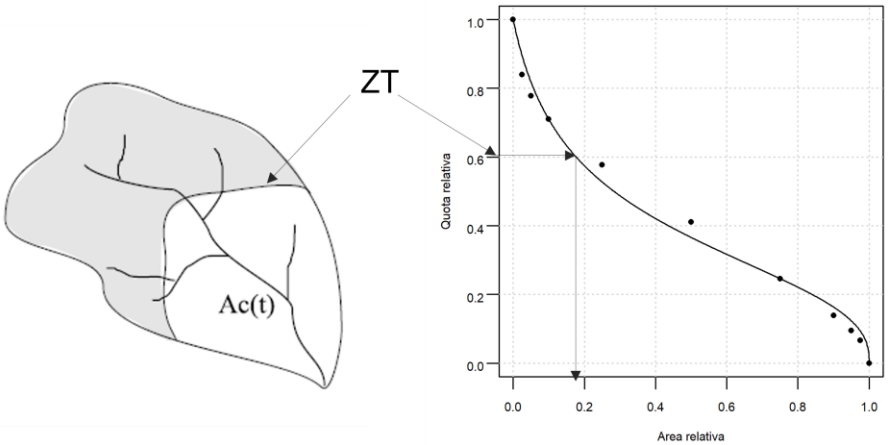


Figura 4.16 – Rappresentazione schematica della procedura proposta per determinazione del fattore contribuente f_c

Analogamente a quanto fatto in precedenza con la funzione semplificata ad un parametro, è possibile visualizzare l'andamento della curva del fattore contribuente durante l'anno. In Figura 4.17 si possono osservare i risultati derivanti da queste operazioni, per un bacino *High-Elevation* (*Stura di Lanzo a Lanzo*) e per un bacino *Bounded* (*San Bernardino a Santino*).

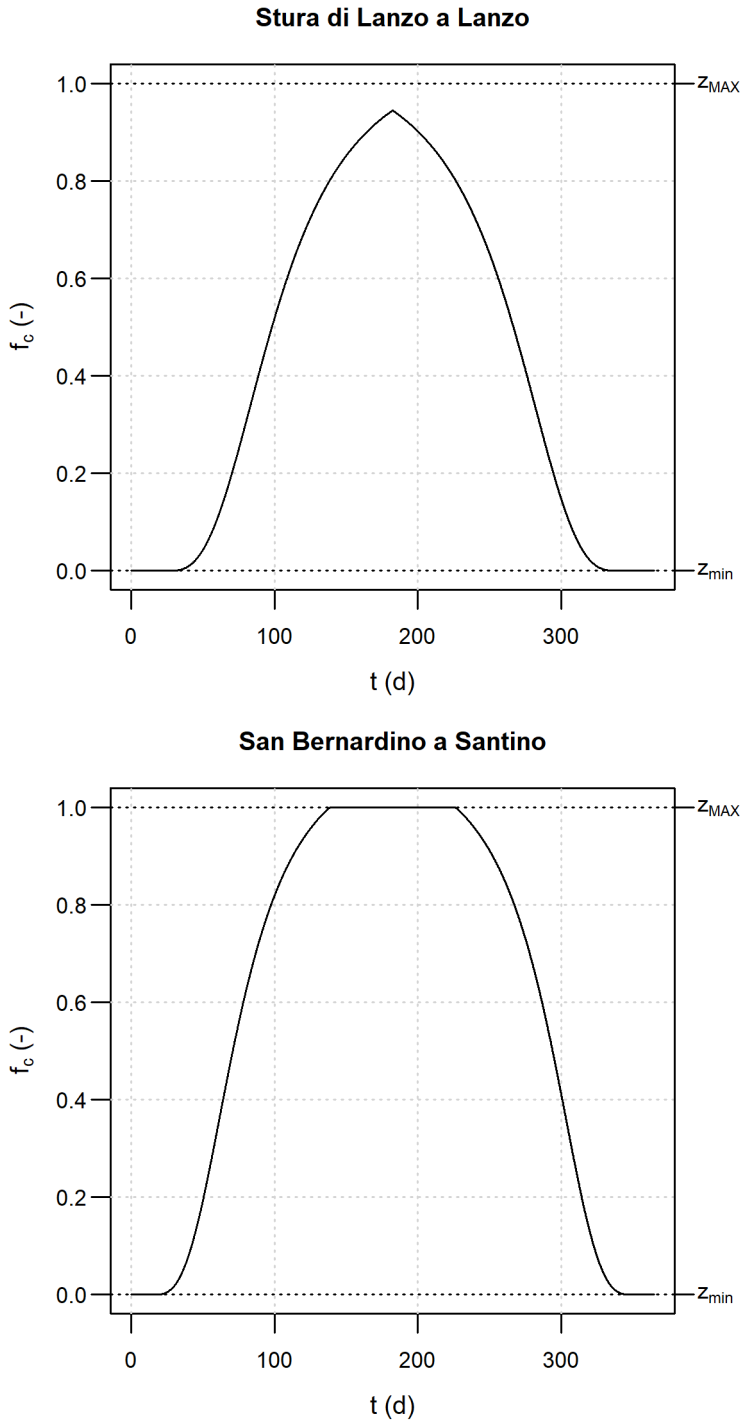


Figura 4.17 – Rappresentazione dell'andamento del fattore contribuente f_c durante l'anno – Modellazione della curva ipsometrica mediante funzione a due parametri di Strahler – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

4.2.3 Confronto dei risultati ottenuti

Dalle operazioni di modellazione della curva ipsometrica precedentemente descritte è possibile effettuare un confronto dei risultati ottenuti. In particolar modo, in questa sede si effettua il confronto mediante la comparazione dei valori di fattore contribuente f_c risultanti dalle due differenti modalità di modellazione della curva ipsometrica. In Figura 4.18 si riportano i risultati ottenuti per i bacini idrografici *Stura di Lanzo a Lanzo* (*High-Elevation*) e *San Bernardino a Santino* (*Bounded*).

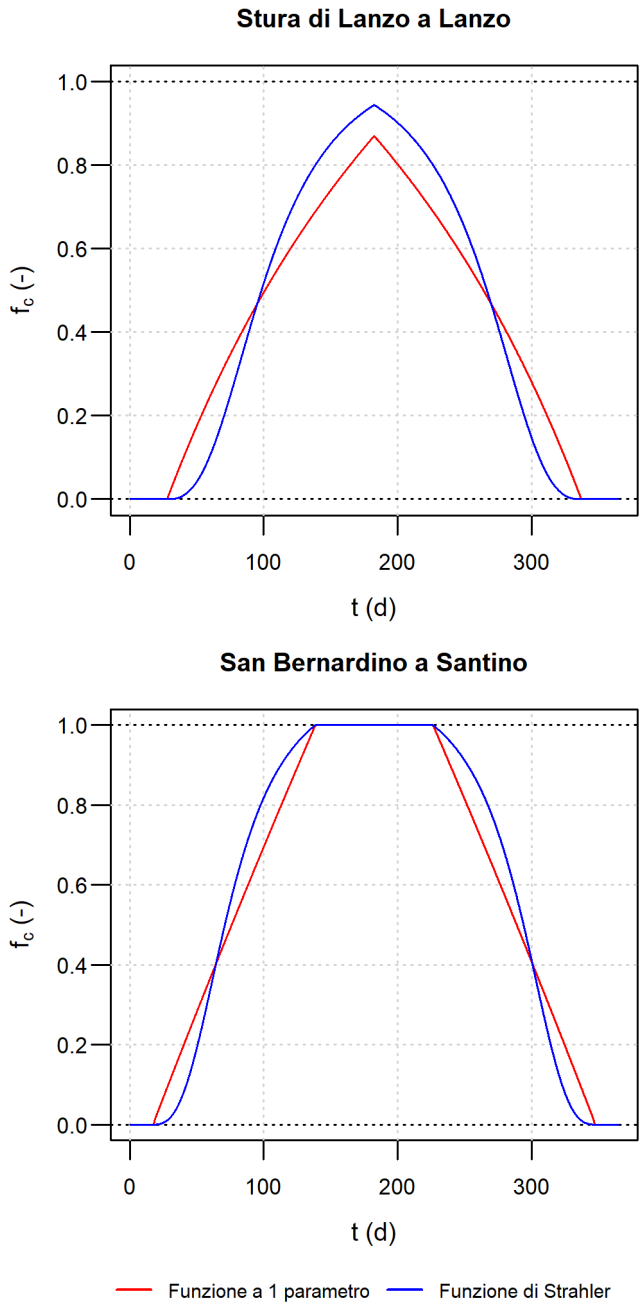


Figura 4.18 – Confronto dei risultati di fattore contribuente ottenuti mediante modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro (rosso) e funzione di Strahler a due parametri (blu) – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

Le differenze evidenziate da tali risultati (vedi ALLEGATO E.3 per tutti i bacini oggetto di studio) si ripercuotono sui risultati finali del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), in particolar modo nella curva di frequenza di piena.

Nonostante vi sia una marcata differenza nella forma, si sottolinea come la funzione semplificata a un parametro, impiegata nel modello originale (*Allamano P. et al., 2009*), fornisca valori di integrale del fattore contribuente non molto distanti dai valori risultanti utilizzando la funzione di Strahler a due parametri. La differenza principale fornita dalla comparazione dei risultati consta nel valore del fattore contribuente f_c durante l'anno: infatti, si nota una maggiore percentuale di area contribuente dovuta alla modellazione a due parametri nei periodi più caldi della stagione intermedia, a causa della migliore parametrizzazione della curva ipsometrica. Sempre per la stessa ragione, all'inizio del periodo RII, la modellazione a due parametri fornisce valori di area contribuente inferiori rispetto alla parametrizzazione ad un parametro. Queste evidenze trovano spiegazione in Figura 4.19, in cui si nota come, a quote di congelamento elevate la funzione di Strahler fornisce f_c maggiori rispetto alla formulazione ad un parametro, invertendo il risultato a quote di congelamento inferiori. Le differenze evidenziate risultano meno marcate quanto più si riduce il valore dell'integrale ipsometrico, fino a risultare trascurabili nei casi in cui venga meno la doppia curvatura assunta dalla curva ipsometrica (bacino molto eroso, fase *monadnock*).

Nel Capitolo 5 si affronterà la questione in dettaglio, mostrando i risultati, in termini di distribuzione di frequenza cumulata, ottenuti con le due differenti funzioni di modellazione della curva ipsometrica.

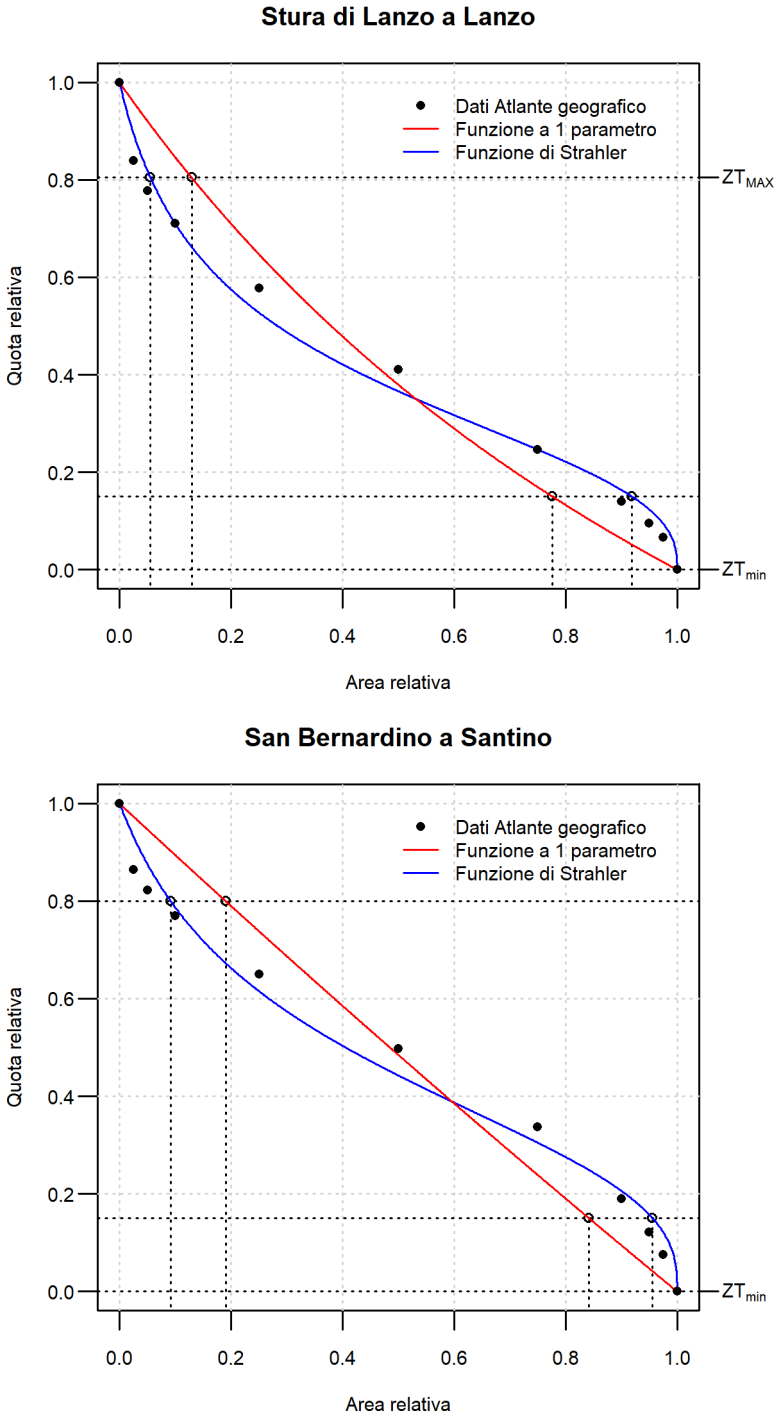


Figura 4.19 – Rappresentazione della differenza del valore di fattore contribuente a seconda della funzione di modellazione della curva ipsometrica adottata. Il fattore contribuente risulta essere il complementare dell'ascissa. – Funzione semplificata ad un parametro (rosso) e funzione di Strahler a due parametri (blu)

5. APPLICAZIONE DEL MODELLO FLOODALP CON ESTREMI GIORNALIERI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nei capitoli precedenti si è analizzato il modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) dettagliatamente, discutendo dell'importanza rivestita dai parametri di input (climatici e pluviometrici) e dalla tipologia di formulazione adottata per la determinazione del fattore contribuente f_c.

Conoscendo i meccanismi fondanti il modello geomorfoclimatico e la variabilità indotta dai parametri citati in precedenza, è possibile applicare *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) ai 121 bacini montani selezionati, confrontando i risultati ottenuti con le differenti varianti utilizzate. In particolar modo, si affronteranno i seguenti casi di applicazione del modello:

- Modellazione della curva ipsometrica ad un parametro (*Allamano P. et al., 2009*)
- Modellazione della curva ipsometrica a due parametri
- Determinazione dei parametri pluviometrici medi di bacino con dati di estremi giornalieri annui
- Determinazione dei parametri pluviometrici medi di bacino con dati di estremi annui registrati nella finestra delle 24 ore.

Come visto in precedenza, l'importanza della modellazione della curva ipsometrica risiede nella determinazione del parametro di fattore contribuente f_c. I parametri pluviometrici medi di bacino, invece, intervengono nella modellazione dell'evento meteorico, fondamentale per la determinazione del deflusso finale. I parametri citati devono essere determinati a priori, poiché fondamentali per il funzionamento del modello geomorfoclimatico.

Tutto quanto detto successivamente a riguardo del parametro f_c e della sua determinazione fa riferimento unicamente al periodo stagionale RII.

I risultati ottenuti vengono riportati in termini di distribuzione di frequenza cumulata in riferimento alla portata specifica, a cui si affiancano i dati estremi di portata giornaliera annua registrati dalle stazioni di interesse, di cui si è ampiamente discusso al Capitolo 1: tali osservazioni vengono riportate nei grafici utilizzando la *plotting position* di *Hazen*.

In conclusione, avendo a disposizione le misurazioni idrometriche si effettua una taratura del modello *FloodAlp*, agendo sul coefficiente di deflusso C.

5.1 Modellazione della curva ipsometrica

Nella sua formulazione originale, il modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*), propone l'utilizzo della modellazione della curva ipsometrica ad un parametro per il calcolo del fattore contribuente f_c. In particolare, esplicitando la formula [4.2] in favore di tale parametro, si trova l'equazione [5.2].

$$f_c(t) = \frac{(1+\zeta)\,(ZT(t) - z_{min})}{\zeta\,(ZT(t) - z_{\min}) + z_{MAX} - z_{min}} \qquad [5.2]$$

Utilizzando questa formulazione per l'applicazione del modello geomorfoclimatico su tutti i bacini idrografici considerati si ottengono i risultati riportati in ALLEGATO F.1.
In Figura 5.1 si riportano i risultati ottenuti per un bacino *High-Elevation (Stura di Lanzo a Lanzo)* e per un bacino *Bounded (San Bernardino a Santino)*.
Riferendosi alla modellazione a due parametri della curva ipsometrica (*Strahler A. N., 1952*) è possibile ricavare, tramite la procedura riportata schematicamente in Figura 4.16, l'espressione per la determinazione del fattore contribuente f_c:

$$f_c = 1 + \frac{x_0(y^{1/z} - 1)}{x_0 + y^{1/z}} \qquad [5.3]$$

Utilizzando tale formula all'interno del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) si ottengono i risultati riportati in Figura 5.2, rispettivamente per i bacini idrografici *Stura di Lanzo a Lanzo* (*High-Elevation*) e *San Bernardino a Santino* (*Bounded*). In ALLEGATO F.2 sono rappresentati graficamente i risultati derivanti da questa applicazione.

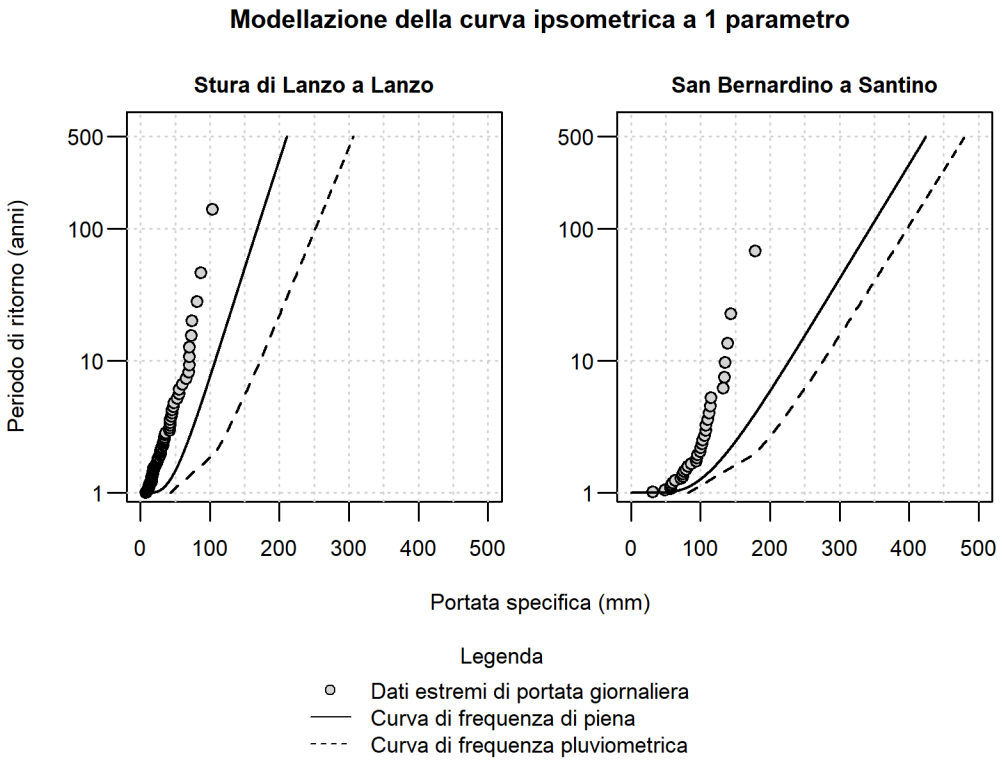


Figura 5.1 – Rappresentazione dei risultati prodotti dal modello FloodAlp con la modellazione ad un parametro della curva ipsometrica – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

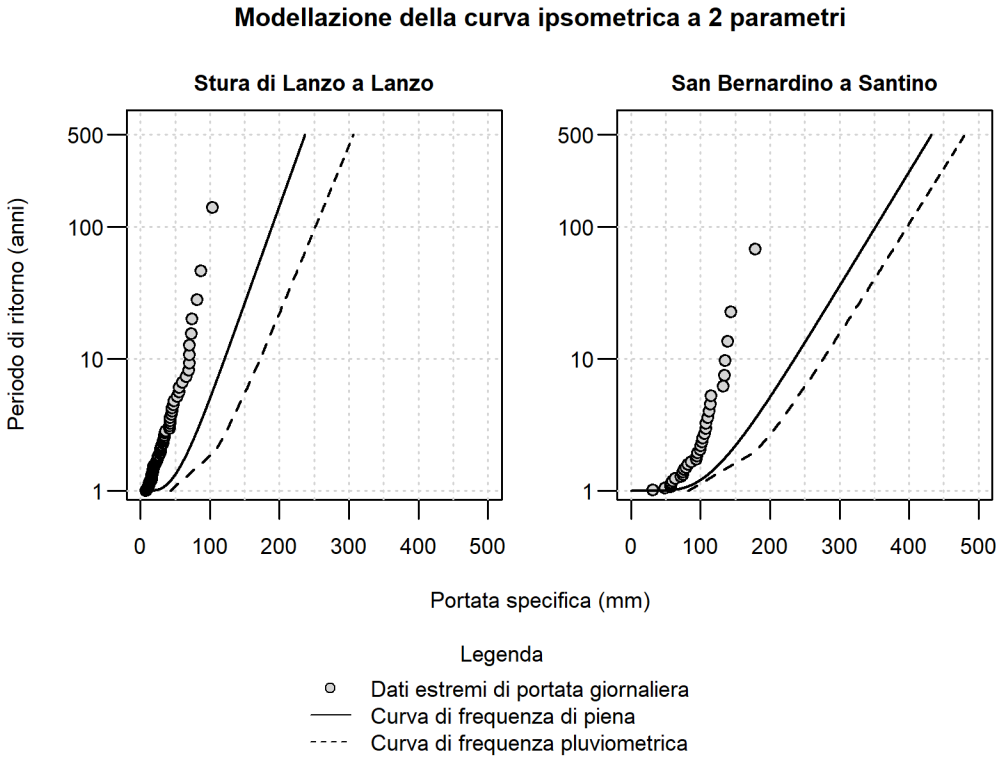


Figura 5.2 – Rappresentazione dei risultati prodotti dal modello FloodAlp con la modellazione a due parametri della curva ipsometrica – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

Avendo considerato, in questa sede, il coefficiente di deflusso come unitario, si evidenzia come lo scostamento esistente tra la curva di frequenza pluviometrica e la curva di frequenza di piena sia dovuto unicamente al parametro di fattore contribuente f_c, e quindi dall'attenuazione alla formazione di portata imputabile alla porzione di bacino innevata.

Effettuando un confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata risultanti dalle differenti modalità di rappresentazione della curva ipsometrica (Figura 5.3), è possibile notare che la funzione di modellazione a due parametri fornisce valori di portata specifica, a parità di periodo di ritorno, maggiori o uguali rispetto a quelli forniti dalla formulazione semplificata ad un parametro. La necessità di disposizione di dati altimetrici a sufficiente risoluzione per l'utilizzo della funzione di Strahler rende tale modello non sempre applicabile. La funzione semplificata ad un parametro, invece, non necessità di tali dati per la sua costruzione: per questa motivazione essa gode di un maggiore spettro di utilizzo per il modello in esame.

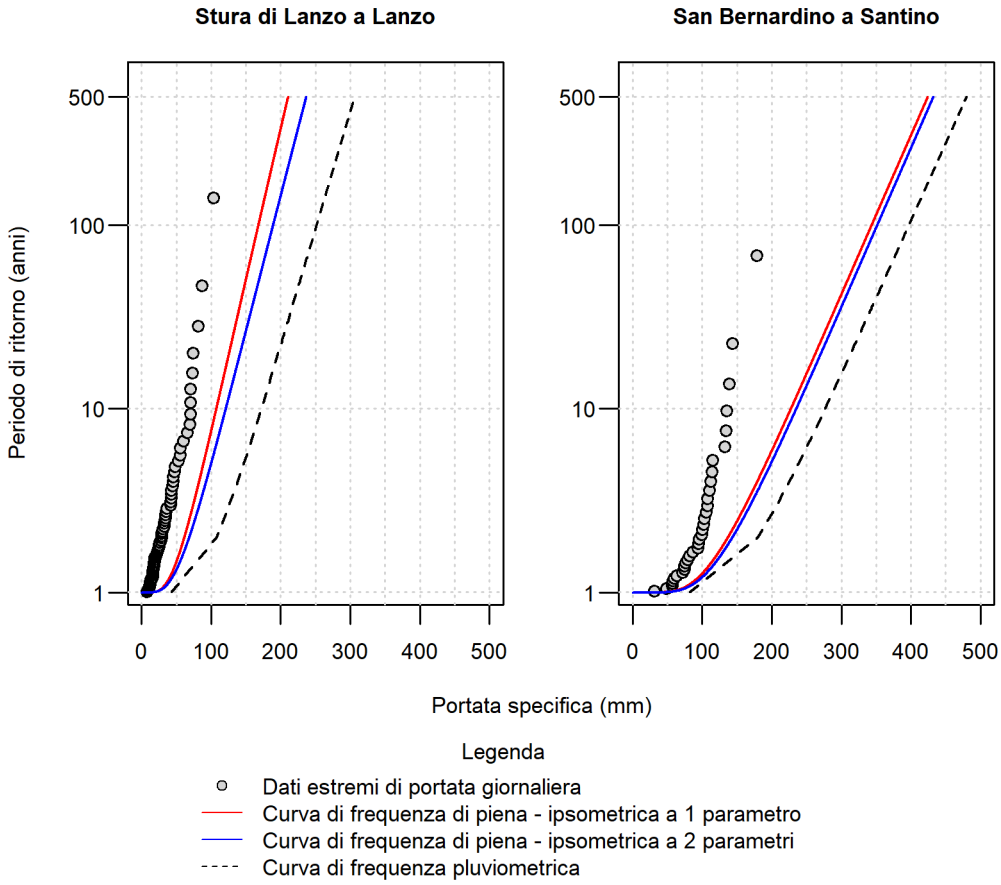


Figura 5.3 – Confronto dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp utilizzando la funzione di modellazione della curva ipsometrica semplificata ad un parametro (curva rossa) e la funzione di Strahler a due parametri (curva blu) – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

Analizzando il confronto dei risultati derivanti dalle due simulazioni per tutti i 121 bacini considerati (ALLEGATO F.3) si evidenzia un discostamento variabile delle distribuzioni cumulate a seconda del bacino idrografico: la differenza di risultato è essenzialmente dovuta alla qualità di approssimazione della curva ipsometrica. Nel Capitolo 4 si è dettagliatamente mostrato quanto la modellazione semplificata ad un parametro generi imprecisioni nella rappresentazione dei quantili della curva ipsometrica, nonché nel calcolo del fattore contribuente f_c. Tutto ciò è estremamente dipendente dalla fase di sviluppo a cui il bacino appartiene (*giovane, matura, monadnock*): infatti, come mostrato in Figura 5.4, un bacino *giovane-maturo* è mal rappresentato dalla formulazione semplificata ad un parametro, mentre un bacino totalmente eroso (fase *monadnock*) risulta correttamente rappresentato.

Essendo la funzione di *Strahler* a due parametri più flessibile, essa consente una modellazione della curva ipsometrica più precisa, con conseguente valutazione più realistica del valore di fattore contribuente f_c durante l'anno: in Figura 5.4 si riportano i risultati derivanti dalle due differenti modalità di modellazione della curva ipsometrica, a cui segue (Figura 5.5) la rappresentazione dei risultati prodotti dalle simulazioni del modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*).

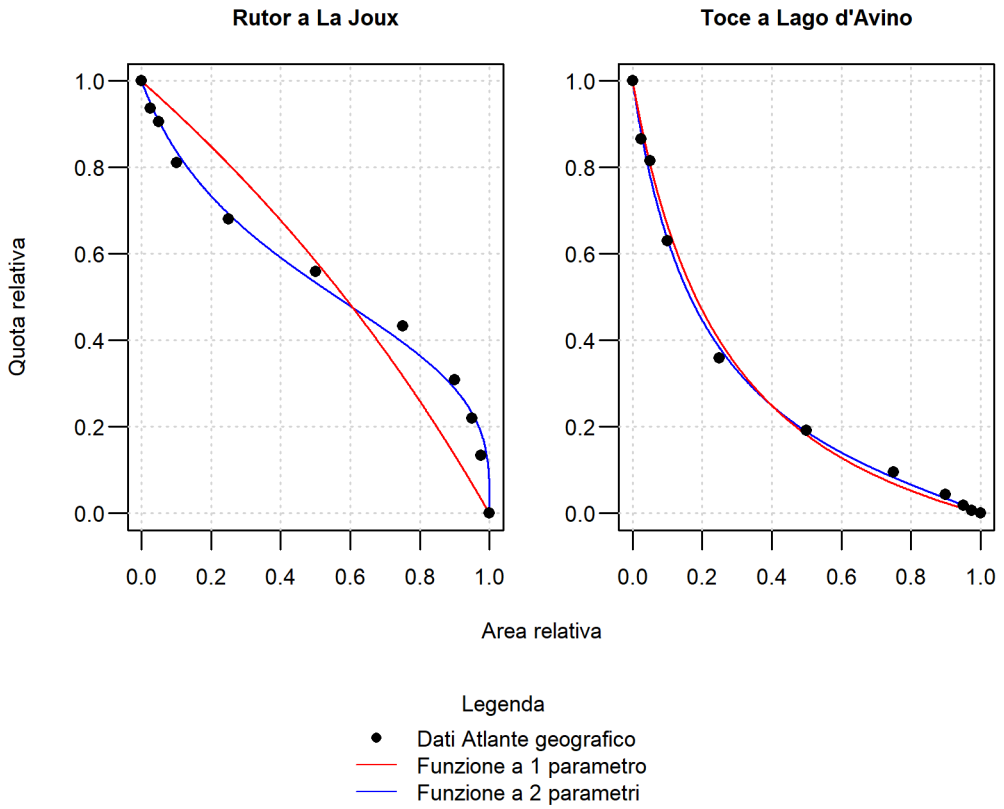


Figura 5.4 – Rappresentazione della modellazione della curva ipsometrica semplificata ad un parametro – Bacino giovane-maturo: Rutor a La Joux – Bacino in fase monadnock: Toce a Lago d'Avino

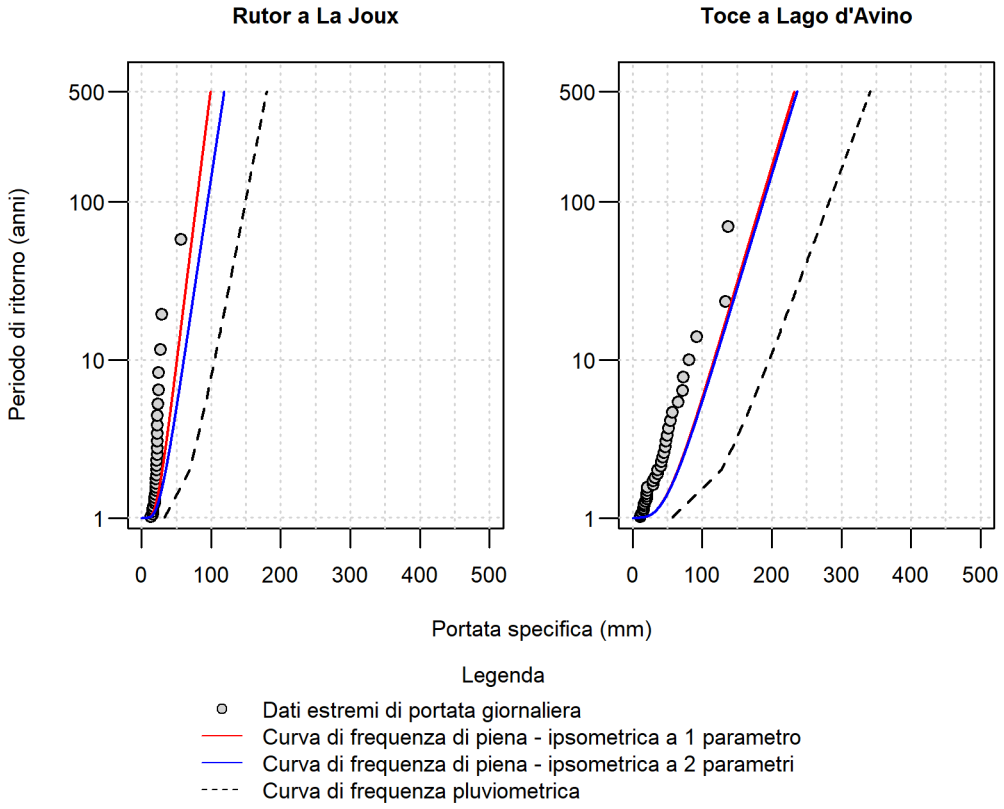


Figura 5.5 – Confronto dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp utilizzando la funzione di modellazione della curva ipsometrica semplificata ad un parametro (curva rossa) e la funzione di Strahler a due parametri (curva blu) – Bacino giovane-maturo: Rutor a La Joux – Bacino in fase monadnock: Toce a Lago d'Avino

5.2 Interpolazione spaziale della precipitazione

La precipitazione risulta fondamentale all'interno del modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) in quanto caratterizza, mediante interazione con il regime termometrico, la tipologia di precipitazione, il meccanismo di fusione nivale e la portata generata in alveo a seguito di un evento meteorico.

In particolar modo si distinguono tre differenti parametri legati alla precipitazione:

- R: precipitazione media totale areale
- α: valore medio di eventi estremi in un dato periodo di tempo (e.g. mm/d)
- λ: numero di eventi nell'intervallo di tempo prefissato (e.g. eventi/anno)

Il parametro R rientra nel modello *FloodAlp* (*Allamano P. et al., 2009*) per il calcolo della portata specifica derivante da fusione nivale, ottenuta mediante bilancio tra il volume totale di neve accumulato ed il volume totale fuso.

I parametri pluviometrici α e λ, invece, fanno riferimento ai parametri della distribuzione di Poisson (legge degli eventi rari) utilizzata dal modello per la simulazione della forzante idrologica: tali grandezze devono essere ricavate utilizzando i dati registrati dalla rete di monitoraggio esistente, come descritto nel Capitolo 3. I parametri di pioggia risultano fondamentali all'interno del modello geomorfoclimatico in esame, in quanto rientrano nella definizione della distribuzione di probabilità della portata specifica.

In questa sezione si vuole enfatizzare l'importanza delle misure pluviometriche, confrontando i risultati ottenuti utilizzando le registrazioni estreme giornaliere annue di precipitazione con i dati massimi annui registrati nelle 24 ore. In particolar modo, il confronto verrà effettuato con i risultati ottenuti mediante l'applicazione del modello a 31 bacini idrografici comuni, in cui i parametri pluviometrici medi di bacino derivanti dalle misurazioni nelle 24 ore, α e λ, sono stati determinati utilizzando la tecnica dei poligoni di Thiessen.

In Tabella 5.1 si possono osservare i risultati ottenuti, per il bacino Stura di Lanzo a Lanzo, a seguito dell'ottenimento dei parametri pluviometrici facendo uso delle procedure descritte nel Capitolo 3 e i risultati ottenuti con le piogge misurate nella finestra 24 ore, mentre in ALLEGATO F.4 sono elencati i valori ottenuti per tutti i bacini idrografici in comune.

Tabella 5.1 – Confronto dei parametri di pioggia ottenuti mediante l'utilizzo di dati pluviometrici differenti (giornalieri, Tesi di Dematteis Raveri M. e 24 ore)

	Dati pluviometrici ricavati da estremi giornalieri		***Dati pluviometrici ricavati da estremi 24 ore***	
Codice	**α (mm/giorno)**	***λ (eventi/anno)***	**α (mm/giorno)**	***λ (eventi/anno)***
A155	33.96	16.57	41.20	10.07

Utilizzando i parametri pluviometrici ottenuti tramite l'utilizzo dei differenti dati disponibili citati, è possibile ricavare i risultati prodotti da *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*), riassunti in Figura 5.6 e Figura 5.7: in queste figure si riporta, in particolare, l'esempio del bacino idrografico *Stura di Lanzo a Lanzo*, modellando la curva ipsometrica con la formulazione semplificata ad un parametro prima e con la funzione di *Strahler* a due parametri poi. I dati di portata riportati fanno riferimento all'estremo annuo registrato nella finestra giornaliera.

Analizzando i risultati grafici sottostanti si nota come i parametri pluviometrici derivanti dalle registrazioni nella finestra delle 24 ore siano caratterizzati, a parità di periodo di ritorno, da valori maggiori di portata specifica, se confrontati con i valori ottenuti dall'elaborazione delle registrazioni pluviometriche giornaliere. Questa differenza, più o meno marcata a seconda dei bacini considerati (ALLEGATO F.4) può imputarsi al Hershfield factor, oppure all'incertezza delle tecniche di interpolazione.

Confrontando i risultati ottenuti utilizzando le registrazioni estreme annue sulla finestra delle 24 ore e le registrazioni estreme giornaliere annue, parametrizzando la curva ipsometrica rispettivamente con la funzione semplificata ad un parametro e la funzione di Strahler (Figura 5.7), si nota una analogia nei risultati di distribuzione di frequenza di piena, nonostante le curve di precipitazione risultino differenti.

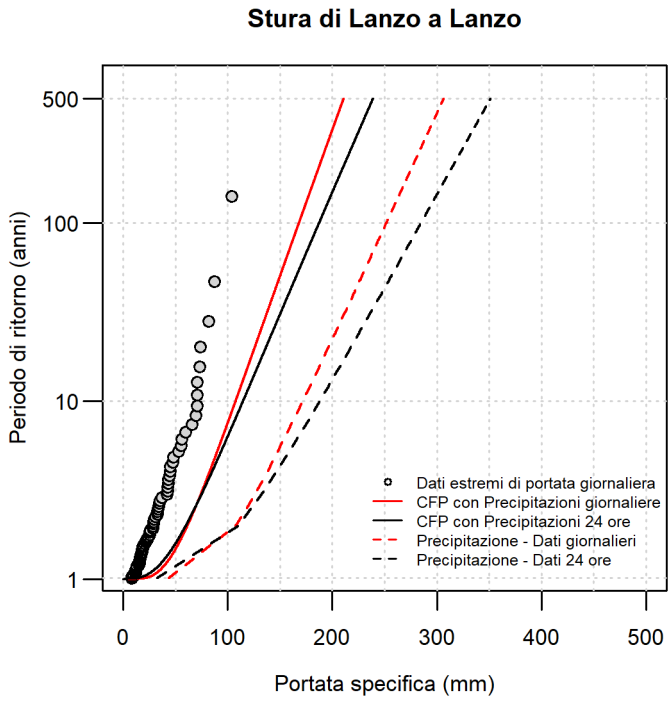


Figura 5.6 – Confronto dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp utilizzando la funzione di modellazione della curva ipsometrica semplificata ad un parametro e i parametri pluviometrici derivanti dai dati estremi giornalieri annui (curva rossa), e i parametri pluviometrici derivanti dai dati estremi annui registrati nella finestra delle 24 ore (curva nera)

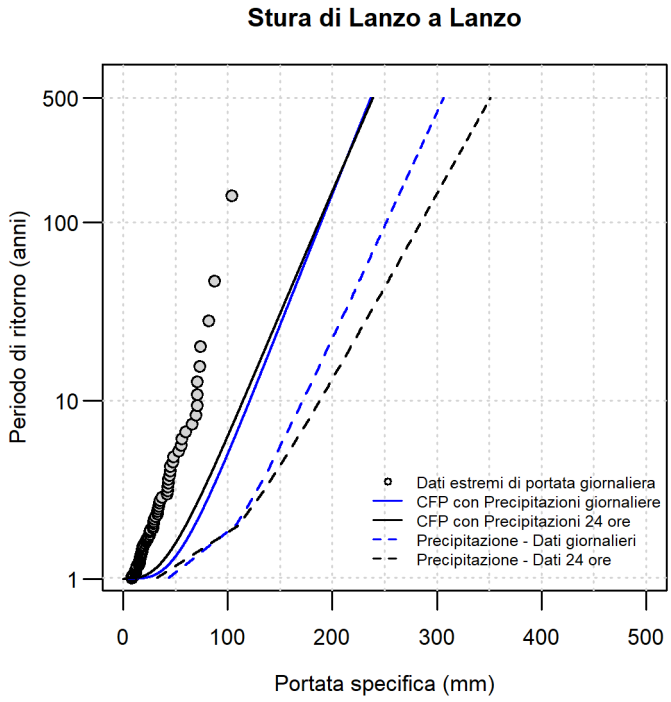


Figura 5.7 – Confronto dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp utilizzando la funzione di modellazione della curva ipsometrica di Strahler e i parametri pluviometrici derivanti dai dati estremi giornalieri annui (curva blu), e i parametri pluviometrici derivanti dai dati estremi annui registrati nella finestra delle 24 ore (curva nera)

5.3 Calibrazione del coefficiente di deflusso

Fisicamente, il coefficiente di deflusso esprime la percentuale di precipitazione che concorre alla formazione del deflusso superficiale, considerando tutte le perdite indotte dall'infiltrazione e dall'evapotraspirazione: da queste considerazioni consegue una variabilità di tale grandezza nel range $0 \div 1$.

Il coefficiente di deflusso rientra in *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*) nella formulazione adottata per il calcolo della portata specifica, riportata nella seguente equazione.

$$q = C \cdot f_c(t) \cdot h + SM(t) \qquad [6.4]$$

In cui:

- C, coefficiente di deflusso
- f_c, fattore contribuente
- h, altezza di precipitazione
- SM, fattore di fusione nivale

Nei risultati precedentemente riportati si è impostato il coefficiente di deflusso come unitario, evidenziando il solo contributo della neve presente sul bacino idrografico per l'attenuazione della portata in alveo. In questo paragrafo, invece, si esegue una taratura del coefficiente di deflusso sul massimo valore di portata osservato: in particolar modo si ricerca iterativamente il valore che genera, per il periodo di ritorno considerato, uguaglianza tra la massima osservazione registrata e la distribuzione di frequenza prodotta dal modello *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*). Tale operazione non è sempre possibile, in quanto vi sono casi in cui la curva ottenuta con il coefficiente di deflusso unitario produce risultati, a parità di periodo di ritorno, inferiori alla massima osservazione. Analogamente a quanto svolto nei precedenti paragrafi, le simulazioni sono state effettuate su tutti i 121 bacini idrografici montani considerati, utilizzando prima la modellazione della curva ipsometrica originariamente presente nel modello (*Allamano et al., 2009*), implementando successivamente la funzione di *Strahler*. In Figura 5.8 si riporta il confronto tra il risultato ottenuto assumendo il coefficiente di deflusso come unitario ed il risultato a seguito della sua taratura, evidenziando quale sia il fattore influenzante l'attenuazione della distribuzione di frequenza di piena. A tal proposito, è quindi possibile quantificare l'attenuazione indotta dal fattore contribuente e dal coefficiente di deflusso, ottenendo una riduzione della portata in alveo per il

periodo di ritorno considerato: in Tabella 5.2 si riportano i risultati dell'attenuazione corrispondenti ad un periodo di ritorno di 100 anni, per i bacini *Stura di Lanzo a Lanzo* (*High-Elevation*) e *San Bernardino a Santino* (*Bounded*).

In Figura 5.9 e Figura 5.10 sono raffigurati i risultati ottenuti a seguito della calibrazione eseguita sul coefficiente di deflusso, per i bacini *Stura di Lanzo a Lanzo* (*High-Elevation*) e *San Bernardino a Santino* (*Bounded*): osservando tali risultati e considerando quelli riportati in precedenza, si nota come, a causa dei maggiori valori di portata specifica ricavati, la modellazione della curva ipsometrica mediante la formulazione a due parametri consenta la taratura in bacini idrografici in cui non risulta possibile mediante la modellazione semplificata ad un parametro.

Avendo a disposizione i risultati derivanti dalle operazioni di taratura del coefficiente di deflusso C, sia per le curve di frequenza di piena ottenute mediante la modellazione della curva ipsometrica semplificata ad un parametro (ALLEGATO F.5), sia per le medesime ottenute utilizzando la funzione di *Strahler* (ALLEGATO F.6), è possibile visualizzare graficamente lo sviluppo altimetrico di ogni bacino idrografico considerato in relazione al coefficiente di deflusso, in modo tale da poter effettuare una categorizzazione. I risultati di questa operazione sono osservabili in Figura 5.11 e Figura 5.12.

Tabella 5.2 – Tabella riassuntiva dei valori di attenuazione indotti dal parametro di fattore contribuente f_c e dalla calibrazione del coefficiente di deflusso C – Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro (sx) e con funzione di Strahler a due parametri (dx) – Bacino Stura di Lanzo a Lanzo

	Modellazione della curva ipsometrica a 1 parametro		***Modellazione della curva ipsometrica a 2 parametri***	
Codice	***Attenuazione dovuta a f_c***	***Attenuazione da taratura C***	***Attenuazione dovuta a f_c***	***Attenuazione da taratura C***
A155	83.60 *mm*	69.20 *mm*	62.50 *mm*	90.20 *mm*
A129	53.72 *mm*	154.20 *mm*	45.62 *mm*	162.90 *mm*

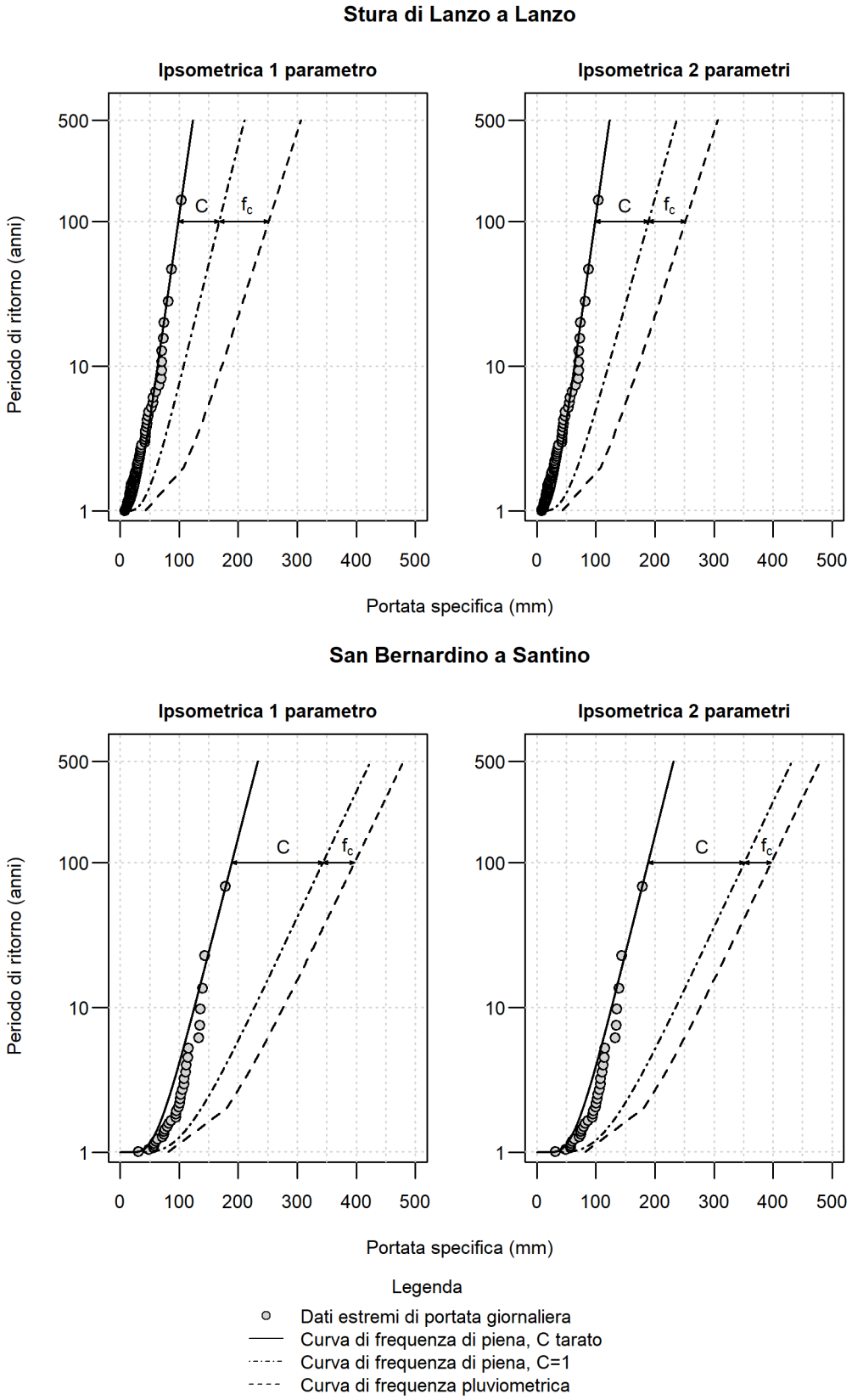


Figura 5.8 – Confronto dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp, pre-taratura e post-taratura, evidenziando il contributo di attenuazione della portata fornito dal fattore contribuente f_c e dal coefficiente di deflusso C – Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro (sx) e con funzione di Strahler a due parametri (dx) – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

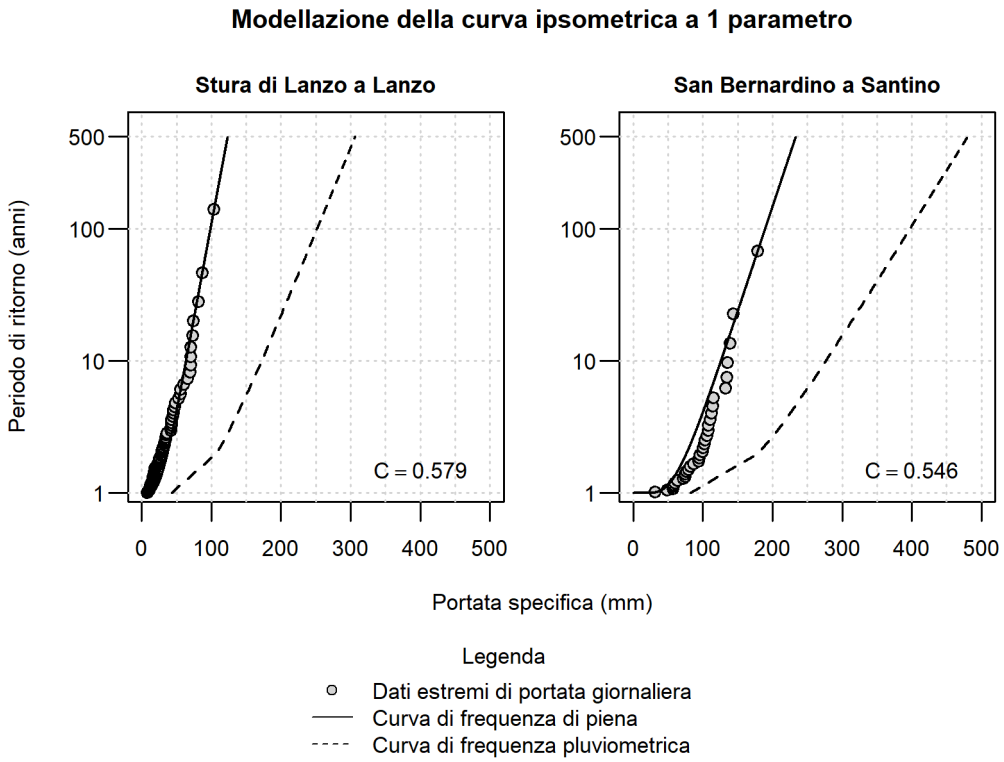


Figura 5.9 – Rappresentazione dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp a seguito della procedura di calibrazione del coefficiente di deflusso – Modellazione della curva ipsometrica mediante la formulazione semplificata ad un parametro – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino

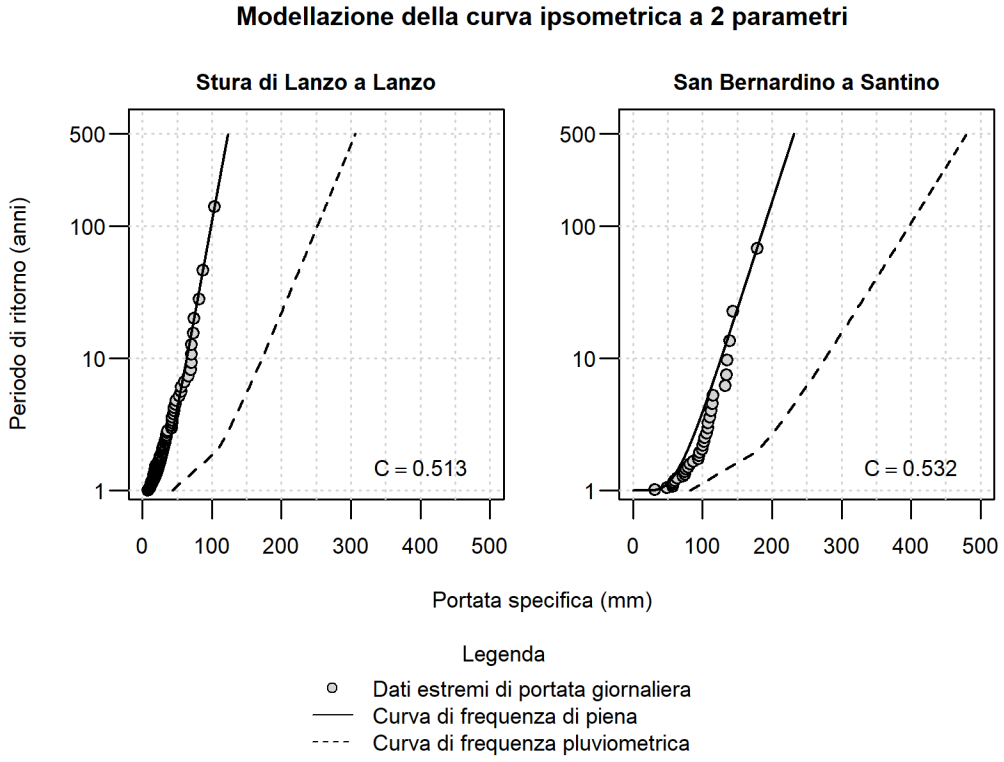
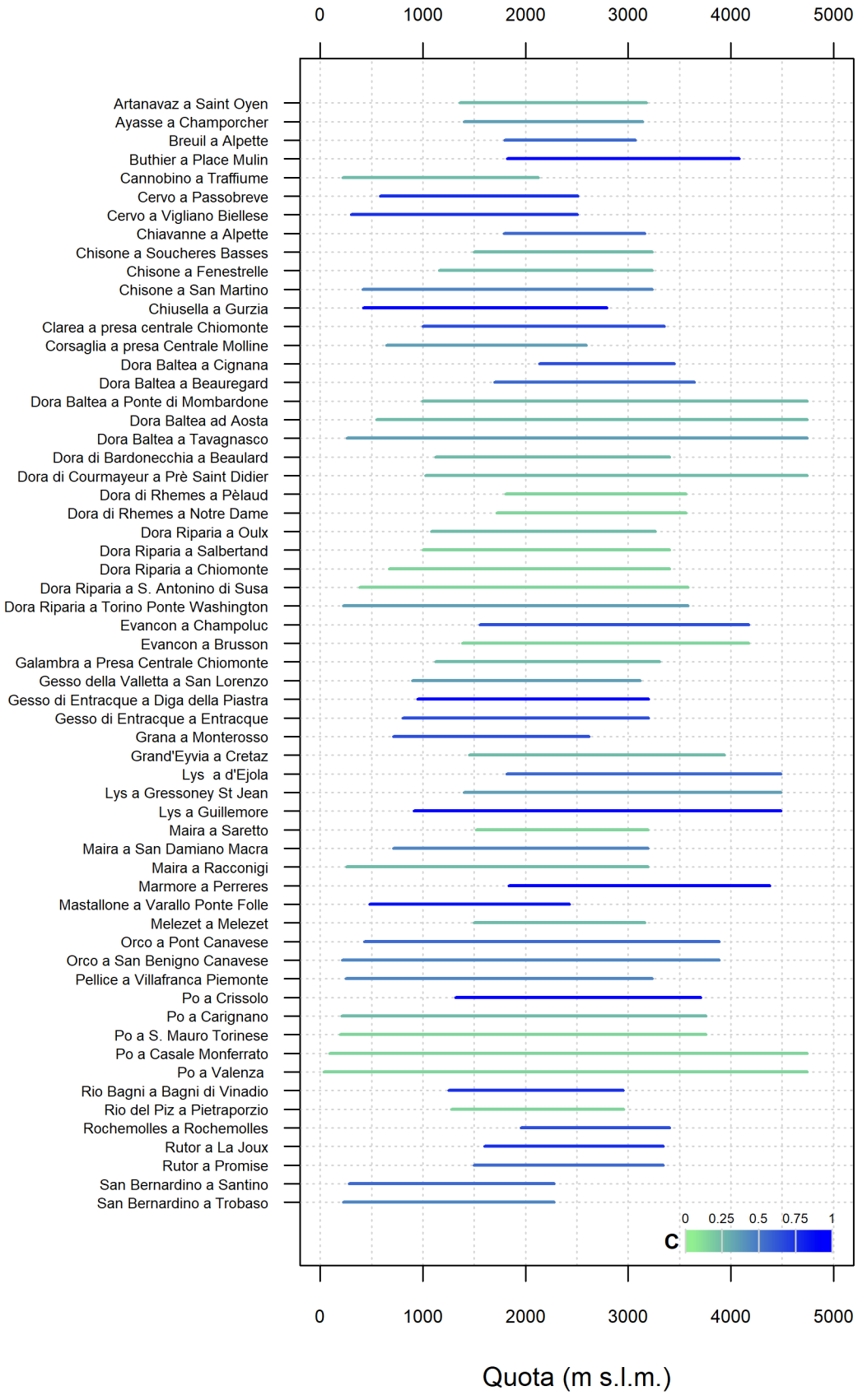


Figura 5.10 – Rappresentazione dei risultati ottenuti con il modello FloodAlp a seguito della procedura di calibrazione del coefficiente di deflusso – Modellazione della curva ipsometrica mediante la formulazione semplificata ad un parametro – Bacino High-Elevation: Stura di Lanzo a Lanzo – Bacino Bounded: San Bernardino a Santino


0
1000
2000
3000
4000
5000
Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
0
0.25
0.5
0.75
1
C
0
1000
2000
3000
4000
5000
Quota (m s.l.m.)

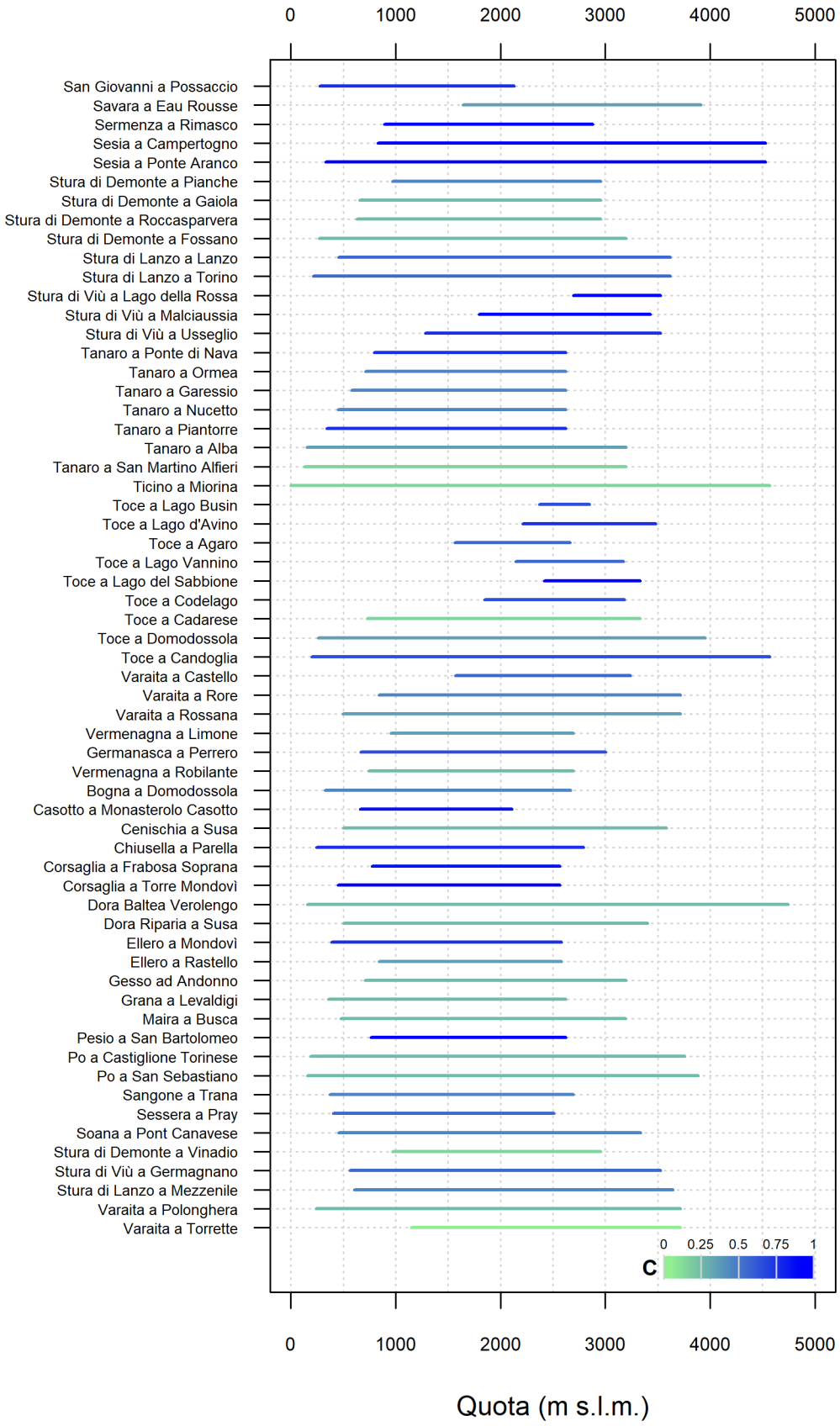
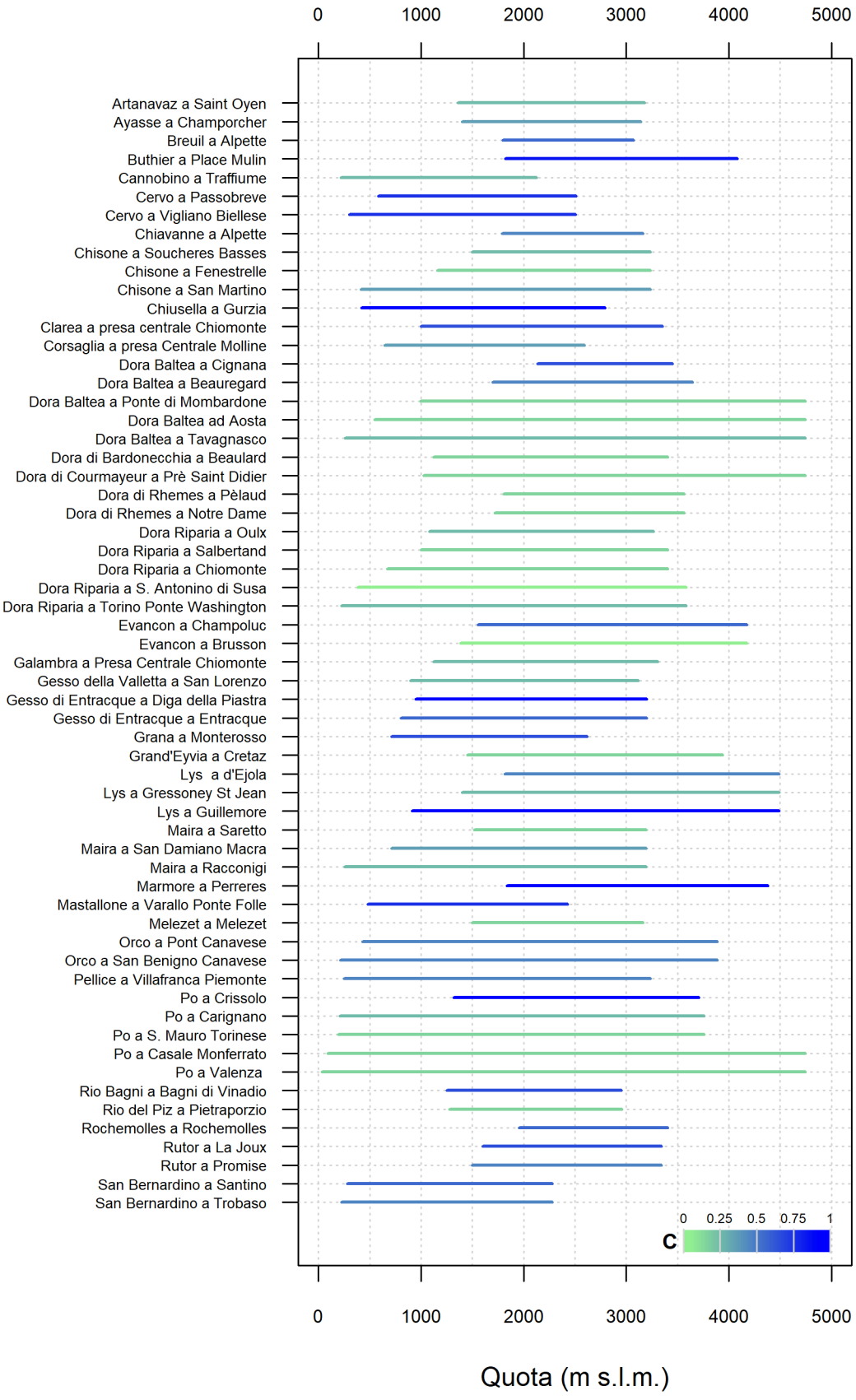


Figura 5.11 – Rappresentazione dello sviluppo altimetrico dei bacini oggetto di studio e del coefficiente di deflusso risultante dall'operazione di calibrazione del modello FloodAlp sulle osservazioni di portata massima giornaliera annua – Modellazione della curva ipsometrica mediante la funzione semplificata ad un parametro


0
1000
2000
3000
4000
5000
Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
0
0.25
0.5
0.75
1
C
0
1000
2000
3000
4000
5000
Quota (m s.l.m.)

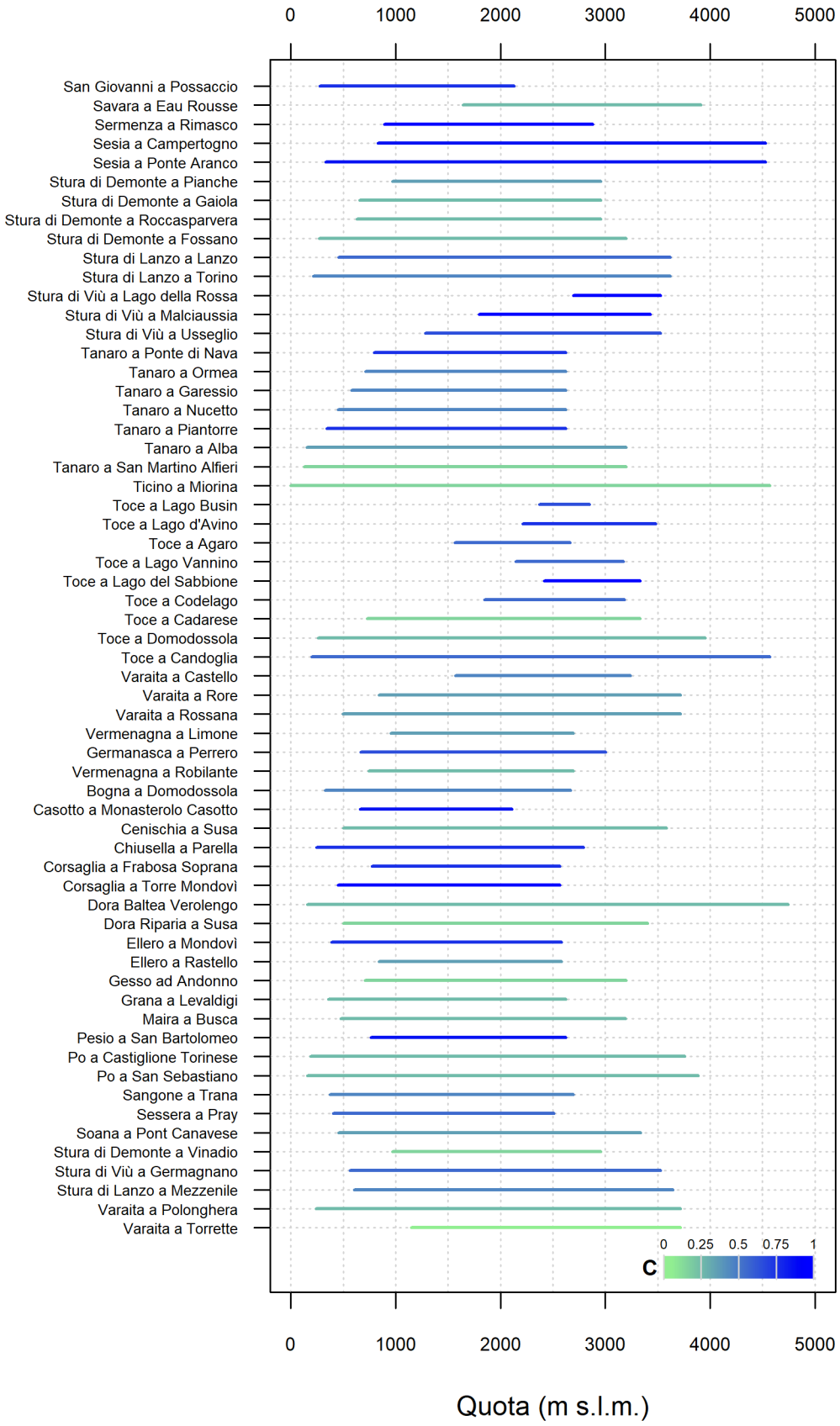


Figura 5.12 – Rappresentazione dello sviluppo altimetrico dei bacini oggetto di studio e del coefficiente di deflusso risultante dall'operazione di calibrazione del modello FloodAlp sulle osservazioni di portata massima giornaliera annua – Modellazione della curva ipsometrica mediante la funzione di Strahler a due parametri

CONCLUSIONI

Il presente elaborato di tesi descrive un'attività di ricerca avente la finalità di verificare la bontà di previsione dei processi naturali che concorrono alla formazione di piene fluviali fornita dal modello *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*). In particolar modo, il suddetto modello è concepito per la valutazione del rischio alluvionale in ambito montano, in cui la mancanza di sezioni idrauliche strumentate rendono difficoltose le analisi idrologiche.

Il lavoro di tesi si è sviluppato in quattro fasi distinte, riassunte brevemente in seguito.

In primo luogo è stata effettuata una raccolta dati capillare riferendosi ai documenti ufficiali esistenti, aggiornando successivamente la base dati di portate estreme giornaliere annue contenute nel *Catalogo delle piene dei corsi d'acqua italiani* (*Claps P., D. Ganora, A. Apostolo, I. Brignolo, I. Monforte, 2020*). A questa operazione è seguìto l'aggiornamento della base dati pluviometrica su base giornaliera annua esistente, resa possibile per mezzo della consultazione degli *Annali Idrologici* e della *Banca Dati Meteorologica* di *Arpa Piemonte*. Grazie a queste operazioni preliminari si sono delineati i bacini idrografici soggetti a studio, utilizzando come fattori discriminanti la numerosità di dati disponibili e le caratteristiche altimetriche.

Successivamente si è analizzato il modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*), dettagliando le procedure utilizzate per la determinazione dei parametri di input, fondamentali per effettuare previsioni di piena: in particolar modo si è evidenziata l'influenza delle caratteristiche morfologiche di bacino e dei parametri di precipitazione areale sulle valutazioni finali prodotte dal modello, descritte in termini di distribuzione di frequenza cumulata.

Le caratteristiche morfologiche di bacino rientrano nelle valutazioni del modello grazie alla modellazione della curva ipsometrica. In questa sede si è effettuato un confronto tra la formulazione ad un parametro, originalmente proposta nel modello *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*), e la funzione di modellazione a due parametri (*Strahler A. N., 1952*), proponendo l'implementazione di quest'ultima all'interno del modello.

I parametri caratterizzanti la precipitazione areale rivestono un ruolo fondamentale nel modello cui si fa riferimento in questa tesi, in quanto influenzano la forzante idrologica di riferimento per la valutazione della trasformazione afflussi–deflussi. Per la loro

determinazione si è scelto di utilizzare le misurazioni di estremi di precipitazione giornaliera annua, utilizzando la tecnica di interpolazione del Kriging, effettuando successivamente un confronto con i risultati ottenuti utilizzando i dati degli estremi pluviometrici registrati nella finestra delle 24 ore.

Al termine delle procedure di determinazione dei parametri di input necessari si è potuto applicare il modello, testandolo su 121 bacini idrografici dell'arco Alpino Nord-occidentale e confrontando i risultati ottenuti a seguito dell'impego delle due differenti modalità di parametrizzazione della curva ipsometrica e dei parametri pluviometrici derivanti dalla manipolazione delle due tipologie di dati disponibili.

Il lavoro si conclude con la calibrazione del modello in esame, realizzata agendo sul coefficiente di deflusso e facendo riferimento alle misurazioni idrometriche estreme giornaliere annue: questa operazione è stata fondamentale per fornire la quantificazione dell'attenuazione fornita dal bacino idrografico nel meccanismo di formazione della portata in alveo.

In conclusione di questa tesi, è possibile affermare che il modello *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*), nonostante le semplificazioni a cui fa riferimento, può risultare uno strumento utile in fase di valutazione idrologica in ambito montano. In particolar modo, grazie alla valutazione fornita a seguito della sua calibrazione, è possibile discriminare le cause dell'attenuazione della piena di riferimento. A tal proposito, in ottica futura, è possibile utilizzare tale modello per prevedere le alterazioni indotte dai cambiamenti climatici sui fenomeni estremi di esondazione fluviale: quest'operazione potrebbe essere svolta variando i parametri di input in riferimento agli scenari climatici esistenti.

In ultima analisi è doveroso porre negli obiettivi futuri l'ulteriore esplorazione del modello, al fine di incrementarne le possibili applicazioni e, soprattutto, conoscerne i limiti.

BIBLIOGRAFIA

[1] Allamano, P., P. Claps, and F. Laio (2009), An analytical model of the effects of catchment elevation on the flood frequency distribution, *Water Resour. Res.*, 45, W01402.

[2] Allamano, P.; Claps, P.; Laio, F. Global warming increases flood risk in mountainous 299 areas. *Geophys. Res. Lett.* 2009, 36, L24404.

[3] Apostolo, A. Studio sugli Effetti del Cambiamento Climatico sulle Piene dei Bacini alpini, 2020.

[4] Auer, I., R. Böhm, A. Jurkovic, W. Lipa, A. Orlik, R. Potzmann, W. Schöner, M. Ungersböck, C. Matulla, K. Briffa, P. Jones, D. Efthymiadis, M. Brunetti, T. Nanni, M. Maugeri, L. Mercalli, O. Mestre, J.M. Moisellin, M. Bergert, G. Müller-Westermeier, V. Kveton, O. Bocknicek, P. Stastny, M. Lapin, S. Szalai, T. Szentimrey, T. Cegnar, M. Dolinar, M. Gajic-Capka, K. Zaninovic, Z. Majstorovic & E. Nieplova (2007), HISTALP – historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region, Int. J. Climatol, 27, 17-46.

[5] ARPA Piemonte – Banca dati idrologica

[6] ARPA Piemonte – Banca dati meteorologica

[7] Braca, G.; Bussettini, M.; Lastoria, B.; Mariani, S.; Piva, F. Elaborazioni modello 288 BIGBANG versione 4.0, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – 289 ISPRA, 2021.

[8] Brignolo, I. Piene di progetto nei bacini alpini: evidenze empiriche e modellazione su base geomorfoclimatica, 2020

[9] Claps, P.; Ganora, D.; Apostolo,A.; Brignolo, I.; Monforte, I. *Catalogo delle Piene dei* 297 *Corsi d'acqua Italiani*. Ed. CINID., 1, 2020.

[10] Claps, P.; Laio, F. Peak over threshold analysis of flood and rainfall frequency curves, 2003.

[11] Chorley, R. J.; and Morley, L. S. D. A simplified approximation for the hypsometric integral: J. Geol., Vol. 67, p. 566-571, 1959.

[12] Hiebl, J., I. Auer, R. Böhm, W. Schöner, M. Maugeri, G. Lentini, J. Spinoni, M. Brunetti, T. Nanni, M. Perčec Tadić, Z. Bihari, M. Dolinar & G. Müller-Westermeier (2009), A high-resolution 1961-1990 monthly temperature climatology for the greater Alpine region.

[13] Idrologia – Polito. Open data

[14] ISPRA – Annali Idrologici

[15] Monforte, I.; Evangelista, G.; Claps, P. Flooding Risk from Global Warming in Alpine Basins: An Estimate along a Stream Network. Environ. Sci. Proc. 2022, 21, 22.

[16] Monforte, I. Analisi modellistica delle piene su bacini di alta quota dell'arco alpino, 2020.

[17] Pike, R.J., Wilson, S.E., 1971. Elevation–relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area–altitude analysis. GSA Bull. 82, 1079–1084.

[18] Prashanta B.; Shaleen J. Characterization of drainage basin hypsometry: A generalized approach, 2021.

[19] Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. Am. Bull. 63, 1117–1142.

[20] Tennant, C.J.; Crosby, B.T.; Godsey, S.E. Elevation-dependent responses of 281 streamflow to climate warming. Hydrol. Process. 2015, 29, 991–1001.

ALLEGATI

ALLEGATO A – Caratteristiche morfologiche di bacino

In questa sezione si riportano le caratteristiche morfologiche principali dei 121 bacini idrografici selezionati (*area*, *quota media*, *quota massima*, *quota minima*)

Codice	***Denominazione***	***Area (km^2)***	***Quota media (m s.l.m.)***	***Quota max (m s.l.m.)***	***Quota min (m s.l.m.)***
A009	Artanavaz a Saint Oyen	69.13	2239.00	3179.00	1358.00
A011	Ayasse a Champorcher	42.72	2368.00	3141.00	1402.00
A026	Breuil a Alpette	27.64	2459.00	3072.00	1797.00
A028	Buthier a Place Mulin	74.45	2800.00	4085.00	1823.00
A029	Cannobino a Traffiume	106.85	1107.00	2126.00	221.00
A030	Cervo a Passobreve	75.00	1493.00	2508.00	586.00
A031	Cervo a Vigliano Biellese	132.53	1257.00	2507.00	300.00
A033	Chiavanne a Alpette	21.96	2485.00	3164.00	1792.00
A038	Chisone a Soucheres Basses	93.26	2221.00	3234.00	1500.00
A039	Chisone a Fenestrelle	154.21	2154.00	3234.00	1160.00
A040	Chisone a San Martino	580.53	1739.00	3234.00	415.00
A041	Chiusella a Gurzia	141.99	1374.00	2792.00	421.00
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	28.01	2298.00	3351.00	1002.00
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	89.00	1529.00	2593.00	643.00
A045	Dora Baltea a Cignana	12.69	2725.00	3448.00	2134.00
A046	Dora Baltea a Beauregard	92.18	2607.00	3645.00	1697.00
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	372.06	2412.00	4743.00	995.00
A048	Dora Baltea ad Aosta	1845.65	2265.00	4743.00	547.00
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	3320.85	2087.00	4743.00	258.00
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	207.28	2193.00	3403.00	1125.00
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	222.44	2472.00	4743.00	1027.00
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	56.54	2710.00	3562.00	1804.00
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	69.23	2664.00	3562.00	1717.00
A057	Dora Riparia a Oulx	260.04	2164.00	3267.00	1081.00
A058	Dora Riparia a Salbertand	547.88	2120.00	3403.00	1002.00
A059	Dora Riparia a Chiomonte	623.21	2083.00	3403.00	673.00
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	1040.73	1899.00	3583.00	382.00
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	1321.54	1655.00	3583.00	224.00
A065	Evancon a Champoluc	102.36	2634.00	4174.00	1554.00
A066	Evancon a Brusson	133.63	2491.00	4174.00	1387.00
A067	Galambra a Presa Centrale Chiomonte	14.71	2410.00	3306.00	1121.00
A069	Gesso della Valletta a San Lorenzo	110.79	2095.00	3119.00	895.00
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	27.44	2047.00	3197.00	948.00
A071	Gesso di Entracque a Entracque	159.89	1880.00	3197.00	804.00
A073	Grana a Monterosso	109.77	1542.00	2618.00	713.00

Codice	*Denominazione*	*Area (km^2)*	*Quota media (m s.l.m.)*	*Quota max (m s.l.m.)*	*Quota min (m s.l.m.)*
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	179.68	2582.00	3938.00	1450.00
A077	Lys a d'Ejola	29.61	3136.00	4487.00	1819.00
A078	Lys a Gressoney St Jean	90.72	2645.00	4487.00	1399.00
A079	Lys a Guillemore	201.47	2260.00	4487.00	912.00
A080	Maira a Saretto	55.55	2411.00	3196.00	1521.00
A081	Maira a San Damiano Macra	452.18	1899.00	3196.00	710.00
A082	Maira a Racconigi	976.25	1326.00	3196.00	255.00
A085	Marmore a Perreres	54.47	2739.00	4383.00	1839.00
A086	Mastallone a Varallo Ponte Folle	146.55	1335.00	2427.00	479.00
A087	Melezet a Melezet	43.20	2389.00	3164.00	1497.00
A099	Orco a Pont Canavese	613.90	1938.00	3885.00	431.00
A100	Orco a San Benigno Canavese	838.01	1567.00	3885.00	212.00
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	952.89	1542.00	3234.00	251.00
A106	Po a Crissolo	37.59	2251.00	3707.00	1319.00
A107	Po a Carignano	3955.59	1101.00	3760.00	207.00
A110	Po a S. Mauro Torinese	7682.15	1083.00	3760.00	191.00
A111	Po a Casale Monferrato	13732.09	1257.00	4743.00	92.00
A112	Po a Valenza	17290.61	1117.00	4743.00	32.00
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	61.44	2142.00	2951.00	1249.00
A123	Rio del Piz a Pietraporzio	21.68	2182.00	2957.00	1277.00
A126	Rochemolles a Rochemolles	24.07	2641.00	3403.00	1955.00
A127	Rutor a La Joux	41.71	2570.00	3343.00	1600.00
A128	Rutor a Promise	45.76	2525.00	3343.00	1496.00
A129	San Bernardino a Santino	121.50	1259.00	2277.00	281.00
A130	San Bernardino a Trobaso	129.24	1211.00	2277.00	224.00
A131	San Giovanni a Possaccio	53.60	1002.00	2131.00	275.00
A138	Savara a Eau Rousse	82.39	2682.00	3915.00	1643.00
A145	Sermenza a Rimasco	82.33	1855.00	2878.00	893.00
A146	Sesia a Campertogno	170.56	2127.00	4530.00	830.00
A147	Sesia a Ponte Aranco	702.89	1504.00	4530.00	330.00
A151	Stura di Demonte a Pianche	180.01	2077.00	2957.00	968.00
A152	Stura di Demonte a Gaiola	560.40	1819.00	2957.00	655.00
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	584.17	1785.00	2957.00	629.00
A154	Stura di Demonte a Fossano	1326.78	1518.00	3197.00	269.00
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	578.31	1780.00	3618.00	455.00
A156	Stura di Lanzo a Torino	879.97	1368.00	3618.00	214.00
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	3.71	2962.00	3526.00	2693.00
A158	Stura di Viù a Malciaussia	25.85	2622.00	3430.00	1794.00
A159	Stura di Viù a Usseglio	75.86	2393.00	3526.00	1282.00
A160	Tanaro a Ponte di Nava	148.81	1580.00	2622.00	792.00
A161	Tanaro a Ormea	175.52	1524.00	2622.00	713.00
A162	Tanaro a Garessio	249.04	1435.00	2622.00	578.00
A163	Tanaro a Nucetto	374.77	1232.00	2622.00	450.00

Codice	*Denominazione*	*Area (km2)*	*Quota media (m s.l.m.)*	*Quota max (m s.l.m.)*	*Quota min (m s.l.m.)*
A164	Tanaro a Piantorre	500.35	1067.00	2622.00	340.00
A167	Tanaro a Alba	3384.97	1072.00	3197.00	154.00
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	3541.95	1036.00	3197.00	126.00
A179	Ticino a Miorina	6654.86	1290.00	4572.00	0.00
A181	Toce a Lago Busin	2.51	2524.00	2849.00	2370.00
A182	Toce a Lago d'Avino	5.54	2550.00	3479.00	2212.00
A183	Toce a Agaro	11.17	2110.00	2664.00	1565.00
A184	Toce a Lago Vannino	11.58	2527.00	3175.00	2147.00
A185	Toce a Lago del Sabbione	14.20	2765.00	3331.00	2417.00
A186	Toce a Codelago	25.98	2322.00	3184.00	1845.00
A187	Toce a Cadarese	186.54	2150.00	3331.00	726.00
A188	Toce a Domodossola	919.44	1826.00	3953.00	262.00
A189	Toce a Candoglia	1539.41	1677.00	4572.00	198.00
A194	Varaita a Castello	67.80	2406.00	3242.00	1570.00
A195	Varaita a Rore	278.28	2118.00	3716.00	843.00
A196	Varaita a Rossana	402.10	1797.00	3716.00	498.00
A197	Vermenagna a Limone	57.40	1675.00	2697.00	954.00
A201	Germanasca a Perrero	189.10	1902.00	3006.00	665.00
A203	Vermenagna a Robilante	134.45	1533.00	2697.00	741.00
A210	Bogna a Domodossola	81.48	1612.00	2667.00	327.00
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	65.61	1233.00	2109.00	660.00
A214	Cenischia a Susa	145.76	2033.00	3583.00	500.00
A216	Chiusella a Parella	152.06	1308.00	2792.00	244.00
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	64.00	1678.00	2569.00	773.00
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	139.86	1266.00	2569.00	452.00
A221	Dora Baltea Verolengo	3902.83	1862.00	4743.00	157.00
A222	Dora Riparia a Susa	694.11	2042.00	3403.00	499.00
A223	Ellero a Mondovì	180.50	1089.00	2584.00	389.00
A224	Ellero a Rastello	43.10	1853.00	2584.00	842.00
A227	Gesso ad Andonno	336.47	1832.00	3197.00	705.00
A229	Grana a Levaldigi	301.22	955.55	2625.00	358.00
A230	Maira a Busca	572.63	1689.00	3196.00	476.00
A239	Pesio a San Bartolomeo	57.48	1571.00	2625.00	764.00
A240	Po a Castiglione Torinese	7684.58	1083.00	3760.00	188.00
A242	Po a San Sebastiano	9114.23	1081.00	3885.00	159.00
A249	Sangone a Trana	145.04	1125.00	2697.00	372.00
A252	Sessera a Pray	126.38	1174.00	2512.00	404.00
A253	Soana a Pont Canavese	214.60	1898.00	3335.00	456.00
A255	Stura di Demonte a Vinadio	249.55	2082.00	2957.00	968.00
A257	Stura di Viù a Germagnano	233.05	1759.00	3526.00	563.00
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	293.76	1925.18	3648.00	603.00
A263	Varaita a Polonghera	576.59	1389.00	3716.00	239.00
A264	Varaita a Torrette	183.94	2339.00	3716.00	1147.00

ALLEGATO B – Valori dei parametri pluviometrici medi di bacino

In questa sezione si riportano i risultati dei parametri pluviometrici medi di bacino. In particolare, si riportano i parametri α e λ derivanti dall'interpolazione spaziale mediante Kriging ed il parametro R.

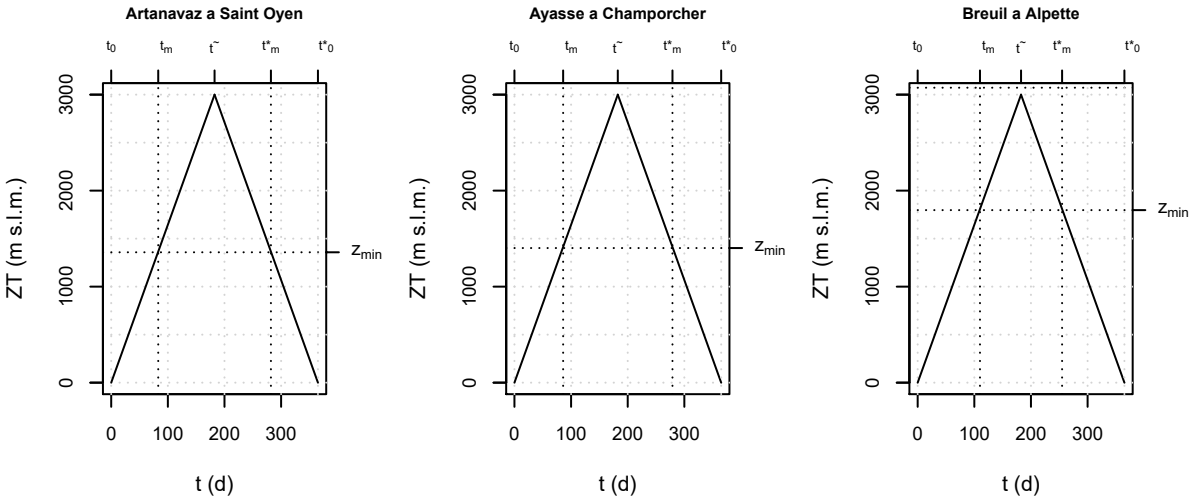
Codice	*Denominazione*	*α*	*λ*	*R*
A009	Artanavaz a Saint Oyen	15.12	38.47	1506.52
A011	Ayasse a Champorcher	30.95	22.46	1087.19
A026	Breuil a Alpette	16.31	30.80	1077.93
A028	Buthier a Place Mulin	15.51	33.03	875.67
A029	Cannobino a Traffiume	45.80	24.42	2067.72
A030	Cervo a Passobreve	46.02	25.05	1704.73
A031	Cervo a Vigliano Biellese	42.33	27.62	1671.27
A033	Chiavanne a Alpette	15.56	33.32	1102.12
A038	Chisone a Soucheres Basses	23.85	17.43	867.81
A039	Chisone a Fenestrelle	24.57	16.46	863.42
A040	Chisone a San Martino	30.84	15.72	1002.66
A041	Chiusella a Gurzia	31.11	32.48	1350.77
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	22.93	15.05	855.05
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	33.60	20.33	1246.04
A045	Dora Baltea a Cignana	14.47	29.32	888.72
A046	Dora Baltea a Beauregard	25.50	19.22	911.32
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	18.07	35.95	1158.29
A048	Dora Baltea ad Aosta	18.16	28.54	967.22
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	20.25	26.68	948.09
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	15.96	24.17	779.56
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	19.36	39.60	1261.8
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	23.32	15.54	979.18
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	23.08	15.86	967.11
A057	Dora Riparia a Oulx	16.36	21.27	887.91
A058	Dora Riparia a Salbertand	18.96	18.26	843.7
A059	Dora Riparia a Chiomonte	16.92	21.43	822.13
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	18.93	18.28	843.68
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	20.42	19.77	892.05
A065	Evancon a Champoluc	18.15	22.44	951.93
A066	Evancon a Brusson	17.77	22.50	917.27
A067	Galambra a Presa Centrale Chiomonte	21.54	16.89	813.02
A069	Gesso della Valletta a San Lorenzo	38.33	24.09	1234.45
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	42.65	23.65	1231.8
A071	Gesso di Entracque a Entracque	34.65	25.16	1211.87
A073	Grana a Monterosso	18.83	28.21	1060.53

Codice	*Denominazione*	*α*	*λ*	*R*
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	23.99	19.53	1562.57
A077	Lys a d'Ejola	24.02	20.50	1096.44
A078	Lys a Gressoney St Jean	23.32	20.04	1054.49
A079	Lys a Guillemore	27.92	21.05	1110.11
A080	Maira a Saretto	17.60	25.51	886.89
A081	Maira a San Damiano Macra	17.23	25.83	912.85
A082	Maira a Racconigi	18.72	29.40	912.98
A085	Marmore a Perreres	16.73	28.36	949.07
A086	Mastallone a Varallo Ponte Folle	53.82	19.46	1839.85
A087	Melezet a Melezet	16.93	28.00	783.57
A099	Orco a Pont Canavese	30.98	20.77	1225.06
A100	Orco a San Benigno Canavese	28.57	26.45	1217.13
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	32.86	17.11	1052.53
A106	Po a Crissolo	26.53	20.37	1063.49
A107	Po a Carignano	23.84	26.41	938.33
A110	Po a S. Mauro Torinese	23.14	26.76	946.36
A111	Po a Casale Monferrato	22.26	29.81	968.61
A112	Po a Valenza	23.15	31.30	1015.13
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	23.17	25.71	1107.1
A123	Rio del Piz a Pietraporzio	20.81	26.08	1073.41
A126	Rochemolles a Rochemolles	18.10	19.64	815.59
A127	Rutor a La Joux	18.93	26.81	931.39
A128	Rutor a Promise	18.76	26.94	930.06
A129	San Bernardino a Santino	51.41	22.76	1984
A130	San Bernardino a Trobaso	50.92	22.90	1987.54
A131	San Giovanni a Possaccio	47.08	25.21	2060.28
A138	Savara a Eau Rousse	23.32	15.64	965.88
A145	Sermenza a Rimasco	40.69	17.75	1528.91
A146	Sesia a Campertogno	34.18	18.89	1277.74
A147	Sesia a Ponte Aranco	43.74	19.95	1596.68
A151	Stura di Demonte a Pianche	19.88	26.27	1029.1
A152	Stura di Demonte a Gaiola	21.65	26.67	1080.4
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	21.60	26.80	1080.42
A154	Stura di Demonte a Fossano	25.87	26.83	1130.11
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	33.96	16.57	1237.6
A156	Stura di Lanzo a Torino	32.18	21.86	1210.27
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	23.95	11.83	1103.54
A158	Stura di Viù a Malciaussia	20.72	12.02	1057.18
A159	Stura di Viù a Usseglio	23.33	12.46	1101.09
A160	Tanaro a Ponte di Nava	37.78	16.98	1164.36
A161	Tanaro a Ormea	37.49	16.69	1152.99
A162	Tanaro a Garessio	38.39	16.08	1137.29
A163	Tanaro a Nucetto	39.15	15.78	1118.27

Codice	*Denominazione*	*α*	*λ*	*R*
A164	Tanaro a Piantorre	36.56	16.64	1071.12
A167	Tanaro a Alba	25.09	25.98	1041.04
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	24.76	26.32	1027.44
A179	Ticino a Miorina	33.94	24.08	1664.91
A181	Toce a Lago Busin	26.28	23.85	1392.19
A182	Toce a Lago d'Avino	36.66	22.22	1456.12
A183	Toce a Agaro	26.60	23.03	1417.42
A184	Toce a Lago Vannino	25.02	24.27	1435.63
A185	Toce a Lago del Sabbione	24.53	24.81	1489.01
A186	Toce a Codelago	25.43	23.81	1407.42
A187	Toce a Cadarese	26.72	24.04	1500.05
A188	Toce a Domodossola	34.09	22.07	1458.31
A189	Toce a Candoglia	38.24	20.87	1500.44
A194	Varaita a Castello	18.24	21.96	899.43
A195	Varaita a Rore	18.53	23.24	894.83
A196	Varaita a Rossana	19.93	24.68	904.88
A197	Vermenagna a Limone	40.39	22.80	1253.64
A201	Germanasca a Perrero	35.83	15.65	1054.21
A203	Vermenagna a Robilante	33.62	24.21	1264.78
A210	Bogna a Domodossola	44.11	19.69	1521.35
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	39.03	18.60	1175.67
A214	Cenischia a Susa	19.92	13.46	885.45
A216	Chiusella a Parella	30.73	32.83	1344.16
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	35.35	19.70	1254.38
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	30.46	21.33	1185.13
A221	Dora Baltea Verolengo	20.52	29.15	975.26
A222	Dora Riparia a Susa	17.62	20.67	823.61
A223	Ellero a Mondovì	23.85	24.83	1151.47
A224	Ellero a Rastello	31.12	21.86	1247.51
A227	Gesso ad Andonno	34.62	25.06	1222.6
A229	Grana a Levaldigi	19.82	30.51	991.58
A230	Maira a Busca	18.59	26.65	912.82
A239	Pesio a San Bartolomeo	32.05	23.60	1292.69
A240	Po a Castiglione Torinese	23.12	26.86	946.13
A242	Po a San Sebastiano	23.50	28.06	978.72
A249	Sangone a Trana	29.06	17.71	1102.89
A252	Sessera a Pray	47.30	25.29	1717.05
A253	Soana a Pont Canavese	31.40	24.20	1258.98
A255	Stura di Demonte a Vinadio	20.70	26.13	1049.95
A257	Stura di Viù a Germagnano	32.72	16.76	1209.55
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	34.52	15.23	1245.97
A263	Varaita a Polonghera	19.90	27.17	885.14
A264	Varaita a Torrette	17.90	22.73	894.46

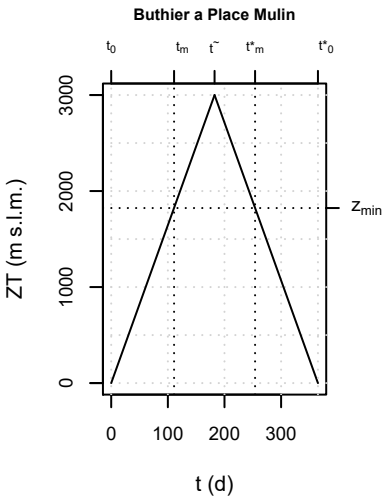
ALLEGATO C – Interazione tra il regime termometrico e le caratteristiche altimetriche di bacino

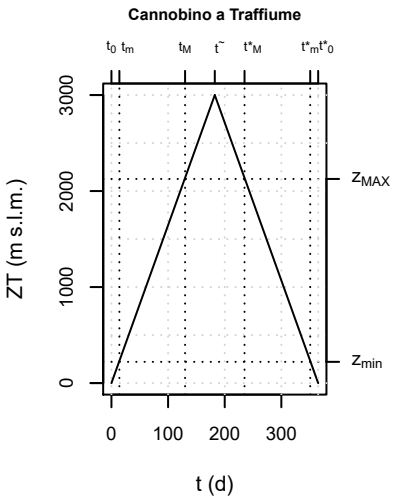
In questa sezione si riportano i risultati grafici ottenuti dall'interazione tra il regime termometrico e le caratteristiche altimetriche di bacino, evidenziando le tempistiche stagionali determinate secondo le modalità indicate dalla struttura del modello *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*).

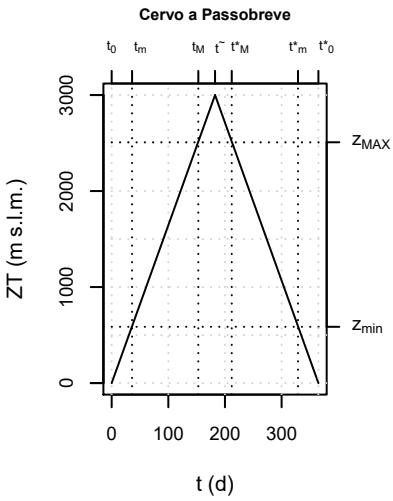

Artanavaz a Saint Oyen
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

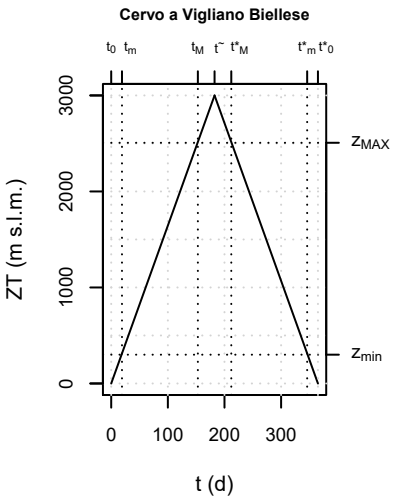
Ayasse a Champorcher
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

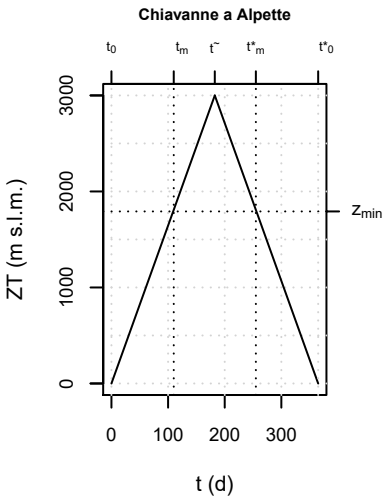
Breuil a Alpette
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

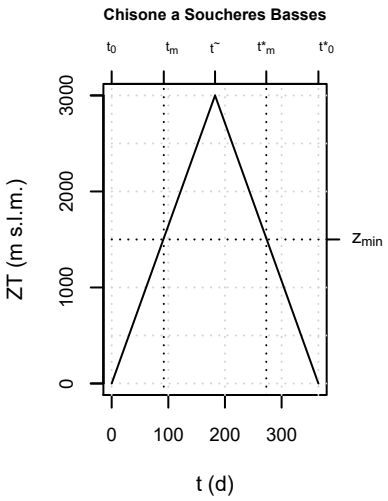

Buthier a Place Mulin
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

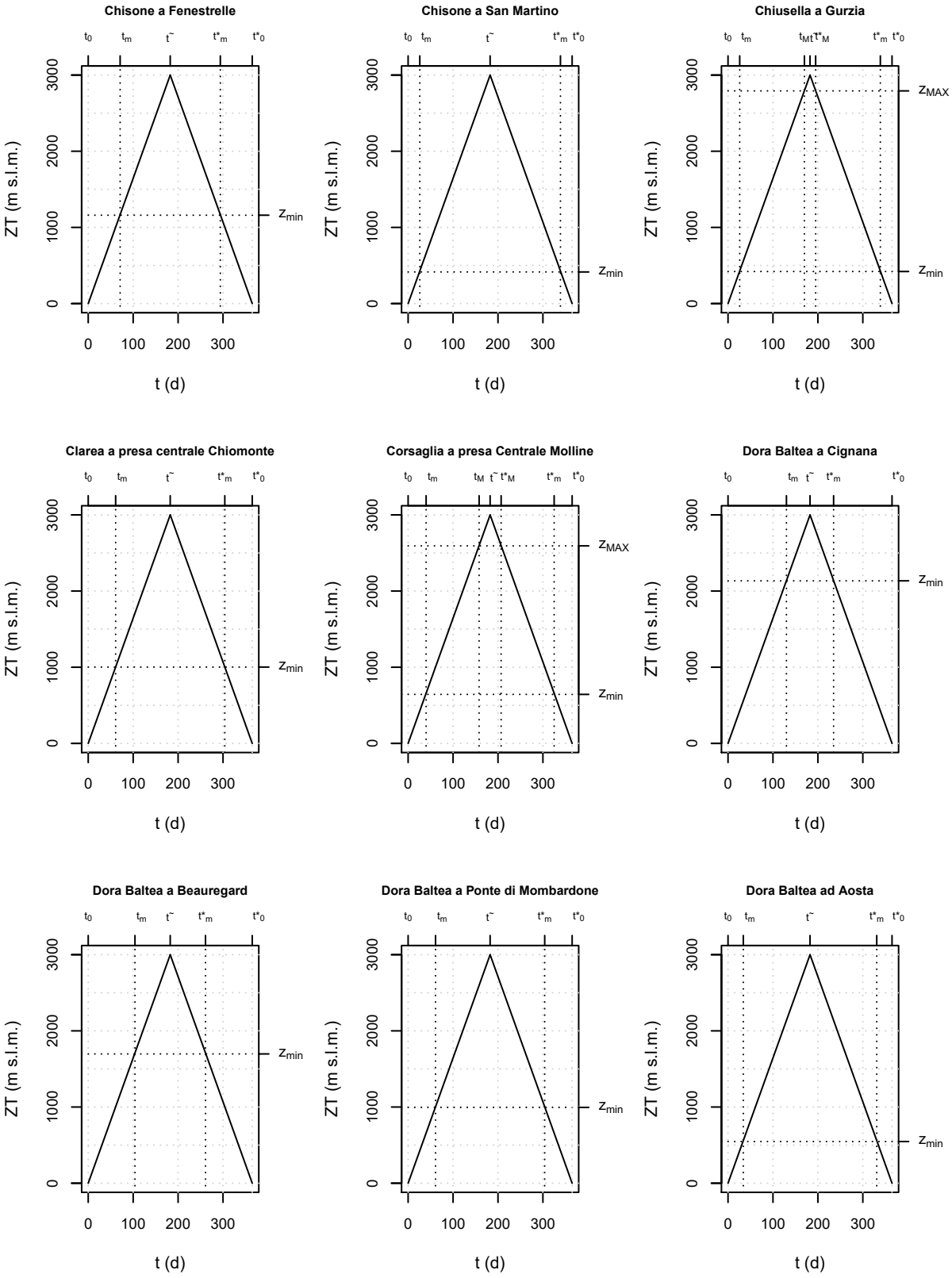

Cannobino a Traffiume
t0 tm tM t~ t*M t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zMAX
zmin
0 100 200 300
t (d)

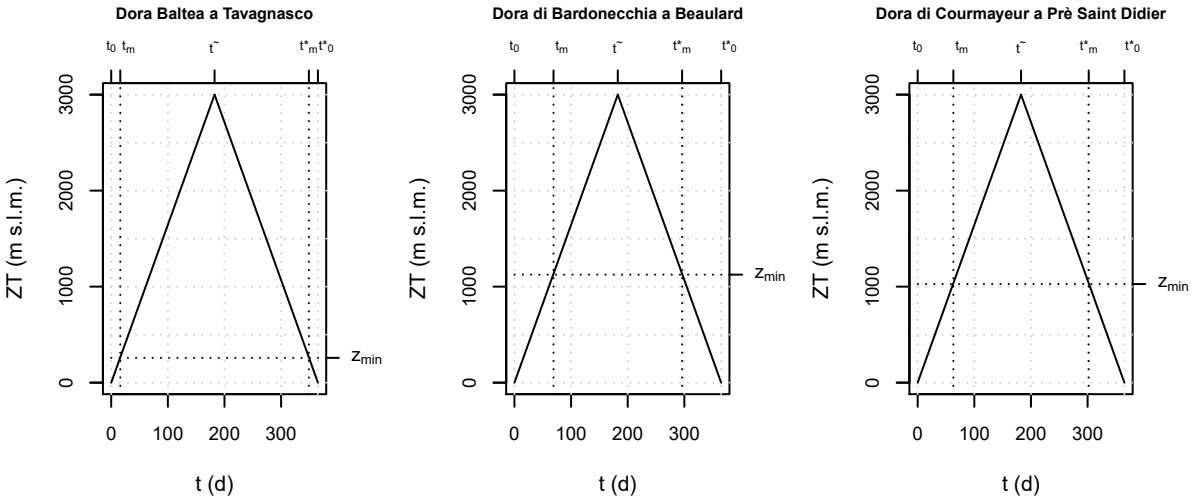

Cervo a Passobreve
t0 tm tM t~ t*M t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zMAX
zmin
0 100 200 300
t (d)

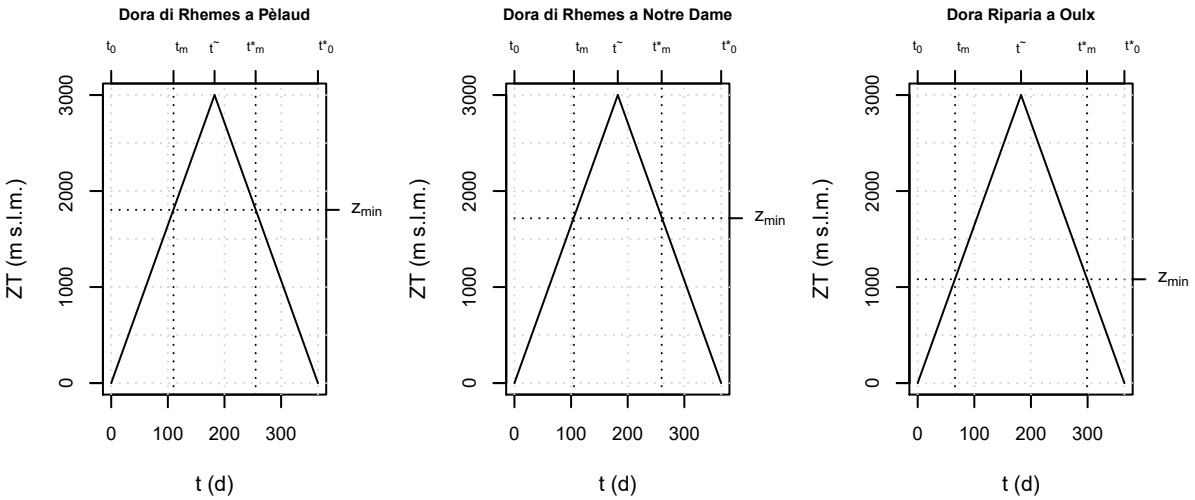

Cervo a Vigliano Biellese
t0 tm tM t~ t*M t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zMAX
zmin
0 100 200 300
t (d)

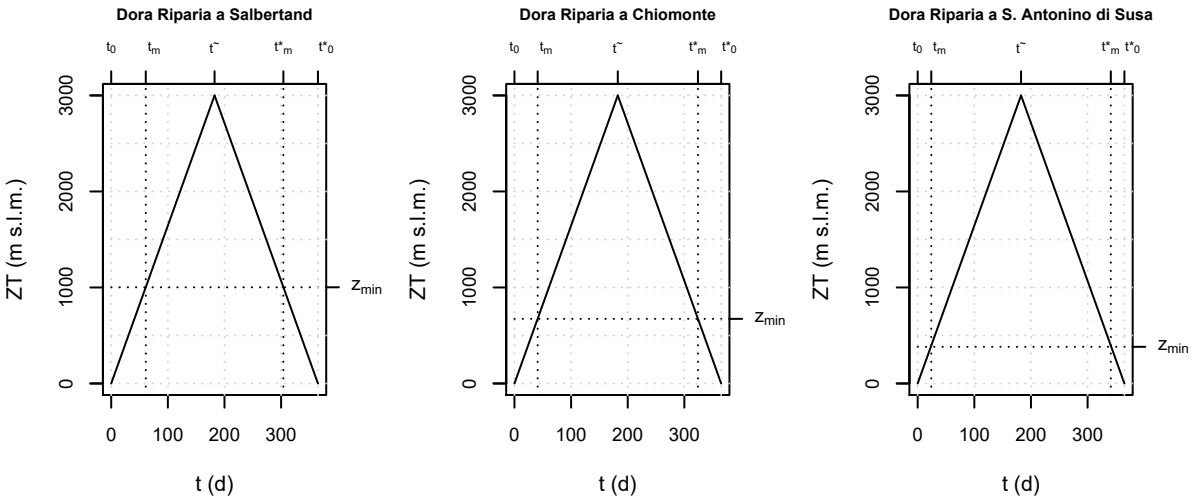

Chiavanne a Alpette
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

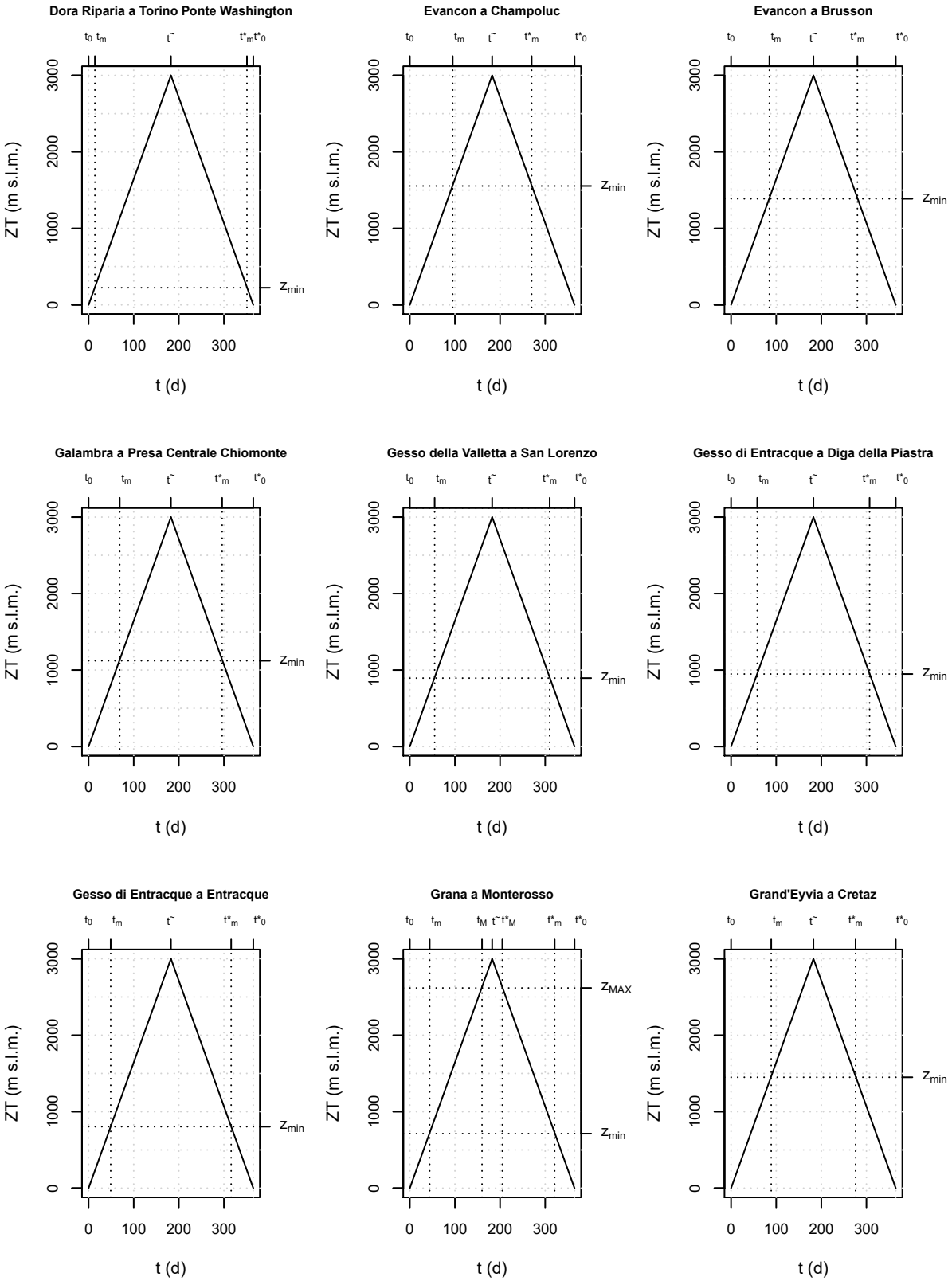

Chisone a Soucheres Basses
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

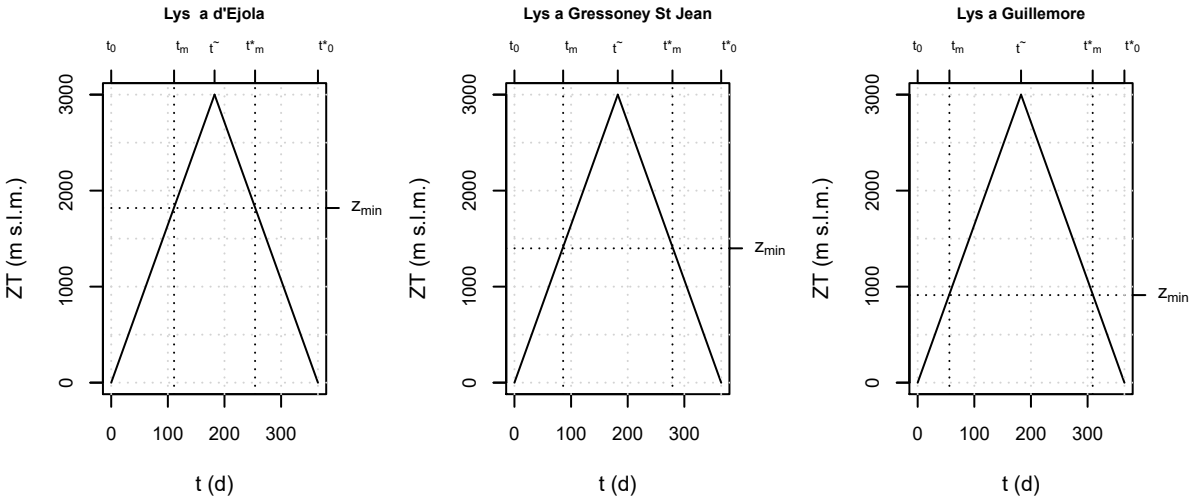

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{min}
z_{MAX}
t_0
t_m
$t^{\sim}$
t^*_m
t^*_0
t_M
t^*_M


Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}


Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

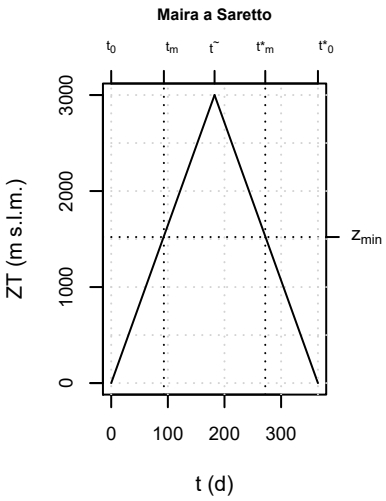

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

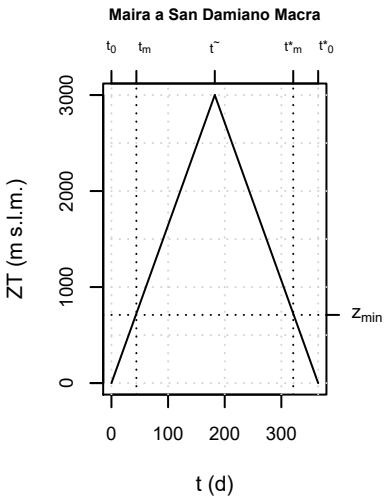

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
t_0 t_m $\tilde{t}$ t^*_m t^*_0
z_{min}
z_{MAX}
t_M $\tilde{t}$ t^*_M

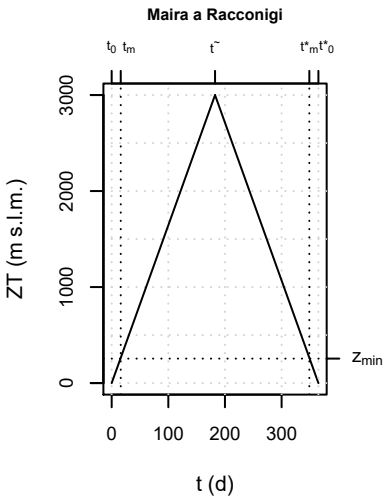

Lys a d'Ejola
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

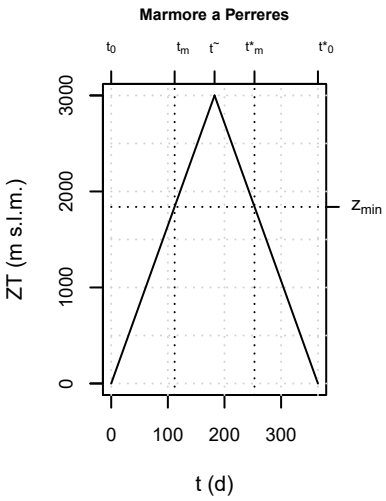
Lys a Gressoney St Jean
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

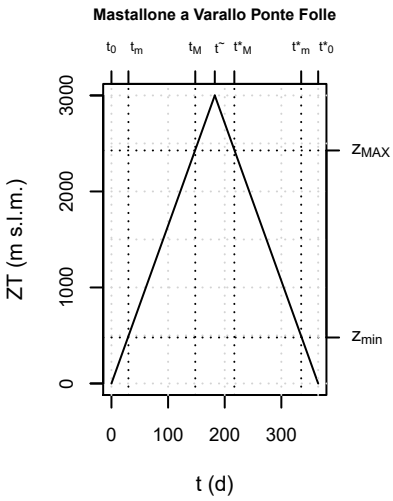
Lys a Guillemore
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

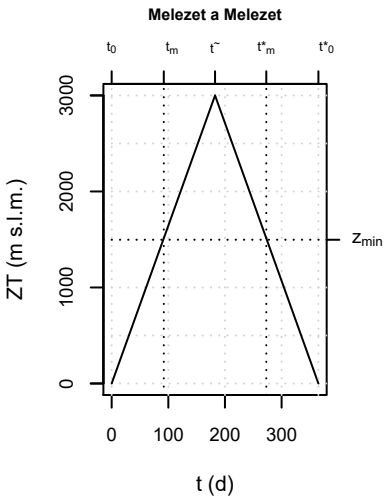

Maira a Saretto
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

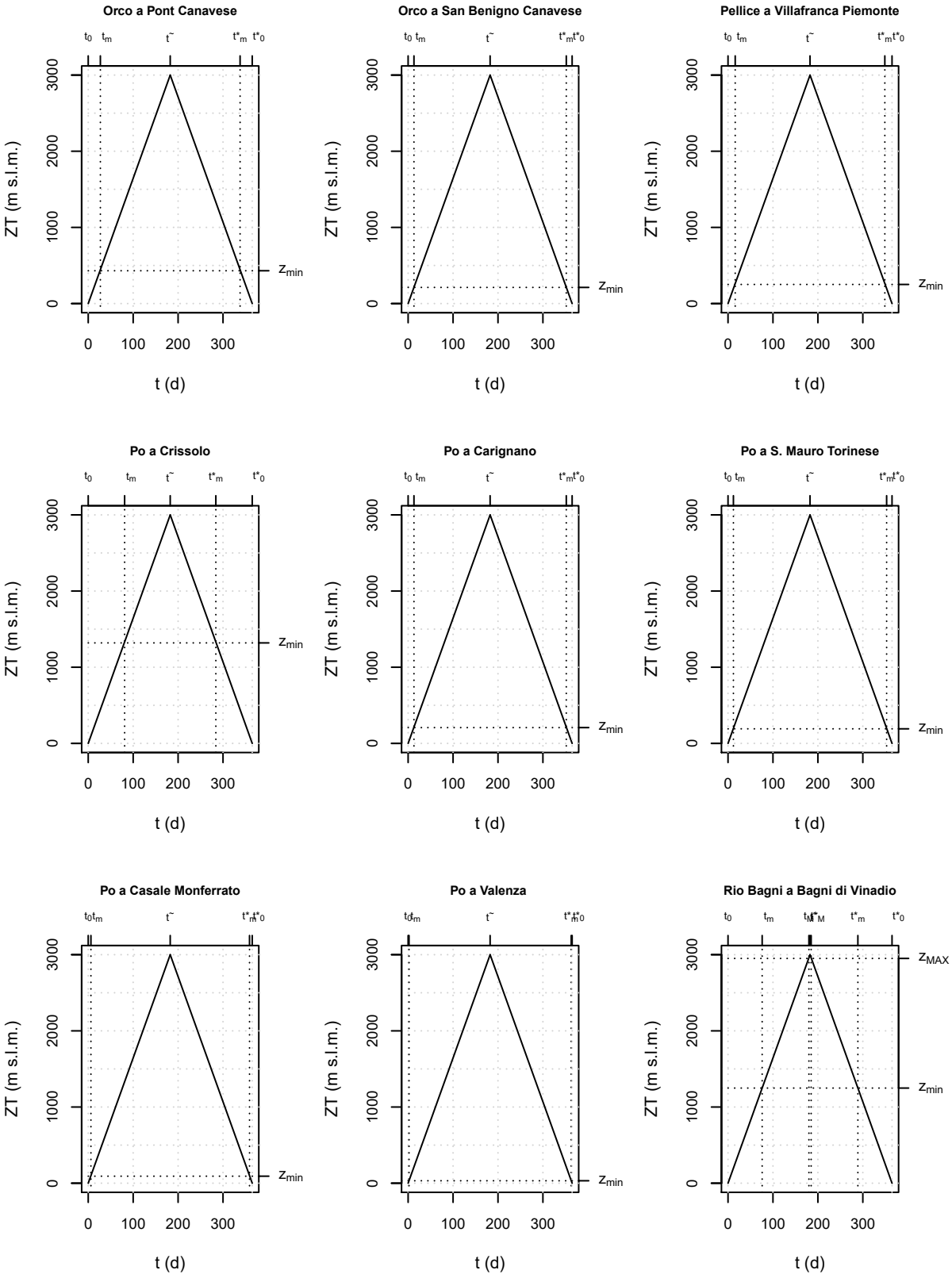

Maira a San Damiano Macra
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

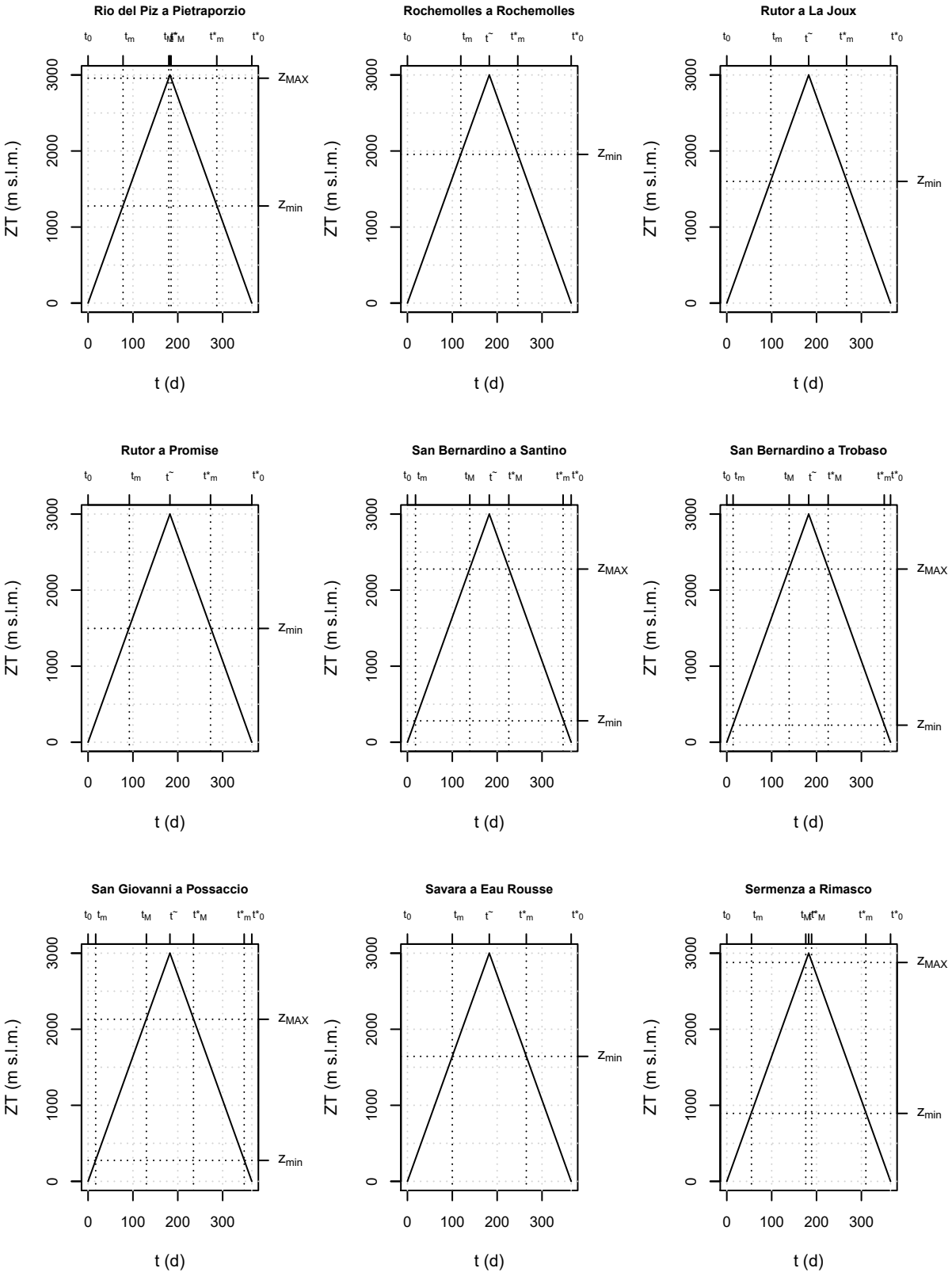

Maira a Racconigi
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

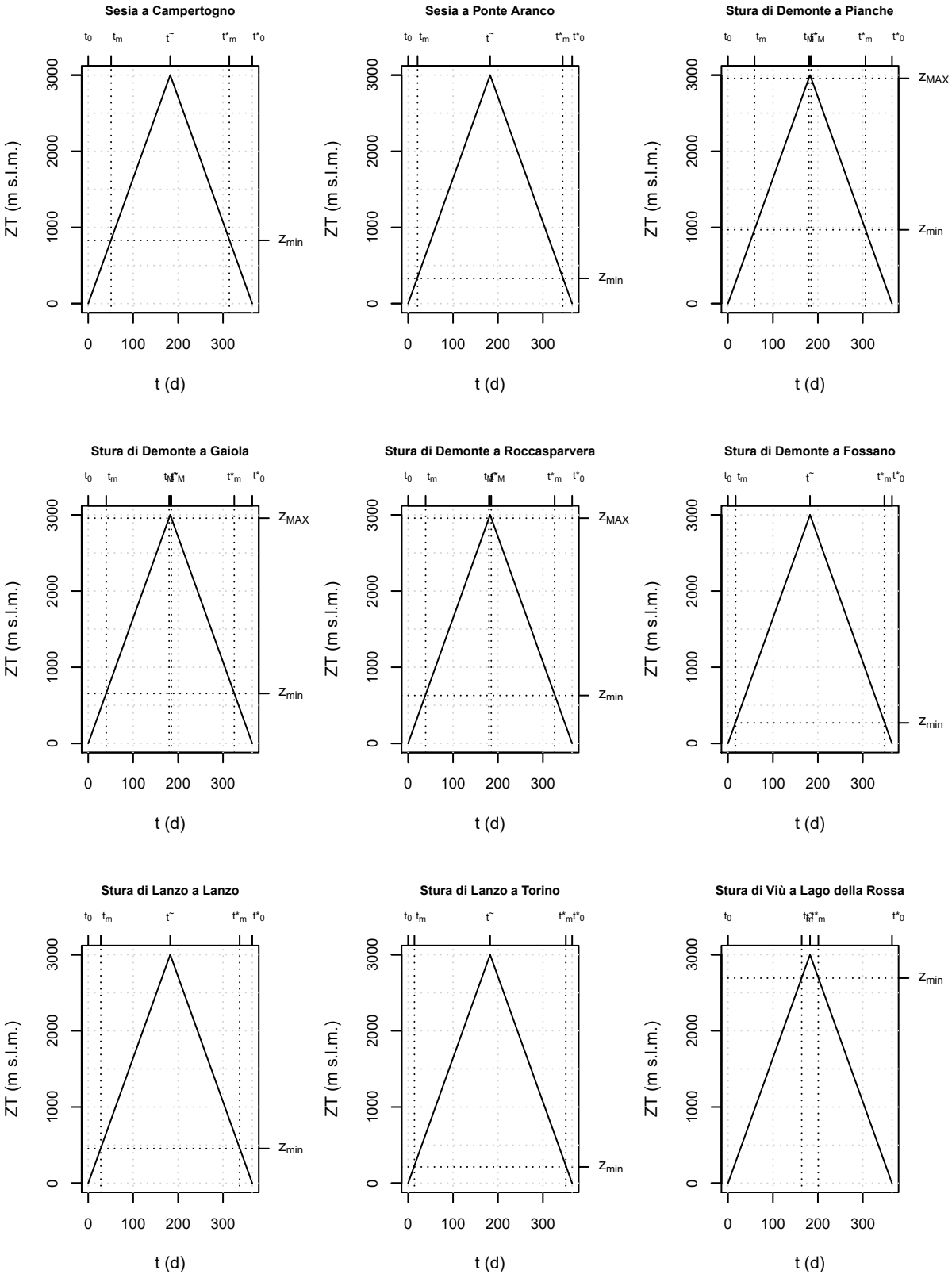

Marmore a Perreres
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

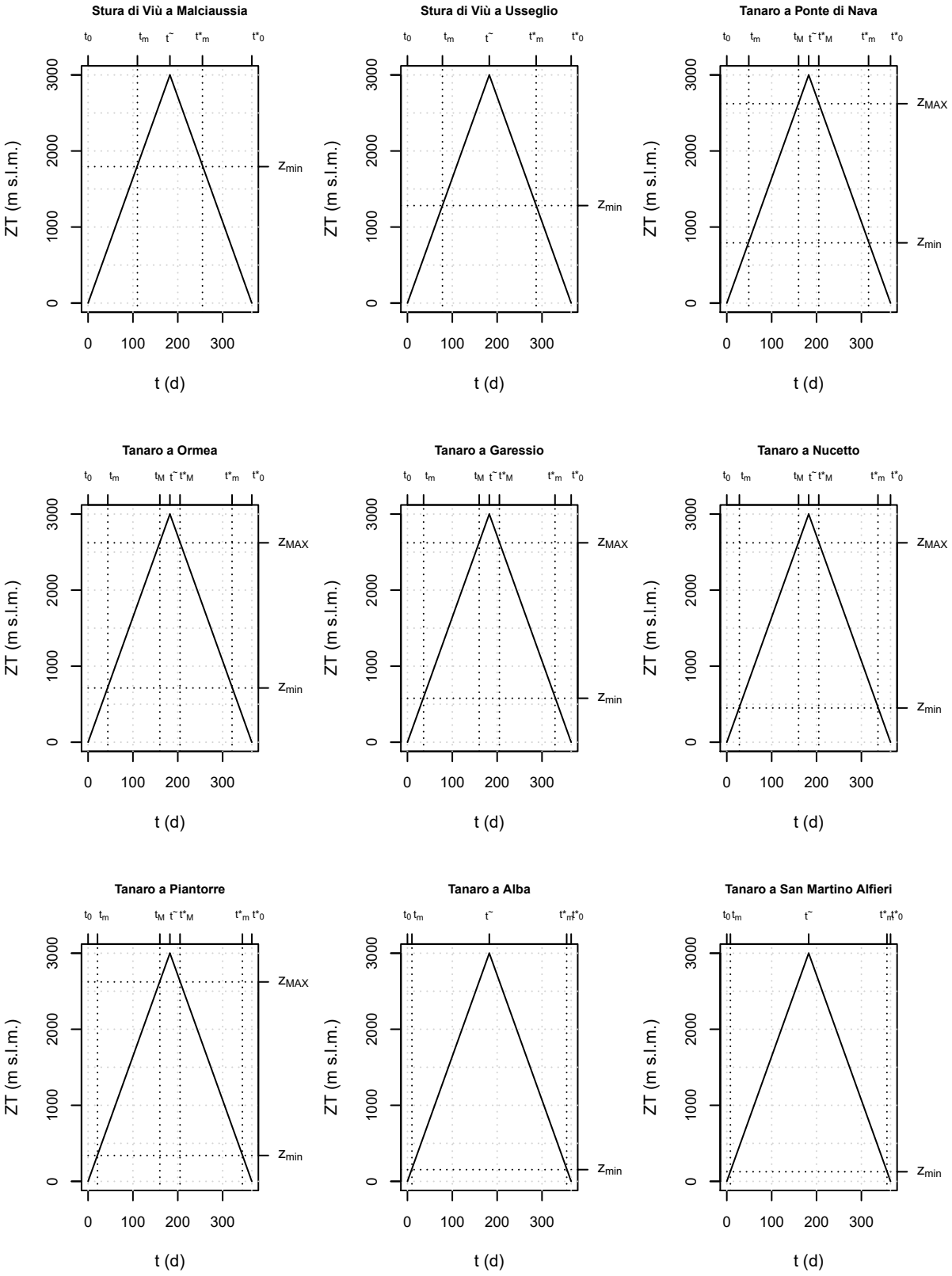

Mastallone a Varallo Ponte Folle
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{MAX}
z_{min}

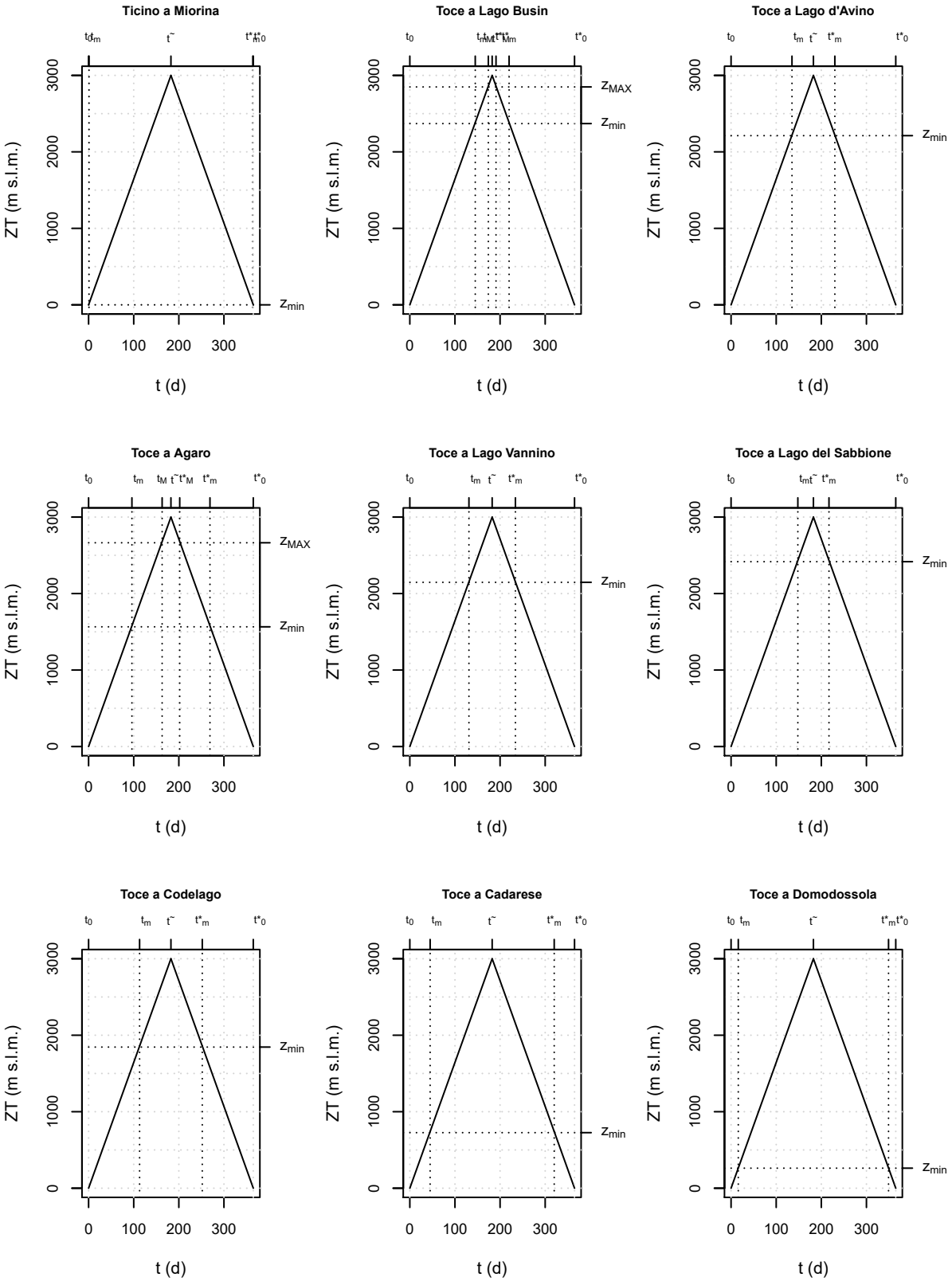

Melezet a Melezet
ZT (m s.l.m.)
t (d)
z_{min}

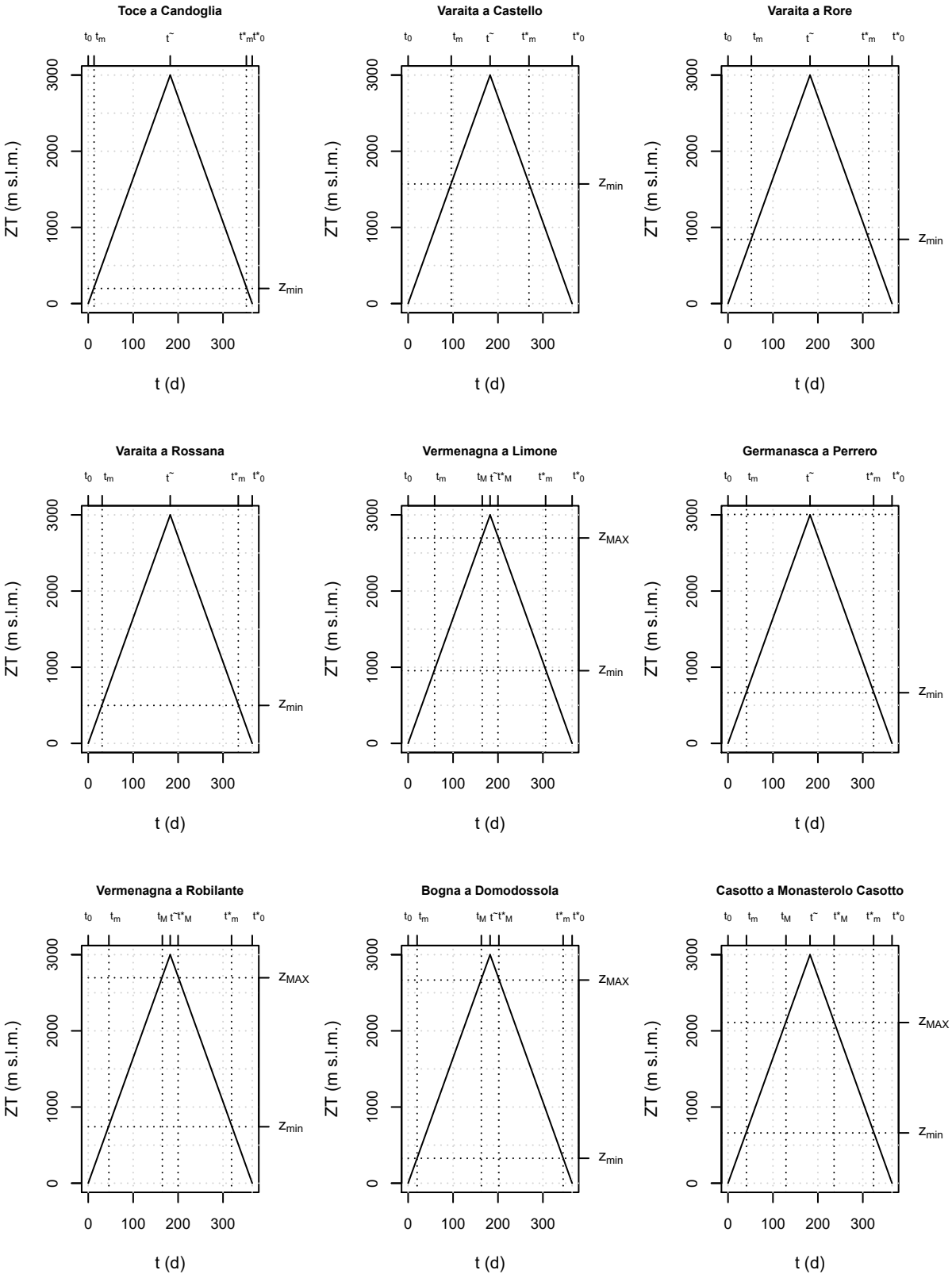

Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{min}
z_{MAX}
t_0
t_m
$t^{\sim}$
t^*_m
t^*_0
t^*_M

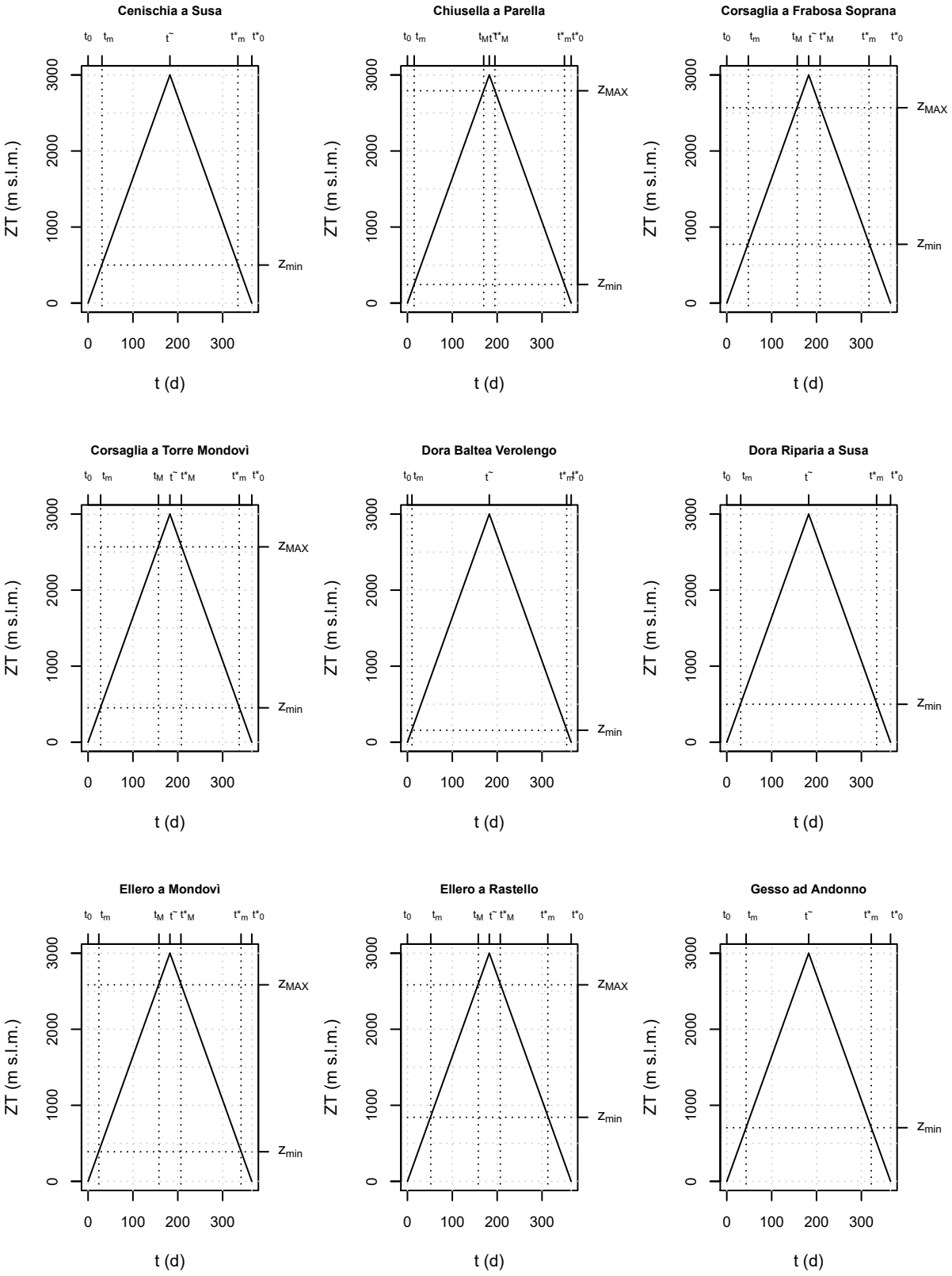

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{MAX}
z_{min}
t_0
t_m
t_M
$t^{\sim}$
t^*_m
t^*_M
t^*_0

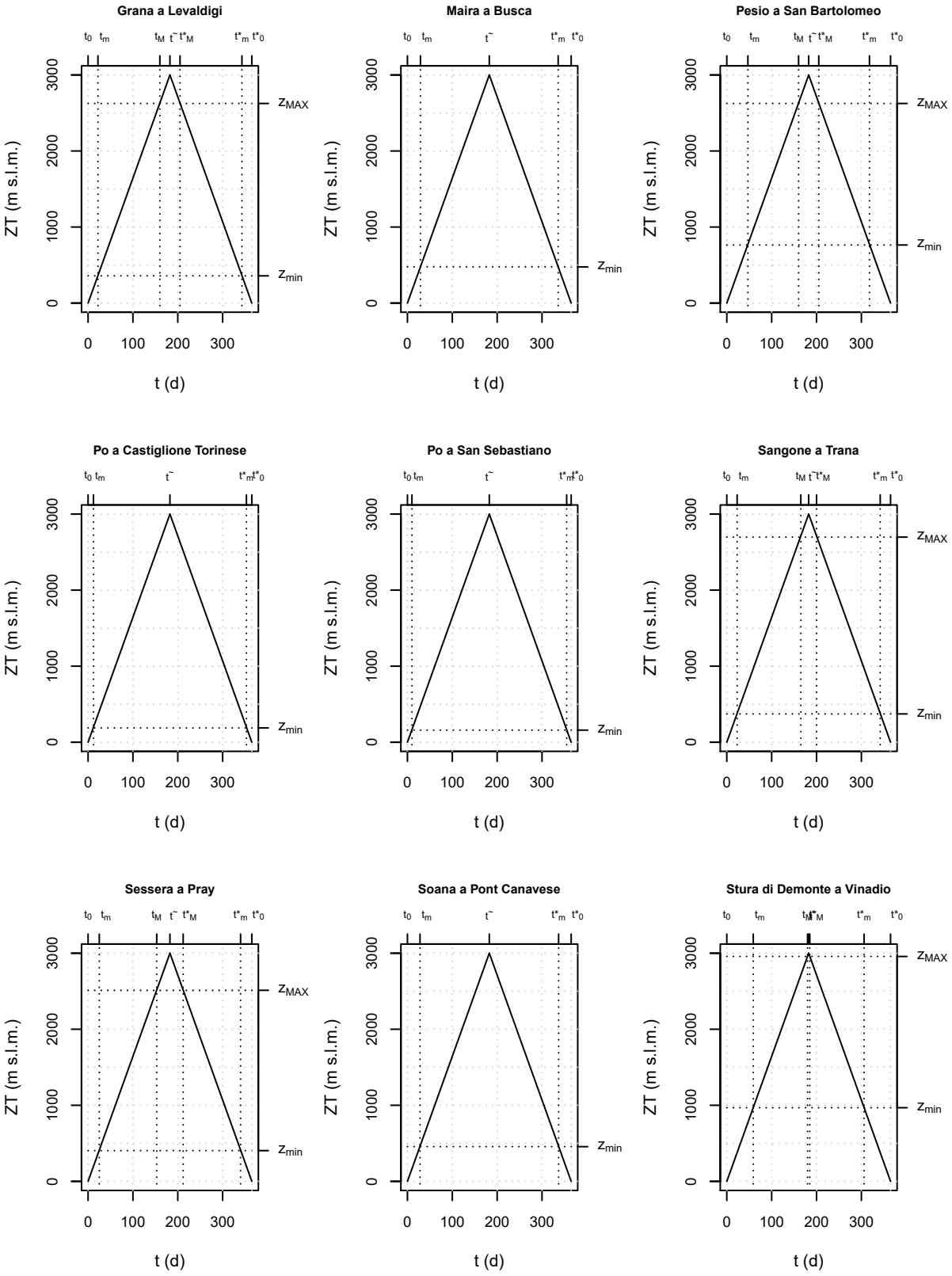

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{MAX}
z_{min}
t_0
t_m
$\tilde{t}$
t^*_m
t^*_0

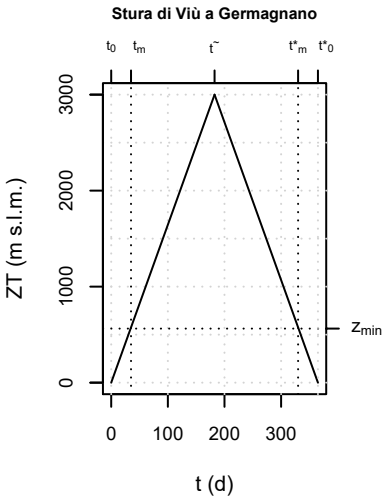

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{MAX}
z_{min}
t_0
t_m
$t^{\sim}$
t^*_m
t^*_0
t_M
$t^{\sim}t^*_M$

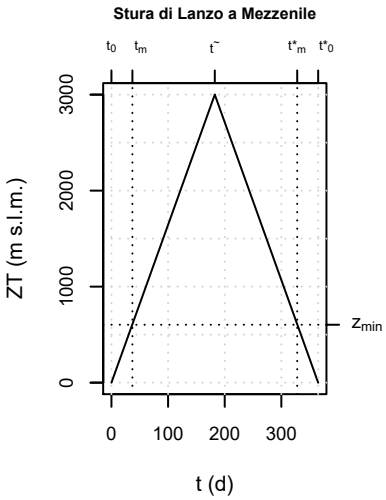

Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{min}
z_{MAX}

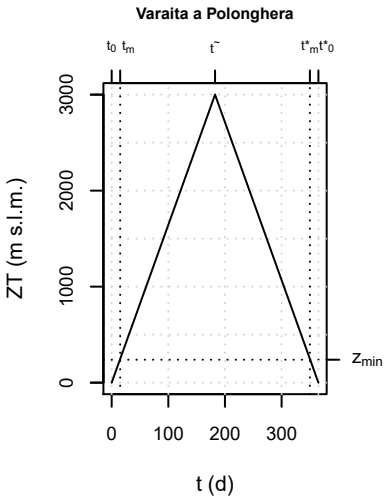

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{min}
z_{MAX}
t_0
t_m
t_M
$\tilde{t}$
t^*_m
t^*_0
t^*_M

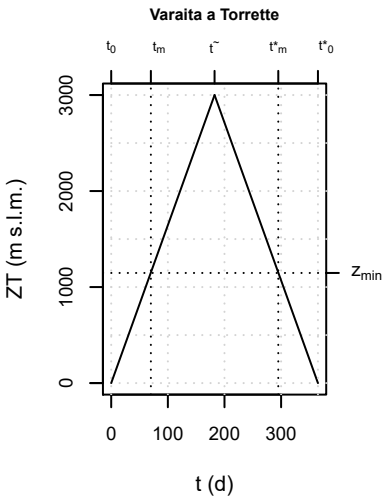

Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{MAX}
z_{min}
t_0
t_m
t_M
$\tilde{t}$
t^*_m
t^*_0
t^*_M


Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
ZT (m s.l.m.)
t (d)
0
1000
2000
3000
0
100
200
300
z_{MAX}
z_{min}
t_0 t_m t_M $\tilde{t}$ t^*_M t^*_m t^*_0


Stura di Viù a Germagnano
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)


Stura di Lanzo a Mezzenile
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)


Varaita a Polonghera
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)


Varaita a Torrette
t0 tm t~ t*m t*0
ZT (m s.l.m.)
0 1000 2000 3000
zmin
0 100 200 300
t (d)

ALLEGATO D – Modellazione della curva ipsometrica

In questa sezione si riportano i risultati grafici ottenuti dalla modellazione ipsometrica, rispettivamente con le metodologie

- Funzione semplificata ad un parametro
- Funzione di Strahler a due parametri
- Funzione generalizzata a tre parametri

L'allegato si compone di tre sezioni distinte, ognuna associata ad una metodologia differente. Precedentemente all'esposizione dei risultati grafici, si dettagliano i parametri ottenuti ed i valori di integrale ipsometrico tramite tabelle esplicative.

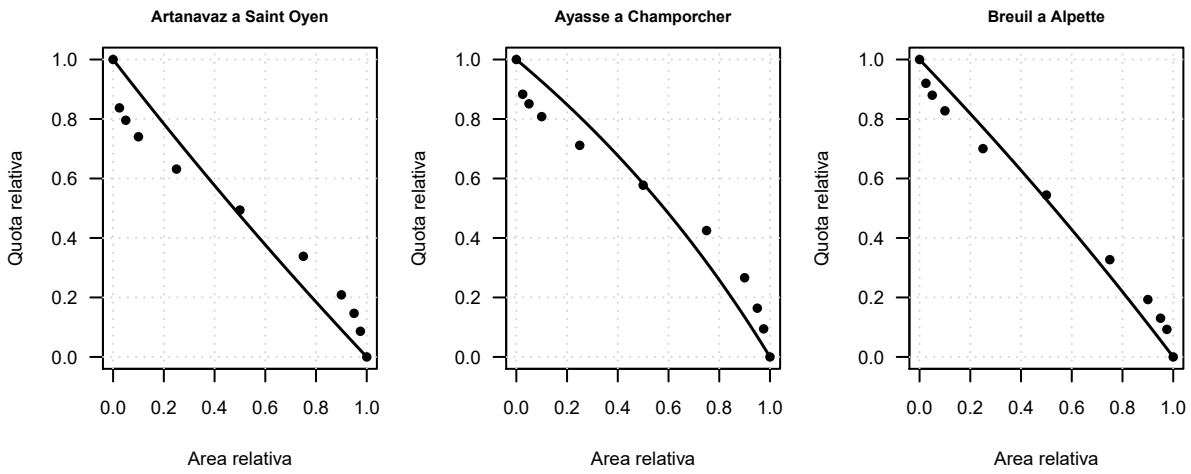
Si segnala che, in tutti i grafici successivamente riportati in questo allegato, i punti indicati in colore nero rappresentano i quantili della curva ipsometrica, forniti nell'*Atlante geografico dei bacini piemontesi*.

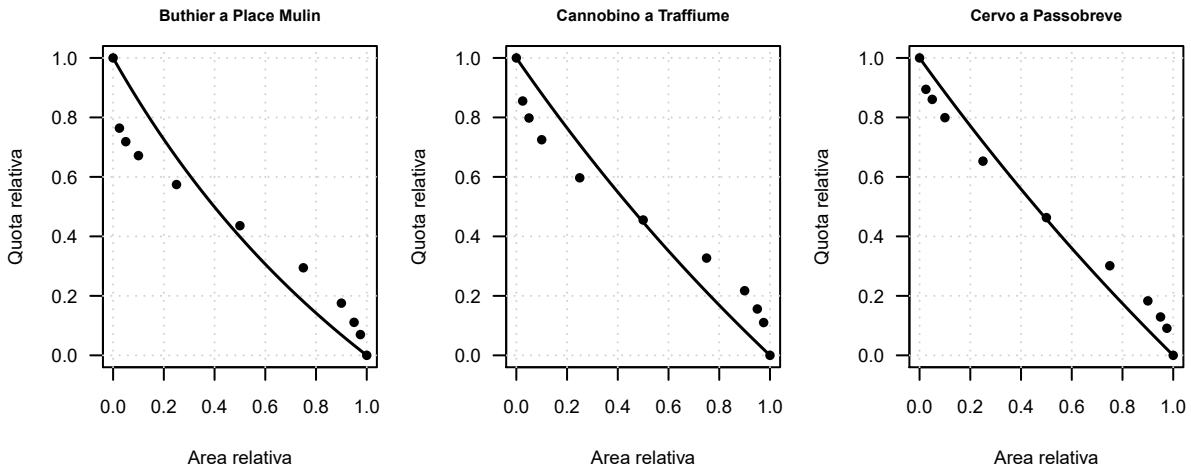
ALLEGATO D.1 – Funzione semplificata ad un parametro

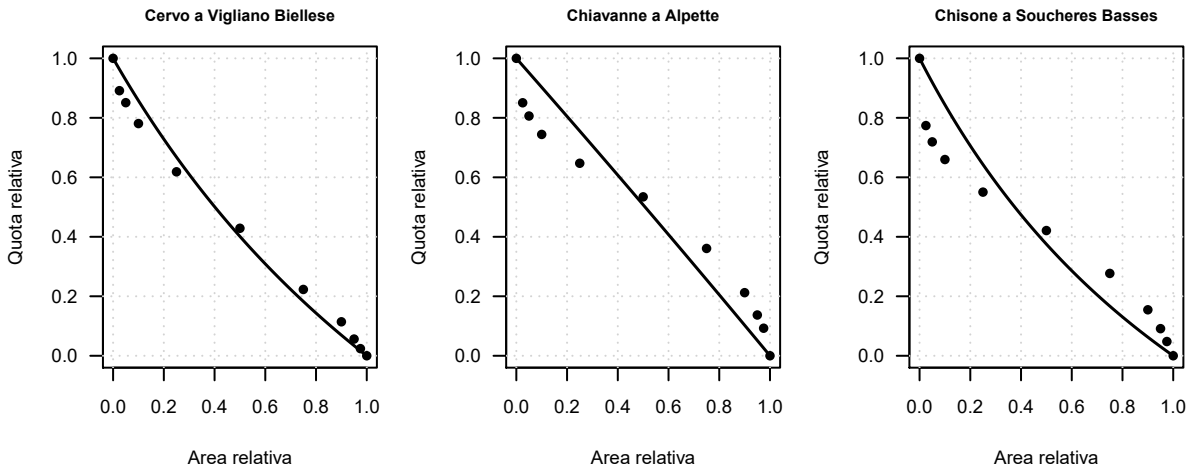
Codice	*Denominazione*	*ζ*	*HI*
A009	Artanavaz a Saint Oyen	0.102	0.484
A011	Ayasse a Champorcher	-0.284	0.555
A026	Breuil a Alpette	-0.109	0.519
A028	Buthier a Place Mulin	0.508	0.432
A029	Cannobino a Traffiume	0.233	0.465
A030	Cervo a Passobreve	0.184	0.472
A031	Cervo a Vigliano Biellese	0.492	0.434
A033	Chiavanne a Alpette	-0.030	0.505
A038	Chisone a Soucheres Basses	0.665	0.416
A039	Chisone a Fenestrelle	0.133	0.479
A040	Chisone a San Martino	0.200	0.470
A041	Chiusella a Gurzia	0.814	0.402
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	-0.268	0.552
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	0.316	0.454
A045	Dora Baltea a Cignana	0.353	0.450
A046	Dora Baltea a Beauregard	0.218	0.467
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	1.107	0.378
A048	Dora Baltea ad Aosta	0.731	0.409
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	0.749	0.408
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	0.206	0.469
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	0.968	0.389
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	-0.088	0.515
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	-0.077	0.513
A057	Dora Riparia a Oulx	0.028	0.495
A058	Dora Riparia a Salbertand	0.229	0.466
A059	Dora Riparia a Chiomonte	-0.094	0.516
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	0.170	0.474
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	0.563	0.426
A065	Evancon a Champoluc	0.702	0.412
A066	Evancon a Brusson	0.881	0.396
A067	Galambra a Presa Centrale Chiomonte	-0.420	0.590
A069	Gesso della Valletta a San Lorenzo	-0.212	0.540
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	0.070	0.489
A071	Gesso di Entracque a Entracque	0.354	0.450
A073	Grana a Monterosso	0.478	0.435
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	0.311	0.455
A077	Lys a d'Ejola	0.039	0.494
A078	Lys a Gressoney St Jean	0.796	0.404
A079	Lys a Guillemore	1.120	0.377
A080	Maira a Saretto	-0.172	0.531

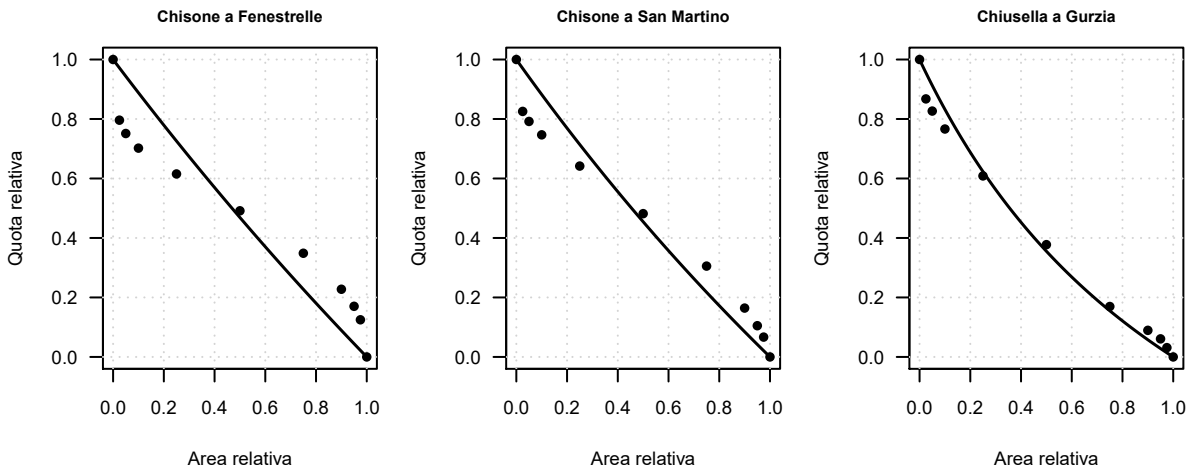
Codice	*Denominazione*	*ζ*	*HI*
A081	Maira a San Damiano Macra	0.139	0.478
A082	Maira a Racconigi	1.302	0.364
A085	Marmore a Perreres	1.462	0.354
A086	Mastallone a Varallo Ponte Folle	0.441	0.439
A087	Melezet a Melezet	-0.190	0.535
A099	Orco a Pont Canavese	0.468	0.436
A100	Orco a San Benigno Canavese	1.233	0.369
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	0.500	0.433
A106	Po a Crissolo	0.951	0.390
A107	Po a Carignano	4.052	0.252
A110	Po a S. Mauro Torinese	4.119	0.250
A111	Po a Casale Monferrato	4.097	0.250
A112	Po a Valenza	4.986	0.230
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	-0.138	0.525
A123	Rio del Piz a Pietraporzio	-0.208	0.539
A126	Rochemolles a Rochemolles	0.171	0.474
A127	Rutor a La Joux	-0.289	0.556
A128	Rutor a Promise	-0.291	0.557
A129	San Bernardino a Santino	0.062	0.490
A130	San Bernardino a Trobaso	0.122	0.481
A131	San Giovanni a Possaccio	0.933	0.392
A138	Savara a Eau Rousse	0.293	0.457
A145	Sermenza a Rimasco	0.097	0.485
A146	Sesia a Campertogno	1.515	0.351
A147	Sesia a Ponte Aranco	3.096	0.280
A151	Stura di Demonte a Pianche	-0.293	0.558
A152	Stura di Demonte a Gaiola	-0.033	0.506
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	0.021	0.497
A154	Stura di Demonte a Fossano	0.558	0.427
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	0.633	0.419
A156	Stura di Lanzo a Torino	1.713	0.339
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	2.021	0.323
A158	Stura di Viù a Malciaussia	-0.036	0.506
A159	Stura di Viù a Usseglio	0.030	0.495
A160	Tanaro a Ponte di Nava	0.520	0.431
A161	Tanaro a Ormea	0.575	0.425
A162	Tanaro a Garessio	0.629	0.419
A163	Tanaro a Nucetto	1.364	0.360
A164	Tanaro a Piantorre	2.112	0.319
A167	Tanaro a Alba	2.497	0.302
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	2.631	0.296

Codice	*Denominazione*	*ζ*	*HI*
A179	Ticino a Miorina	3.019	0.282
A181	Toce a Lago Busin	2.050	0.322
A182	Toce a Lago d'Avino	3.501	0.267
A183	Toce a Agaro	0.025	0.496
A184	Toce a Lago Vannino	1.223	0.370
A185	Toce a Lago del Sabbione	1.071	0.381
A186	Toce a Codelago	1.423	0.356
A187	Toce a Cadarese	-0.245	0.547
A188	Toce a Domodossola	0.585	0.424
A189	Toce a Candoglia	1.728	0.338
A194	Varaita a Castello	0.000	----
A195	Varaita a Rore	0.403	0.444
A196	Varaita a Rossana	0.794	0.404
A197	Vermenagna a Limone	0.687	0.414
A201	Germanasca a Perrero	-0.157	0.528
A203	Vermenagna a Robilante	0.781	0.405
A210	Bogna a Domodossola	-0.256	0.549
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	0.889	0.395
A214	Cenischia a Susa	0.017	0.497
A216	Chiusella a Parella	0.646	0.418
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	-0.023	0.504
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	1.023	0.384
A221	Dora Baltea Verolengo	1.193	0.372
A222	Dora Riparia a Susa	-0.172	0.531
A223	Ellero a Mondovì	2.105	0.319
A224	Ellero a Rastello	-0.385	0.580
A227	Gesso ad Andonno	0.333	0.452
A229	Grana a Levaldigi	3.610	0.264
A230	Maira a Busca	0.385	0.446
A239	Pesio a San Bartolomeo	0.492	0.434
A240	Po a Castiglione Torinese	4.093	0.251
A242	Po a San Sebastiano	4.219	0.247
A249	Sangone a Trana	2.002	0.324
A252	Sessera a Pray	1.286	0.365
A253	Soana a Pont Canavese	-0.005	0.501
A255	Stura di Demonte a Vinadio	-0.304	0.560
A257	Stura di Viù a Germagnano	0.795	0.404
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	0.487	0.434
A263	Varaita a Polonghera	1.866	0.331
A264	Varaita a Torrette	0.242	0.464


Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

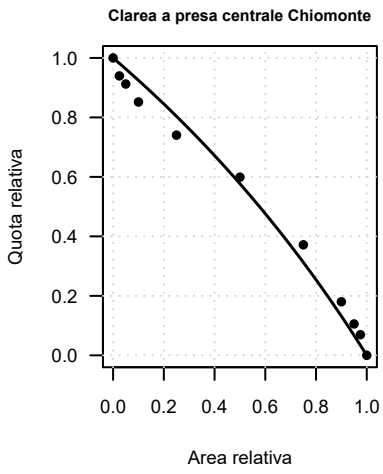

Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

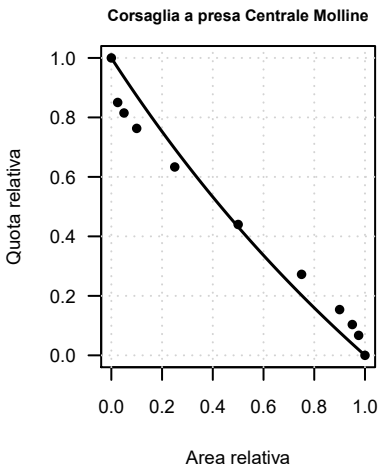

Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

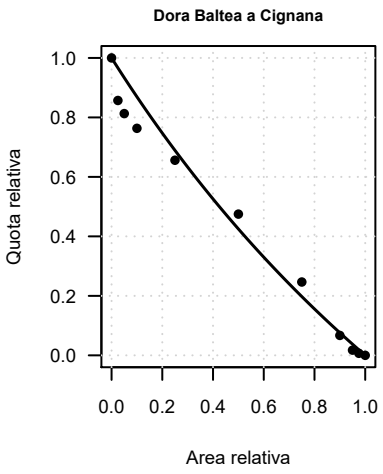

Chisone a Fenestrelle
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

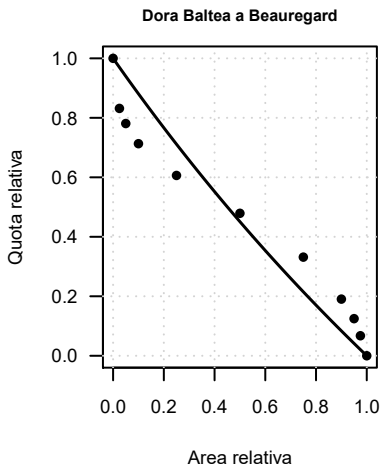
Chisone a San Martino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

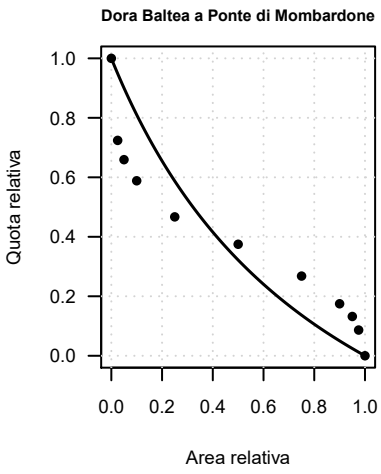
Chiusella a Gurzia
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

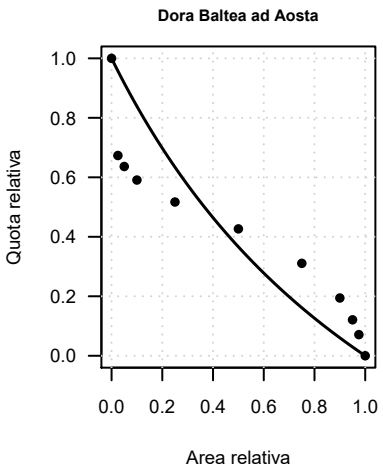

Clarea a presa centrale Chiomonte
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

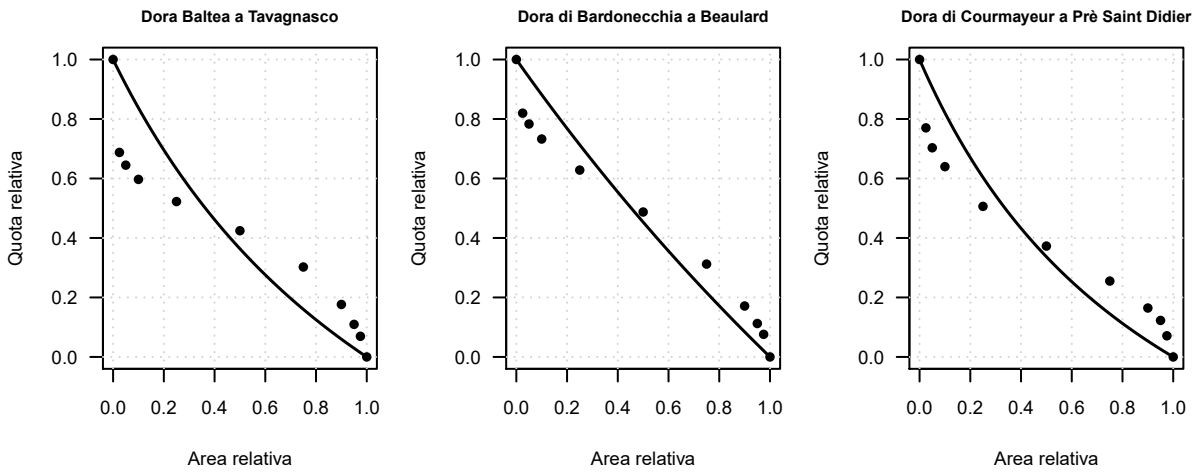

Corsaglia a presa Centrale Molline
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

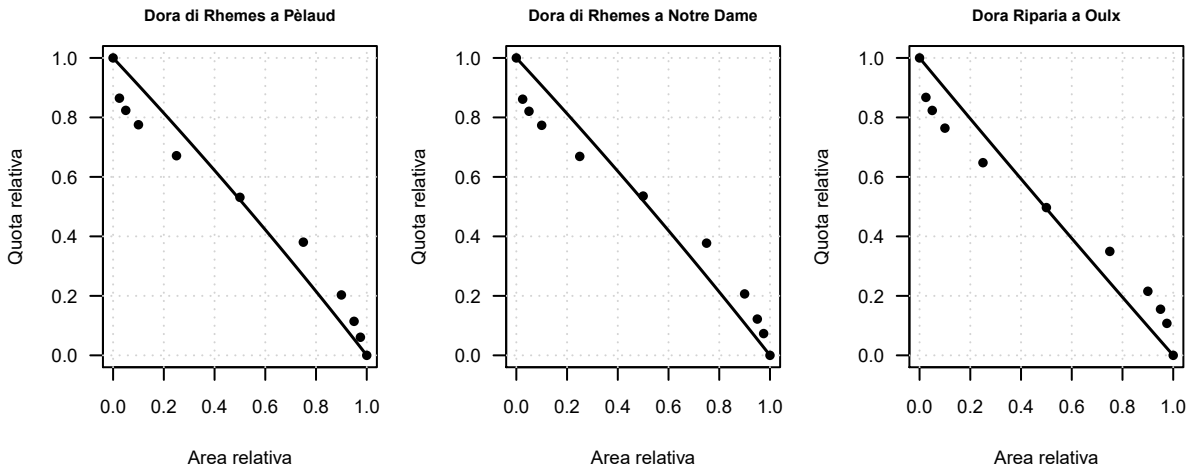

Dora Baltea a Cignana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

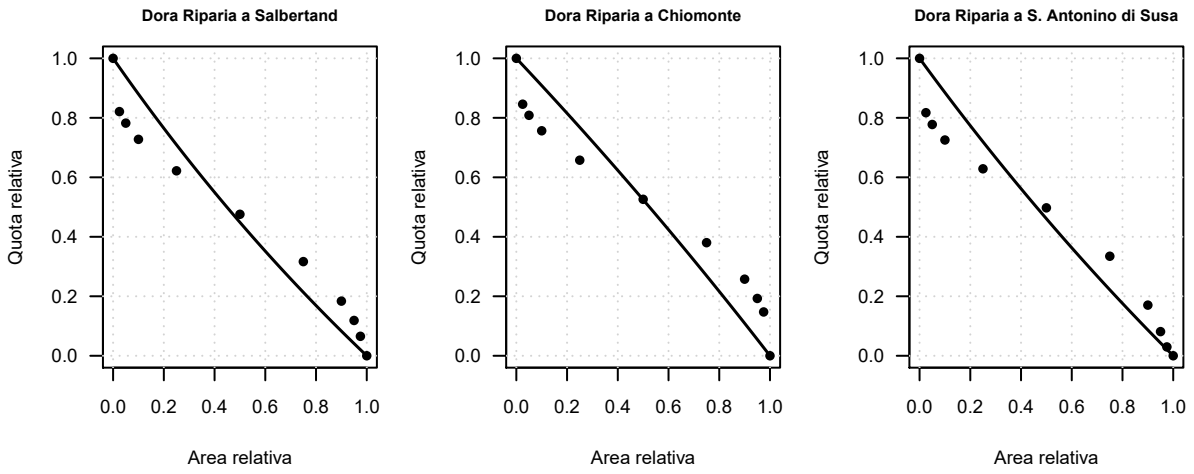

Dora Baltea a Beauregard
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

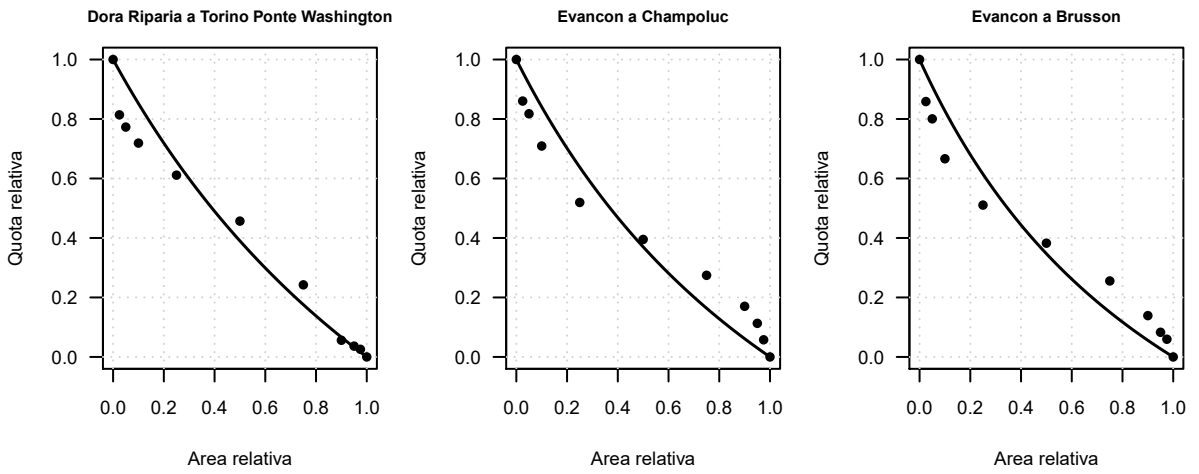

Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

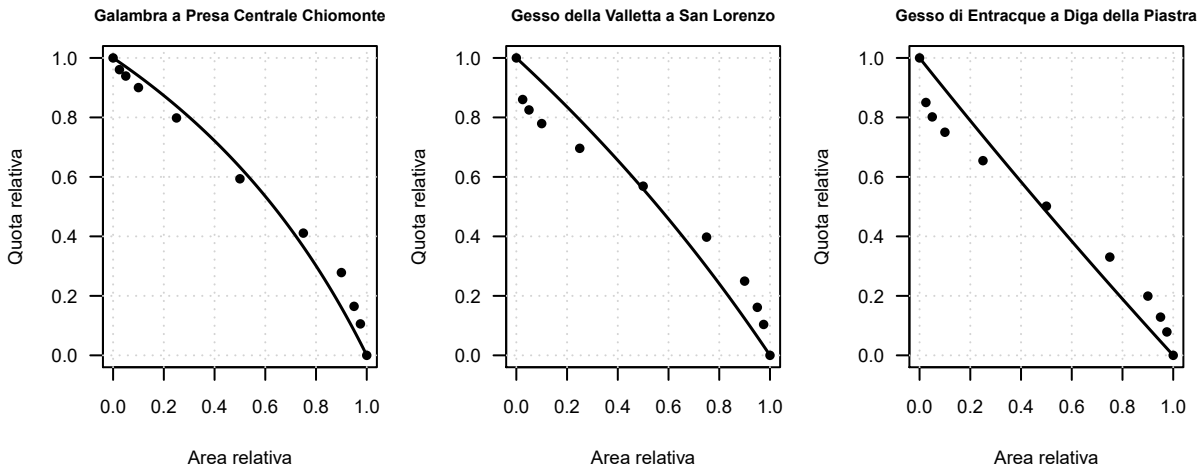

Dora Baltea ad Aosta
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

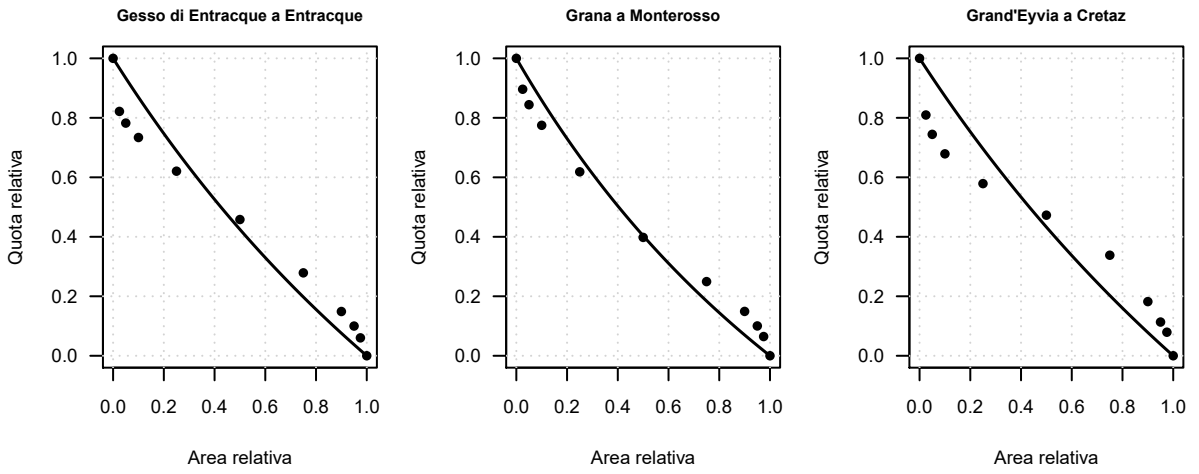

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

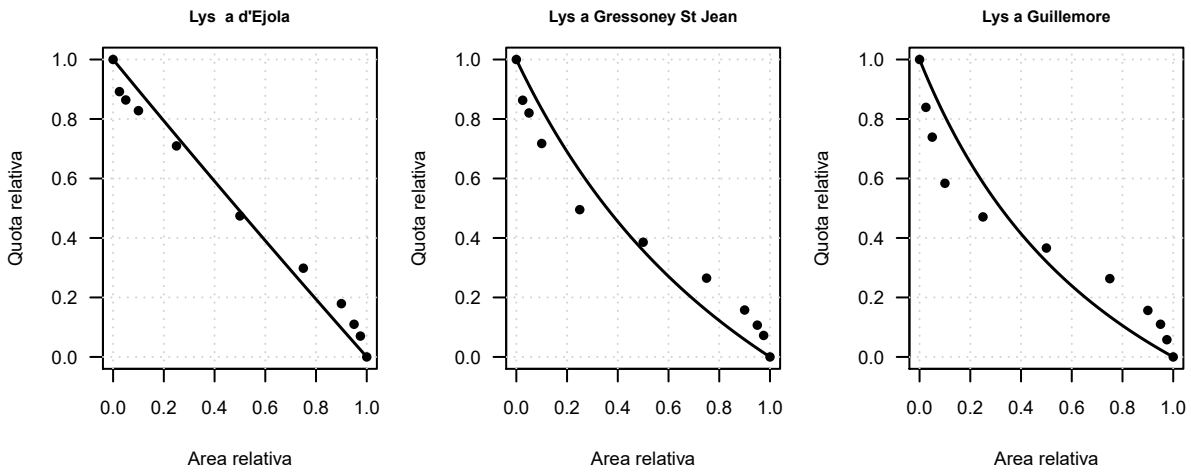

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

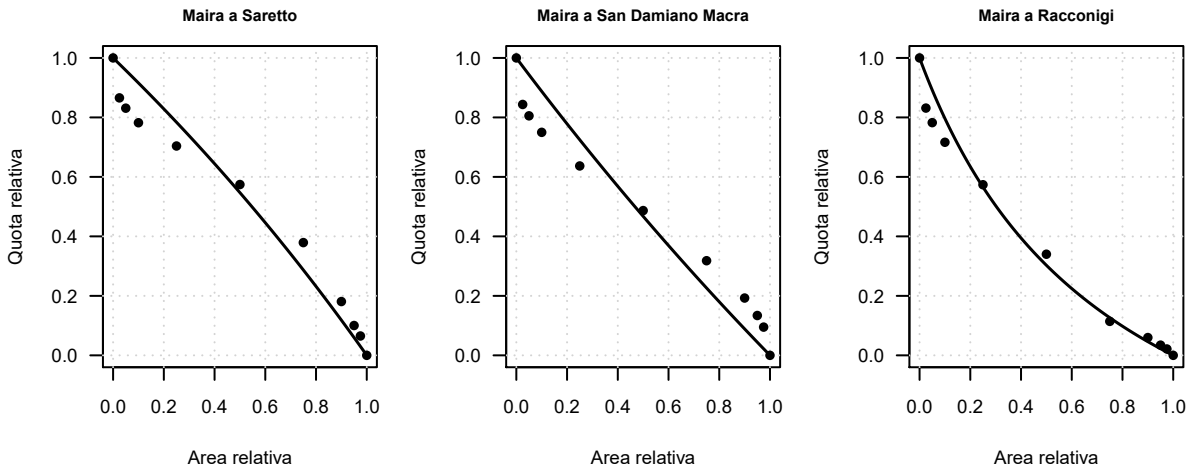

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

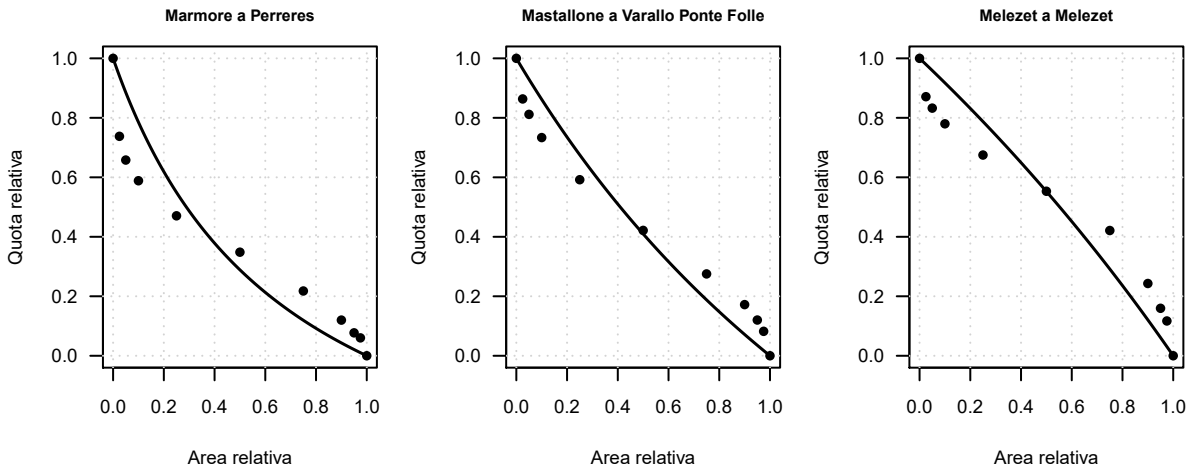

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

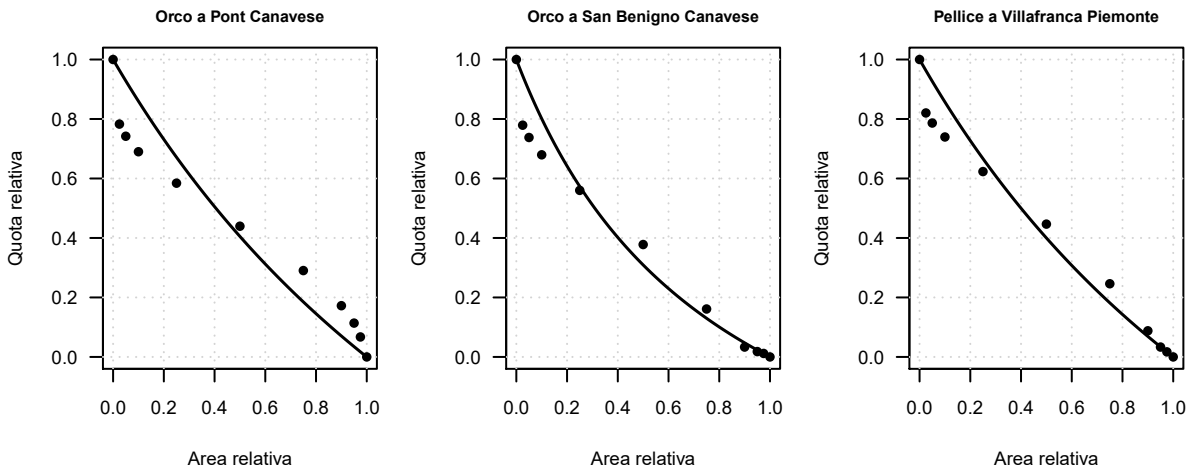

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

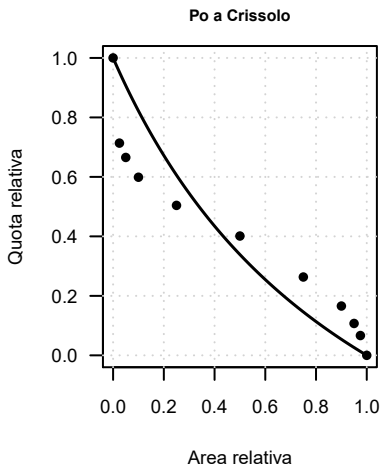

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

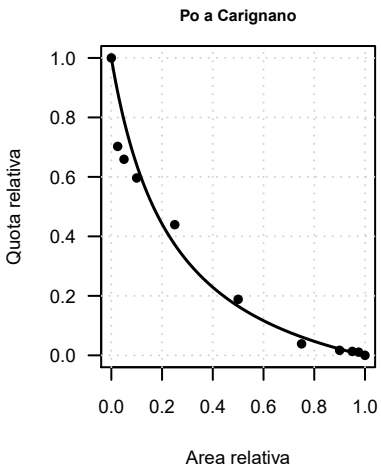

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

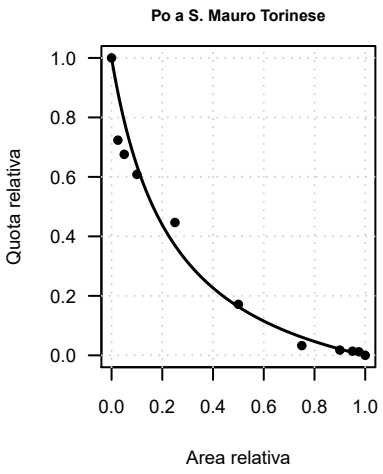

Orco a Pont Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

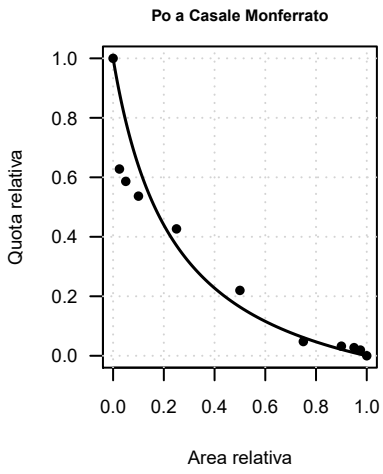
Orco a San Benigno Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

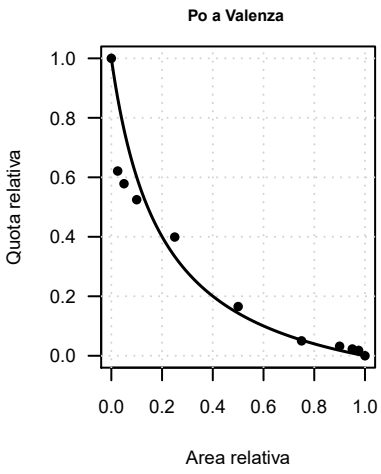
Pellice a Villafranca Piemonte
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

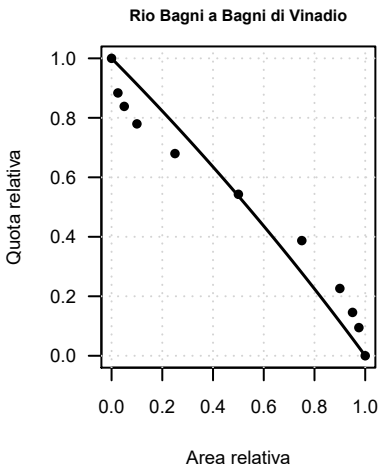

Po a Crissolo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

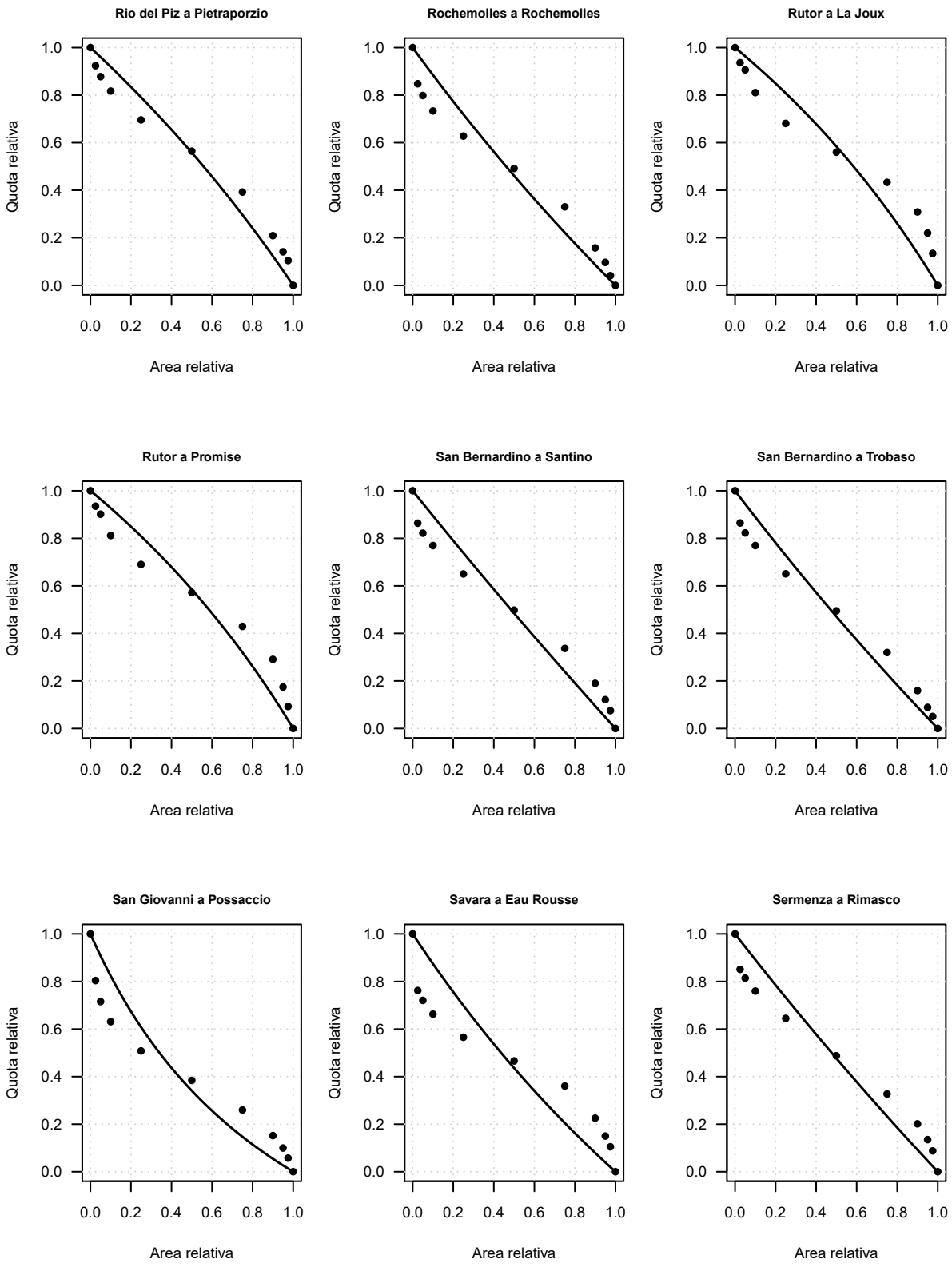

Po a Carignano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

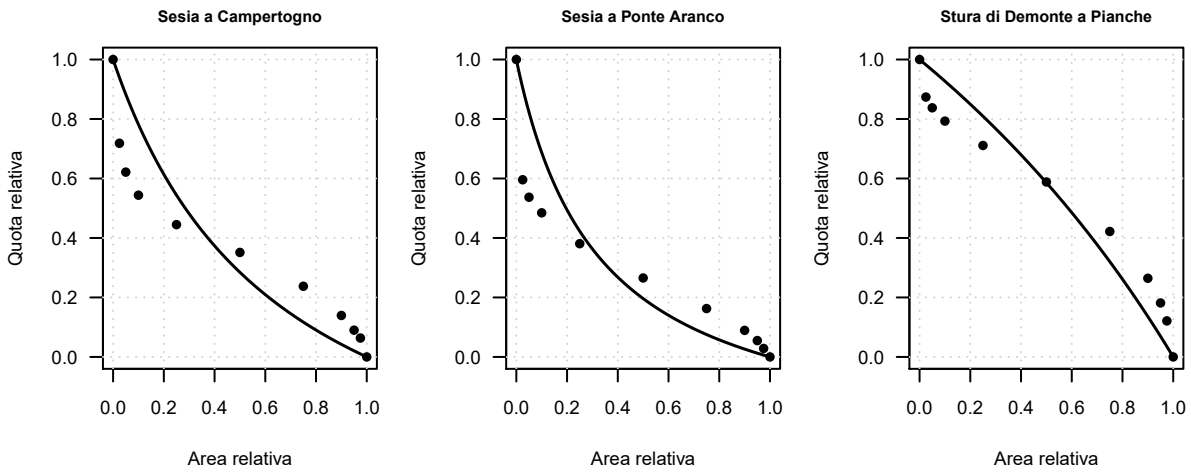

Po a S. Mauro Torinese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Po a Casale Monferrato
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Po a Valenza
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

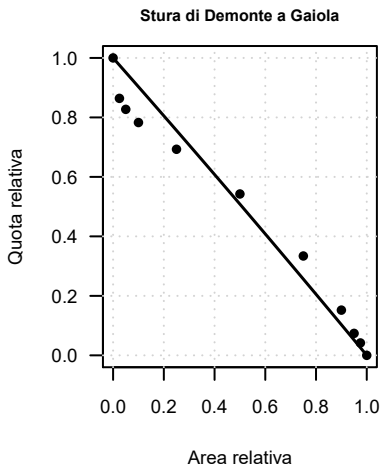

Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

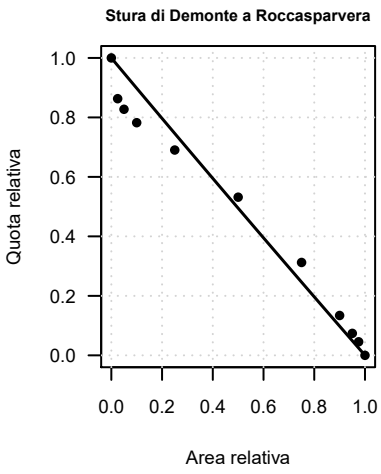

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

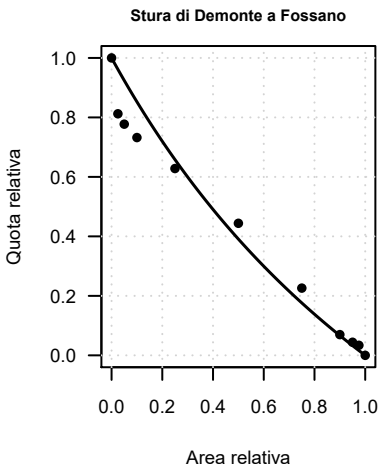

Sesia a Campertogno
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

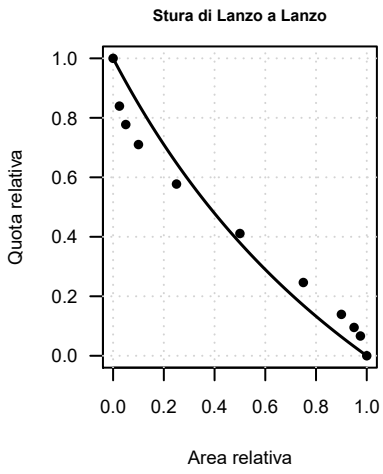
Sesia a Ponte Aranco
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

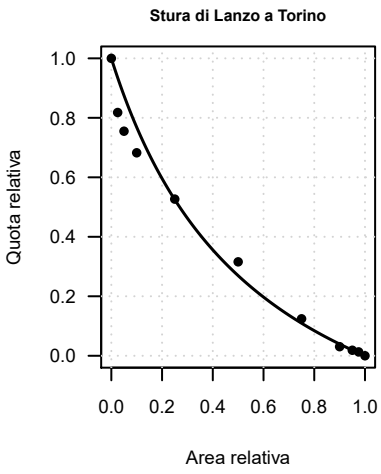
Stura di Demonte a Pianche
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

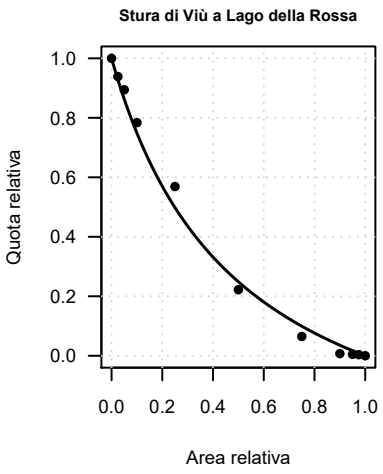

Stura di Demonte a Gaiola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

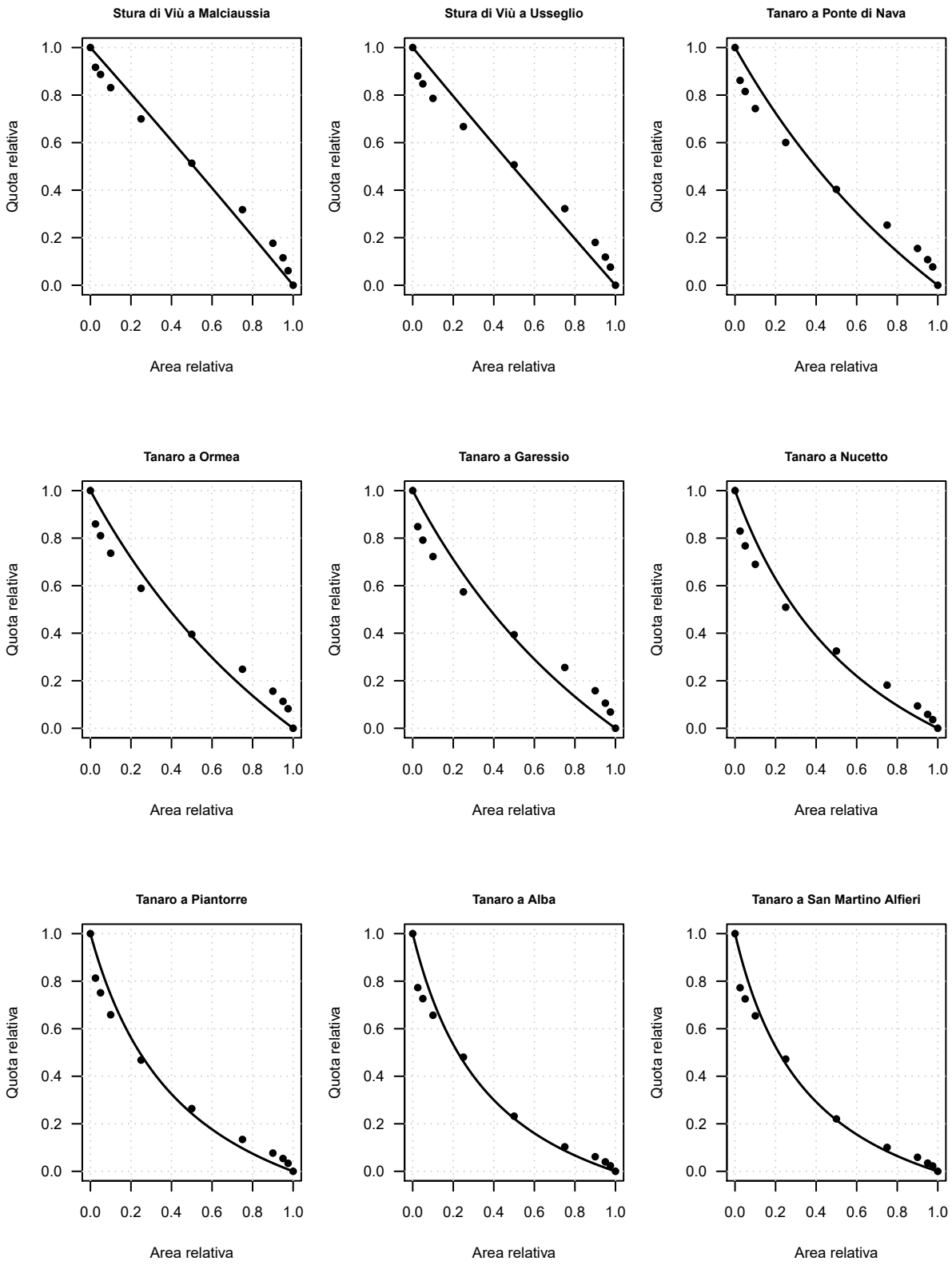

Stura di Demonte a Roccasparvera
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

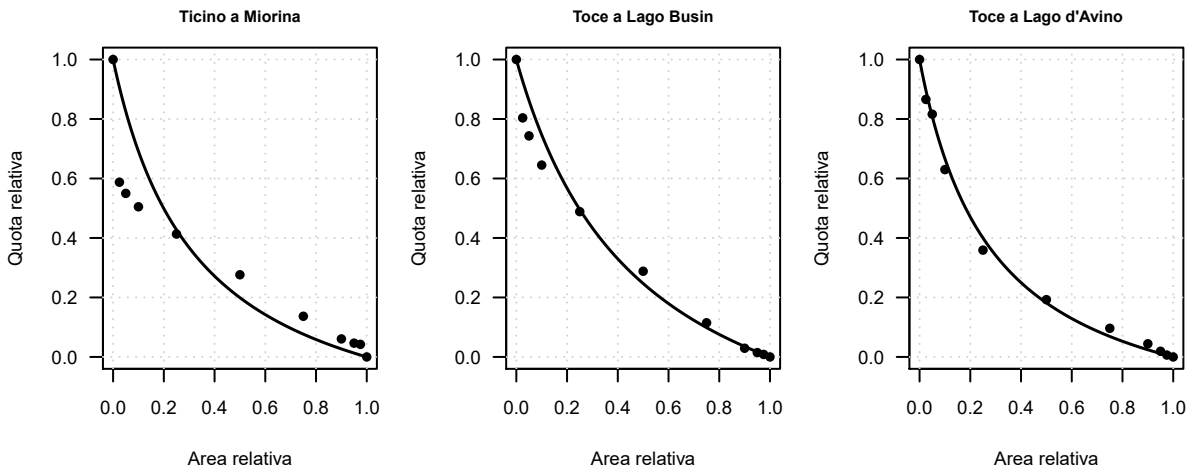

Stura di Demonte a Fossano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Lanzo a Lanzo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Lanzo a Torino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

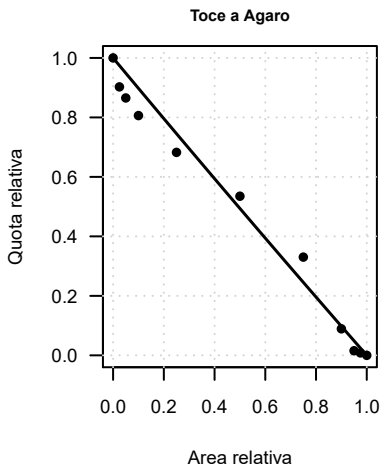

Stura di Viù a Lago della Rossa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

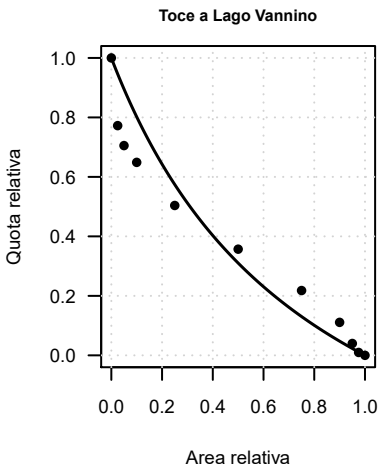

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

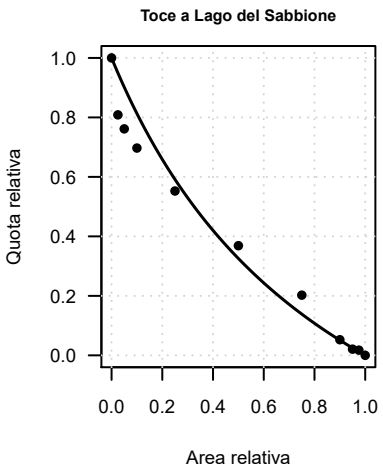

Ticino a Miorina
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

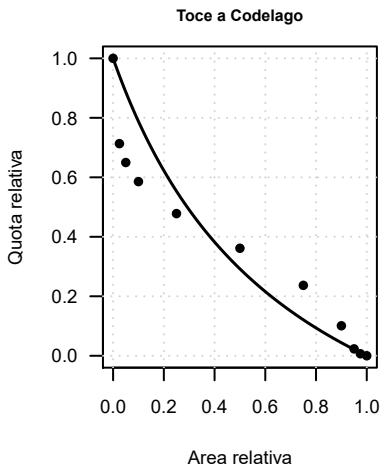
Toce a Lago Busin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

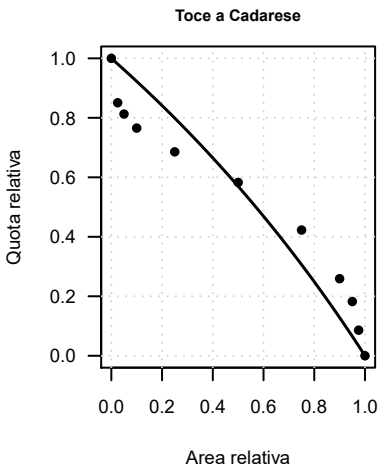
Toce a Lago d'Avino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

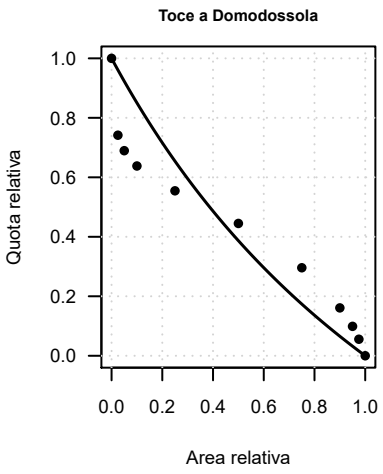

Toce a Agaro
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

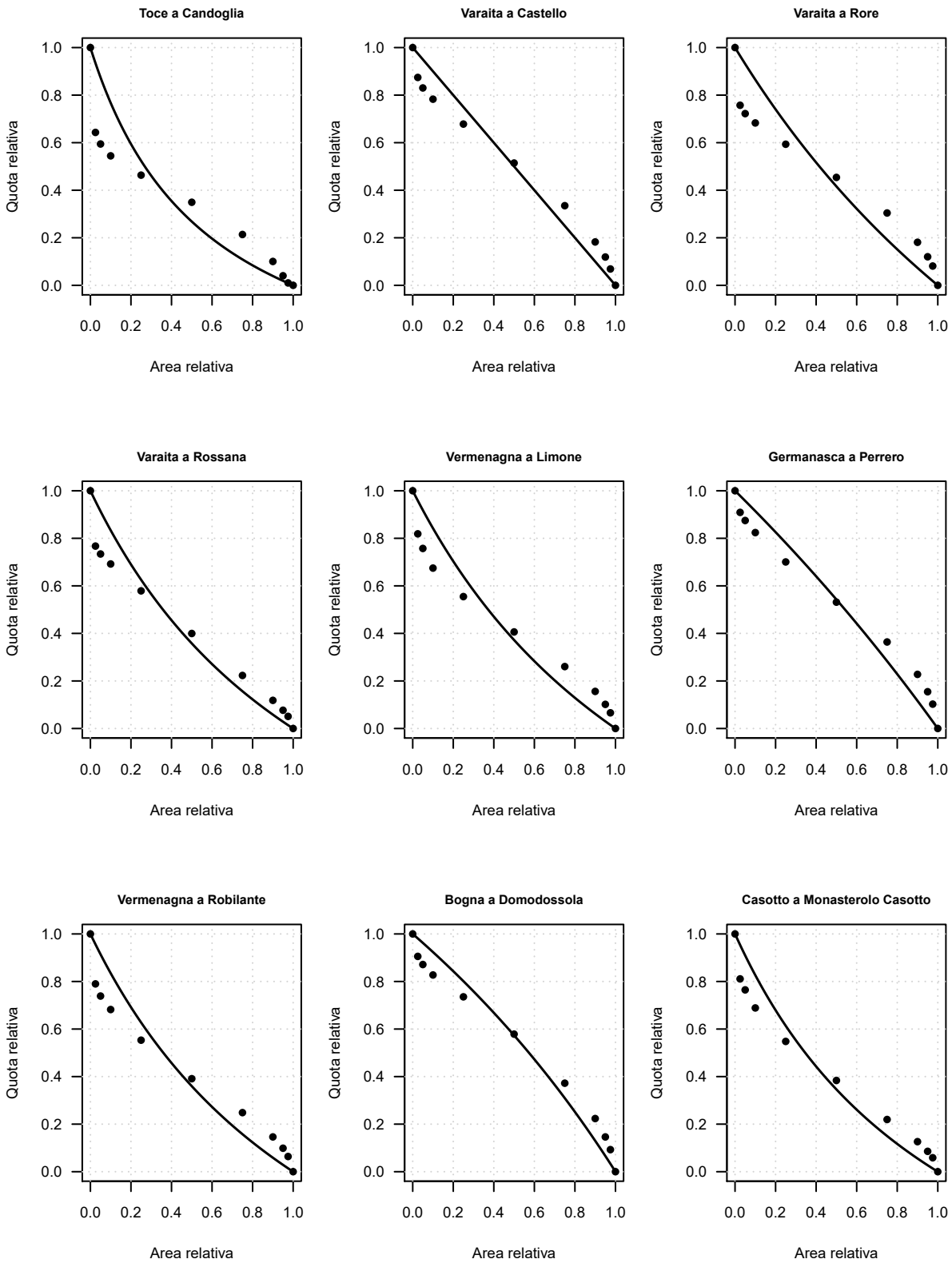

Toce a Lago Vannino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

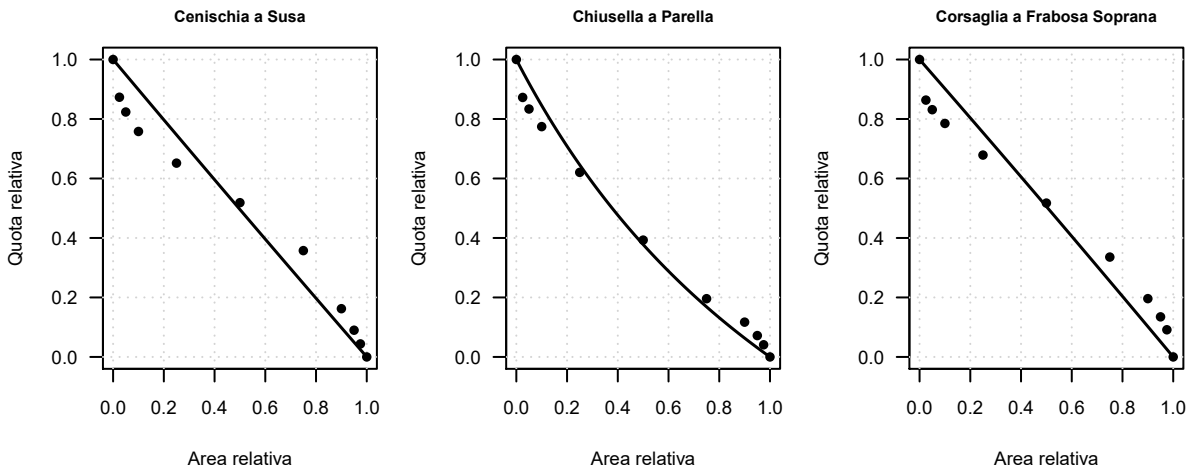

Toce a Lago del Sabbione
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Codelago
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Cadarese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

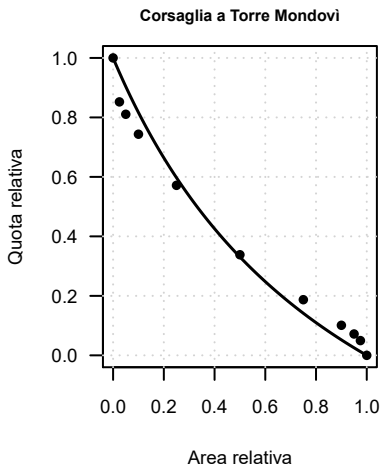

Toce a Domodossola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

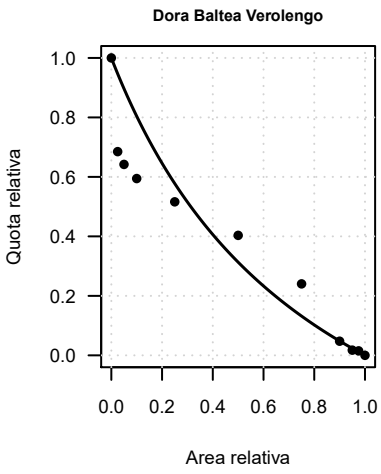

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

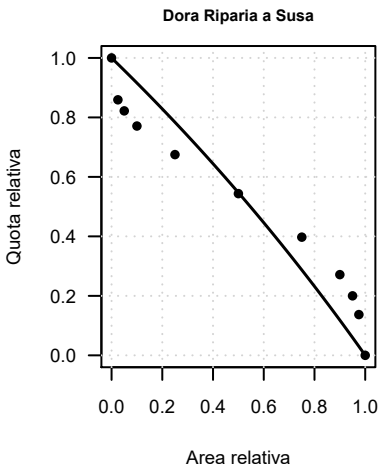

Cenischia a Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

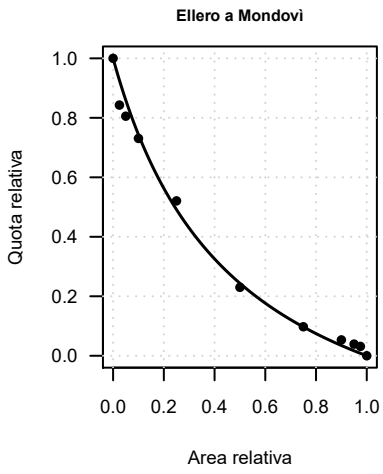
Chiusella a Parella
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

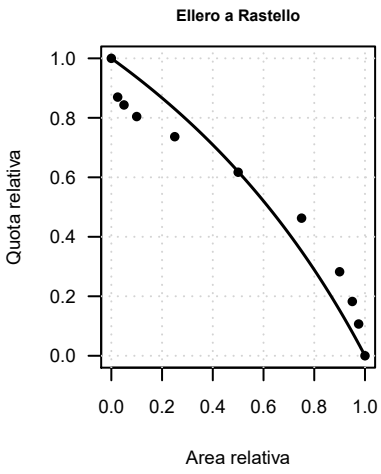
Corsaglia a Frabosa Soprana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

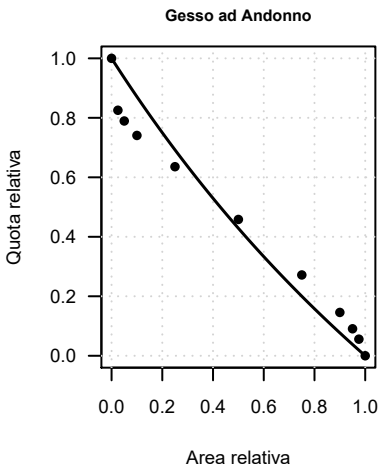

Corsaglia a Torre Mondovì
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

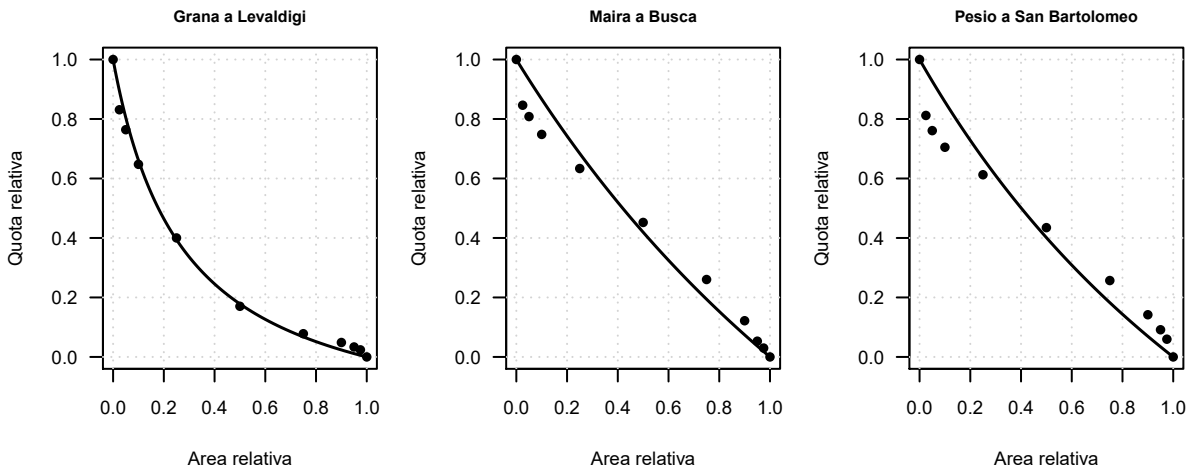

Dora Baltea Verolengo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Dora Riparia a Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Ellero a Mondovì
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

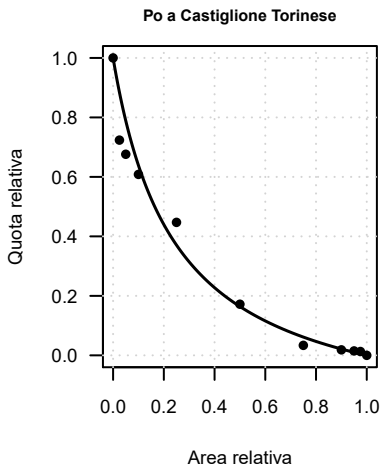

Ellero a Rastello
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

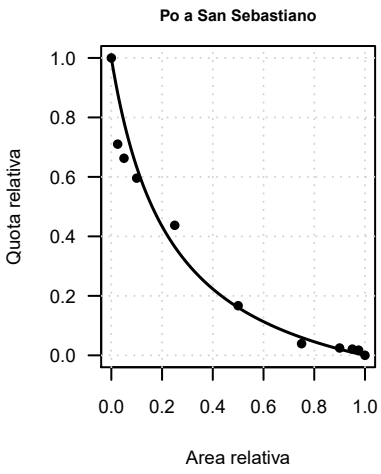

Gesso ad Andonno
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

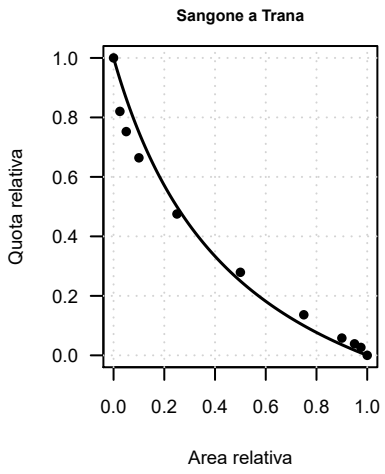

Grana a Levaldigi
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

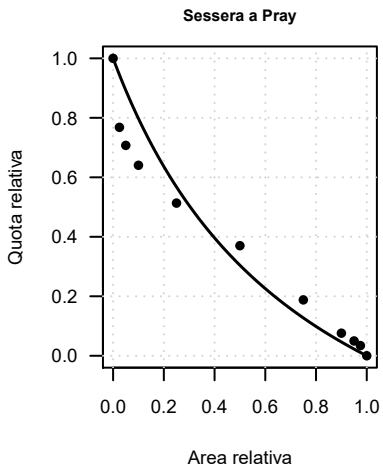
Maira a Busca
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

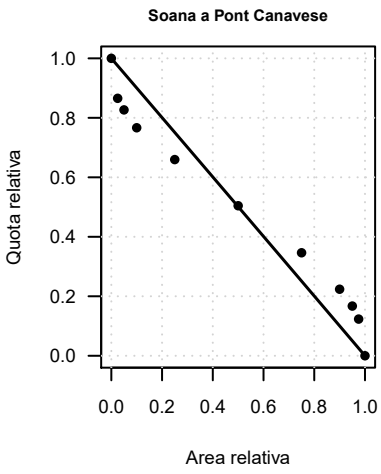
Pesio a San Bartolomeo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

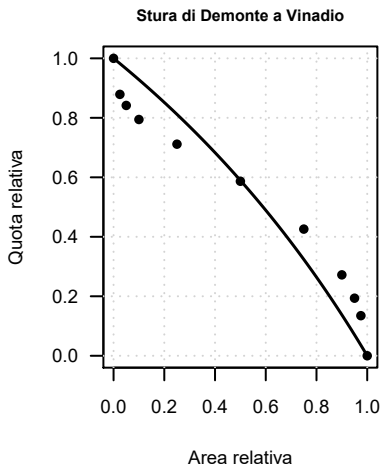

Po a Castiglione Torinese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

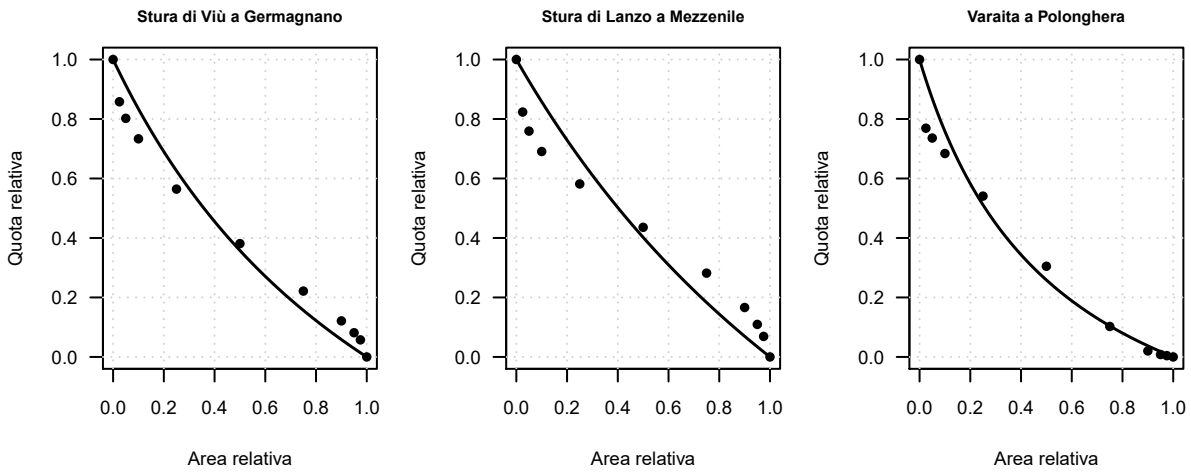

Po a San Sebastiano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Sangone a Trana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Sessera a Pray
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

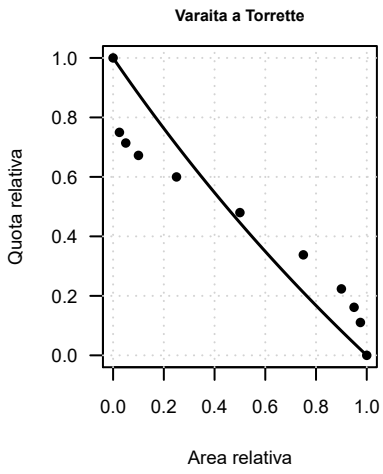

Soana a Pont Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Demonte a Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Viù a Germagnano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

Stura di Lanzo a Mezzenile
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

Varaita a Polonghera
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

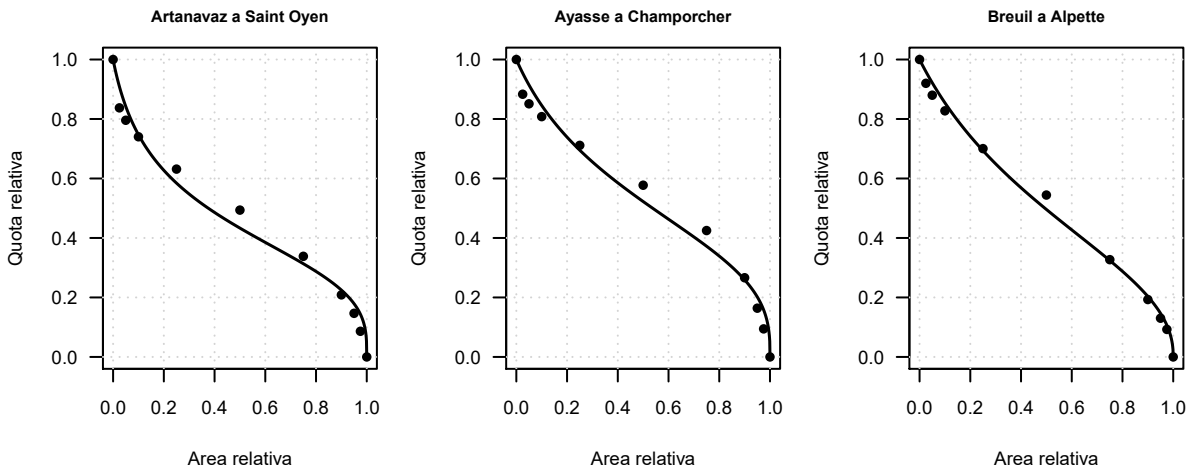

Varaita a Torrette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

ALLEGATO D.2 – Funzione di Strahler a due parametri

Codice	*Denominazione*	X_0	*Z*	*HI*
A009	Artanavaz a Saint Oyen	0.075	0.307	0.461
A011	Ayasse a Champorcher	0.212	0.341	0.537
A026	Breuil a Alpette	0.358	0.448	0.512
A028	Buthier a Place Mulin	0.032	0.283	0.403
A029	Cannobino a Traffiume	0.060	0.294	0.450
A030	Cervo a Passobreve	0.188	0.408	0.471
A031	Cervo a Vigliano Biellese	0.297	0.568	0.424
A033	Chiavanne a Alpette	0.091	0.311	0.476
A038	Chisone a Soucheres Basses	0.037	0.308	0.387
A039	Chisone a Fenestrelle	0.033	0.244	0.453
A040	Chisone a San Martino	0.106	0.362	0.446
A041	Chiusella a Gurzia	0.264	0.600	0.395
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	1.000	0.550	0.549
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	0.139	0.408	0.438
A045	Dora Baltea a Cignana	0.406	0.623	0.430
A046	Dora Baltea a Beauregard	0.065	0.311	0.441
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	0.014	0.254	0.362
A048	Dora Baltea ad Aosta	0.009	0.222	0.376
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	0.012	0.235	0.374
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	0.082	0.333	0.443
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	0.027	0.294	0.374
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	0.166	0.368	0.489
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	0.148	0.353	0.489
A057	Dora Riparia a Oulx	0.100	0.319	0.478
A058	Dora Riparia a Salbertand	0.075	0.326	0.441
A059	Dora Riparia a Chiomonte	0.063	0.259	0.496
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	0.093	0.352	0.440
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	0.147	0.473	0.399
A065	Evancon a Champoluc	0.076	0.366	0.405
A066	Evancon a Brusson	0.070	0.381	0.384
A067	Galambra a Presa Centrale Chiomonte	1.000	0.468	0.589
A069	Gesso della Valletta a San Lorenzo	0.135	0.313	0.515
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	0.105	0.337	0.465
A071	Gesso di Entracque a Entracque	0.095	0.369	0.428
A073	Grana a Monterosso	0.180	0.460	0.430
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	0.041	0.283	0.424
A077	Lys a d'Ejola	0.351	0.485	0.487
A078	Lys a Gressoney St Jean	0.077	0.377	0.399
A079	Lys a Guillemore	0.034	0.323	0.365
A080	Maira a Saretto	0.291	0.422	0.507

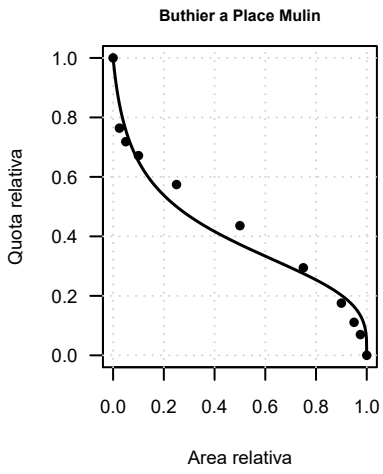
Codice	*Denominazione*	X_0	*Z*	*HI*
A081	Maira a San Damiano Macra	0.092	0.330	0.459
A082	Maira a Racconigi	0.192	0.614	0.353
A085	Marmore a Perreres	0.022	0.312	0.335
A086	Mastallone a Varallo Ponte Folle	0.092	0.364	0.428
A087	Melezet a Melezet	0.119	0.303	0.512
A099	Orco a Pont Canavese	0.044	0.302	0.411
A100	Orco a San Benigno Canavese	0.102	0.492	0.347
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	0.177	0.492	0.409
A106	Po a Crissolo	0.016	0.262	0.365
A107	Po a Carignano	0.059	0.557	0.252
A110	Po a S. Mauro Torinese	0.076	0.614	0.252
A111	Po a Casale Monferrato	0.022	0.412	0.248
A112	Po a Valenza	0.023	0.438	0.232
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	0.154	0.340	0.504
A123	Rio del Piz a Pietraporzio	0.295	0.397	0.526
A126	Rochemolles a Rochemolles	0.113	0.370	0.445
A127	Rutor a La Joux	0.156	0.294	0.548
A128	Rutor a Promise	0.231	0.343	0.544
A129	San Bernardino a Santino	0.136	0.364	0.470
A130	San Bernardino a Trobaso	0.183	0.418	0.460
A131	San Giovanni a Possaccio	0.035	0.316	0.373
A138	Savara a Eau Rousse	0.021	0.232	0.428
A145	Sermenza a Rimasco	0.105	0.338	0.465
A146	Sesia a Campertogno	0.014	0.279	0.330
A147	Sesia a Ponte Aranco	0.008	0.300	0.264
A151	Stura di Demonte a Pianche	0.155	0.307	0.535
A152	Stura di Demonte a Gaiola	0.335	0.479	0.485
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	0.341	0.496	0.477
A154	Stura di Demonte a Fossano	0.164	0.486	0.404
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	0.081	0.377	0.403
A156	Stura di Lanzo a Torino	0.135	0.584	0.328
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	1.000	1.255	0.324
A158	Stura di Viù a Malciaussia	0.429	0.497	0.501
A159	Stura di Viù a Usseglio	0.201	0.406	0.479
A160	Tanaro a Ponte di Nava	0.112	0.399	0.421
A161	Tanaro a Ormea	0.100	0.389	0.417
A162	Tanaro a Garessio	0.084	0.375	0.409
A163	Tanaro a Nucetto	0.091	0.466	0.351
A164	Tanaro a Piantorre	0.085	0.511	0.316
A167	Tanaro a Alba	0.086	0.541	0.300
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	0.088	0.556	0.294

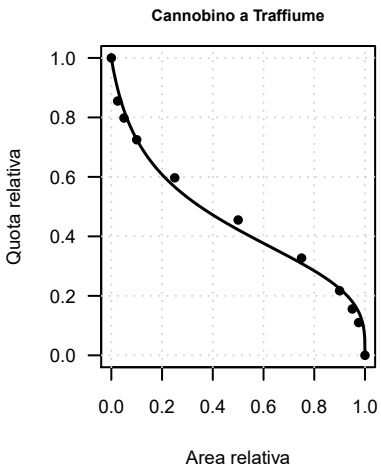
Codice	*Denominazione*	X_0	*Z*	*HI*
A179	Ticino a Miorina	0.009	0.308	0.267
A181	Toce a Lago Busin	0.104	0.567	0.307
A182	Toce a Lago d'Avino	0.173	0.812	0.265
A183	Toce a Agaro	1.000	0.692	0.484
A184	Toce a Lago Vannino	0.047	0.380	0.345
A185	Toce a Lago del Sabbione	0.114	0.492	0.359
A186	Toce a Codelago	0.024	0.329	0.325
A187	Toce a Cadarese	0.104	0.288	0.514
A188	Toce a Domodossola	0.024	0.271	0.388
A189	Toce a Candoglia	0.012	0.293	0.307
A194	Varaita a Castello	0.196	0.399	0.482
A195	Varaita a Rore	0.032	0.273	0.414
A196	Varaita a Rossana	0.058	0.362	0.381
A197	Vermenagna a Limone	0.053	0.336	0.395
A201	Germanasca a Perrero	0.250	0.385	0.518
A203	Vermenagna a Robilante	0.048	0.335	0.386
A210	Bogna a Domodossola	0.407	0.427	0.538
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	0.068	0.381	0.381
A214	Cenischia a Susa	0.178	0.402	0.470
A216	Chiusella a Parella	0.240	0.547	0.411
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	0.164	0.369	0.486
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	0.154	0.513	0.381
A221	Dora Baltea Verolengo	0.023	0.322	0.330
A222	Dora Riparia a Susa	0.080	0.267	0.511
A223	Ellero a Mondovì	0.250	0.767	0.320
A224	Ellero a Rastello	0.230	0.325	0.558
A227	Gesso ad Andonno	0.116	0.392	0.431
A229	Grana a Levaldigi	0.147	0.754	0.267
A230	Maira a Busca	0.185	0.472	0.425
A239	Pesio a San Bartolomeo	0.075	0.360	0.410
A240	Po a Castiglione Torinese	0.076	0.611	0.253
A242	Po a San Sebastiano	0.061	0.571	0.250
A249	Sangone a Trana	0.097	0.534	0.317
A252	Sessera a Pray	0.049	0.387	0.342
A253	Soana a Pont Canavese	0.098	0.310	0.485
A255	Stura di Demonte a Vinadio	0.143	0.295	0.538
A257	Stura di Viù a Germagnano	0.118	0.442	0.395
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	0.056	0.325	0.412
A263	Varaita a Polonghera	0.128	0.590	0.319
A264	Varaita a Torrette	0.021	0.229	0.433

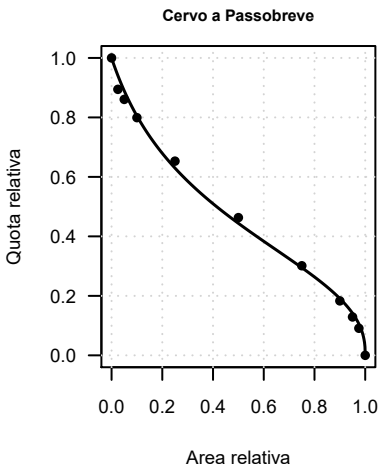

Artanavaz a Saint Oyen
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

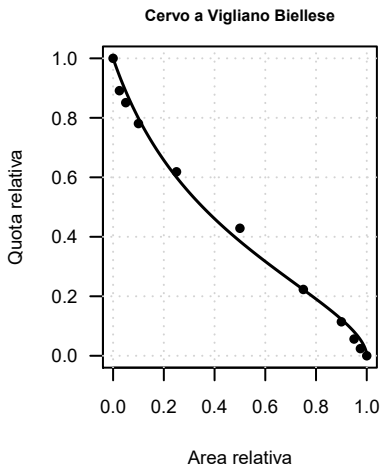
Ayasse a Champorcher
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

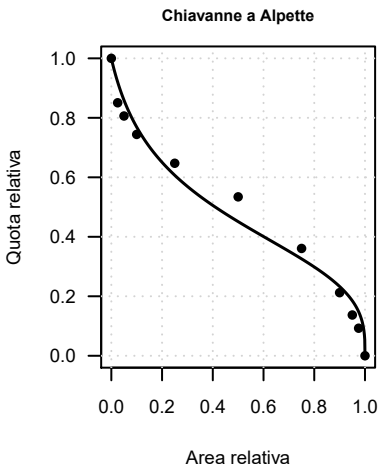
Breuil a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

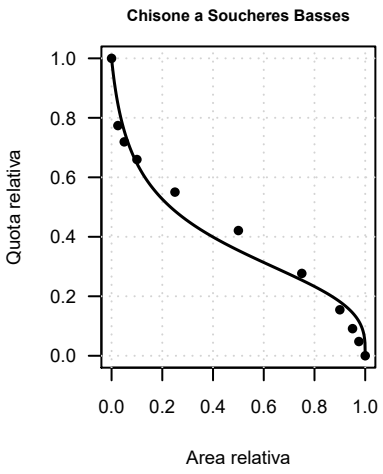

Buthier a Place Mulin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

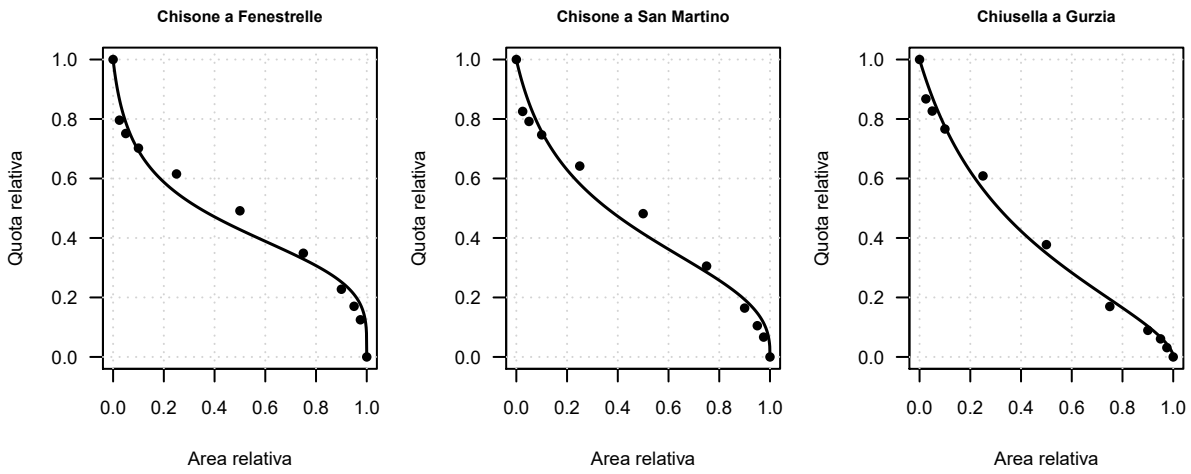

Cannobino a Traffiume
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Cervo a Passobreve
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Cervo a Vigliano Biellese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

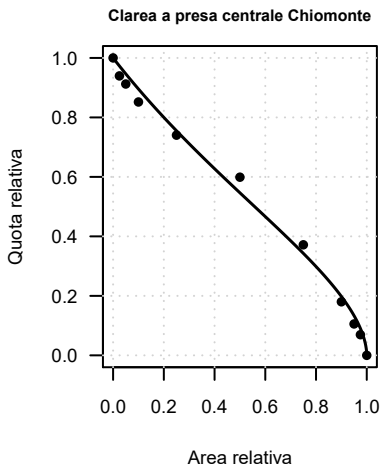

Chiavanne a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

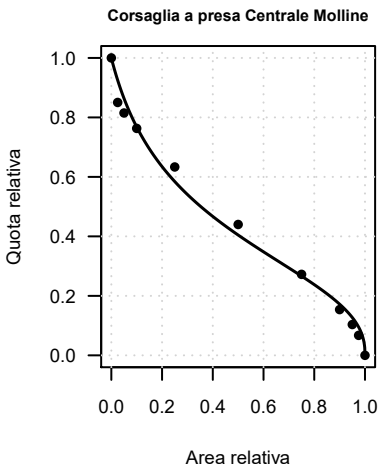

Chisone a Soucheres Basses
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

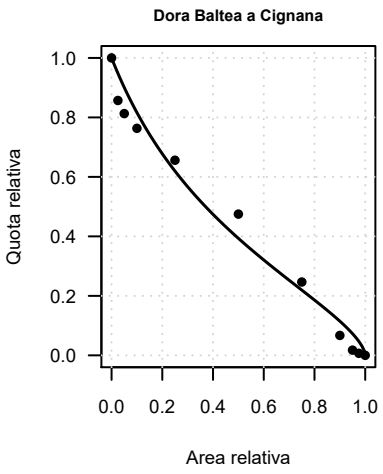

Chisone a Fenestrelle
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

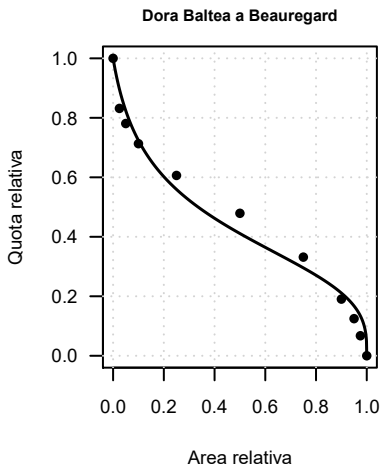
Chisone a San Martino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

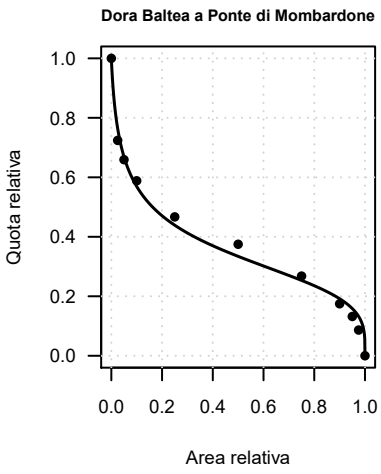
Chiusella a Gurzia
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

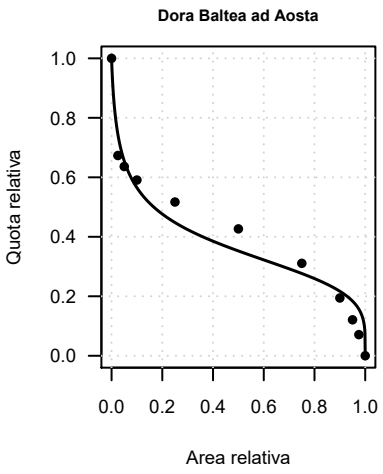

Clarea a presa centrale Chiomonte
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

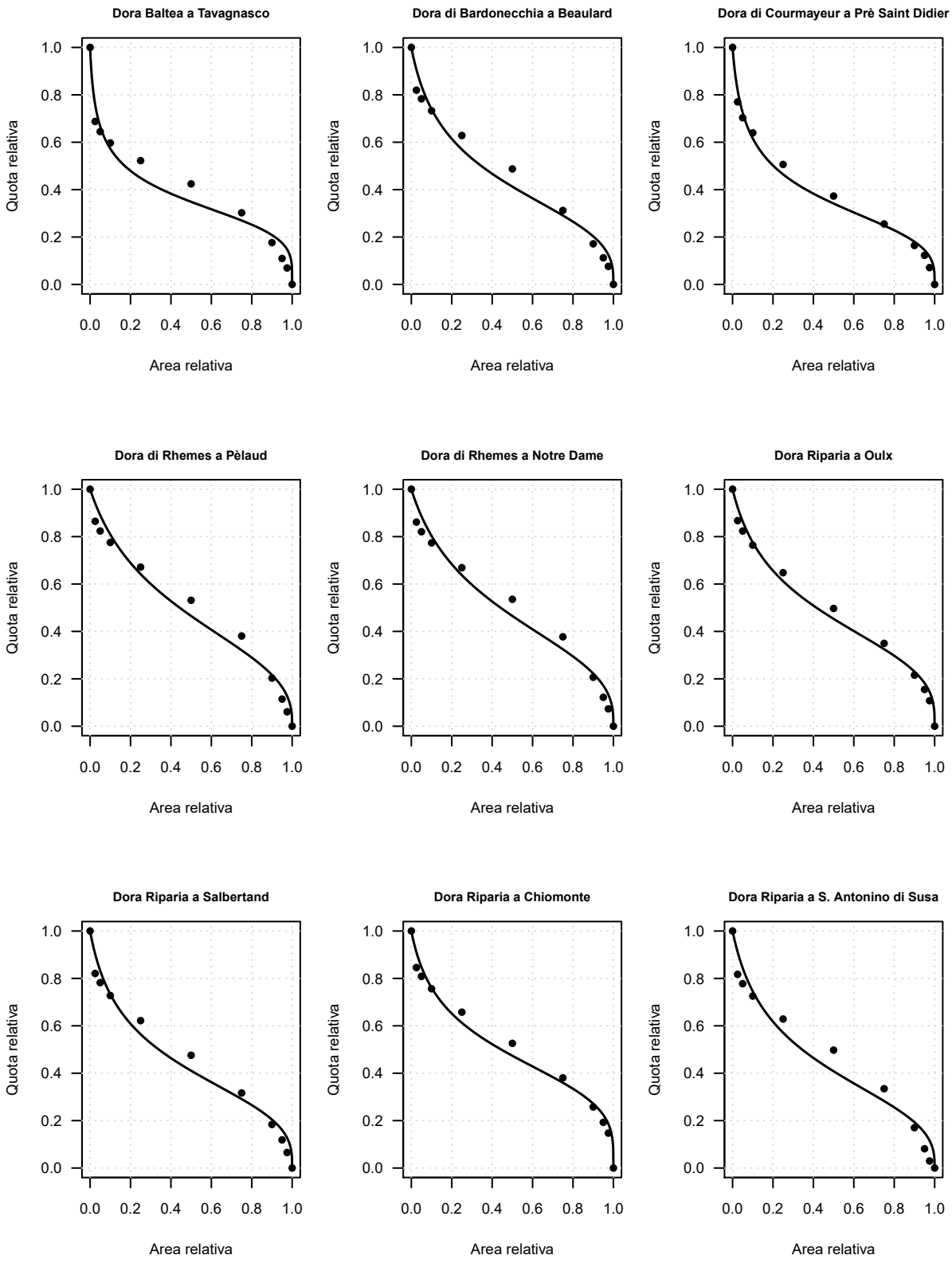

Corsaglia a presa Centrale Molline
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

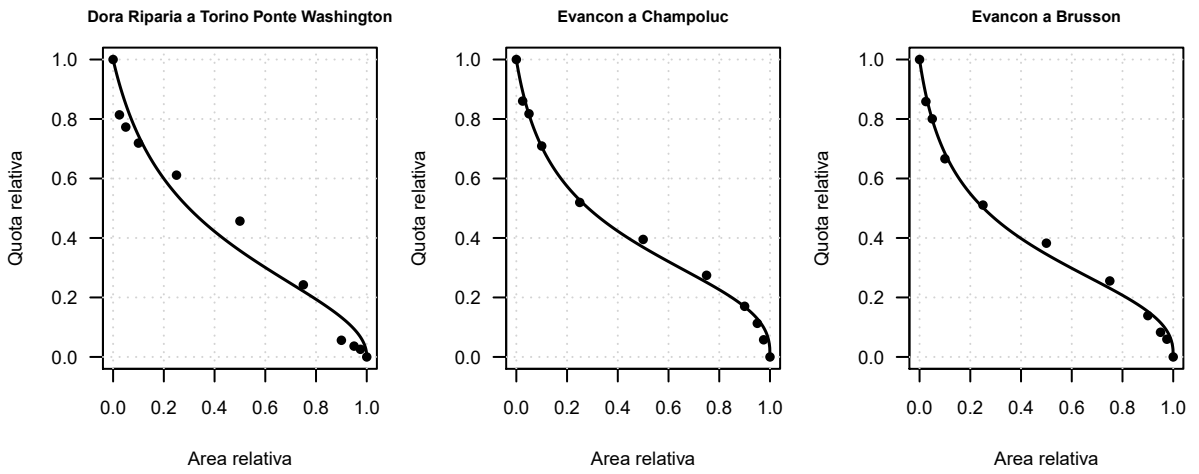

Dora Baltea a Cignana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Dora Baltea a Beauregard
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

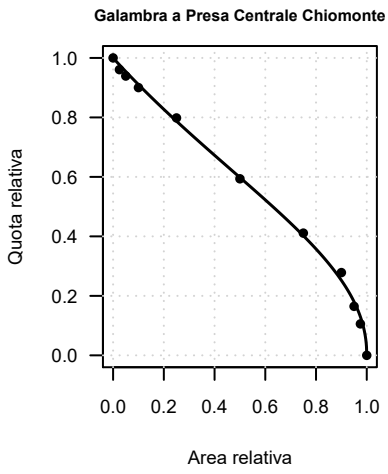

Dora Baltea ad Aosta
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

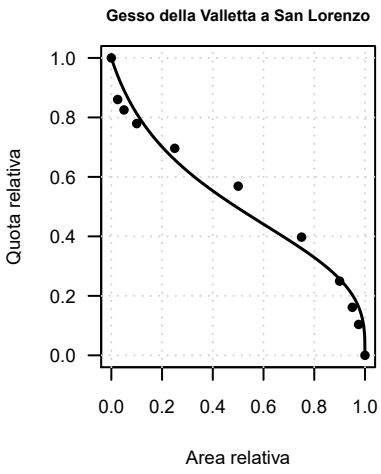

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

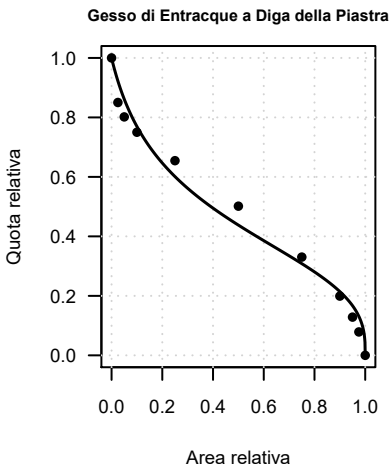

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

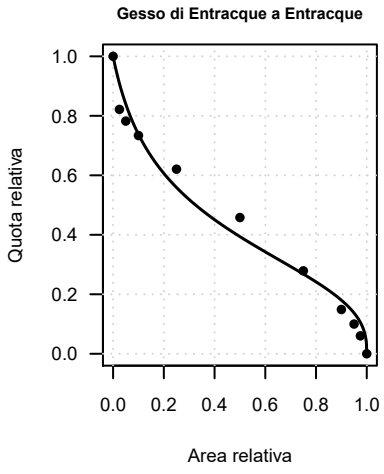
Evancon a Champoluc
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

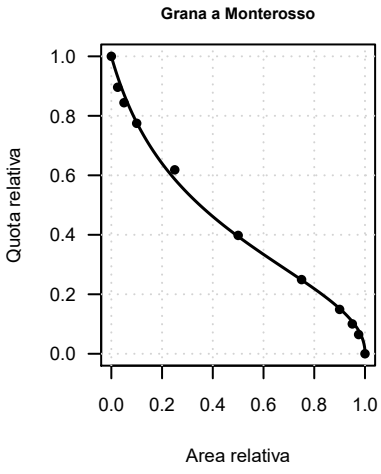
Evancon a Brusson
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

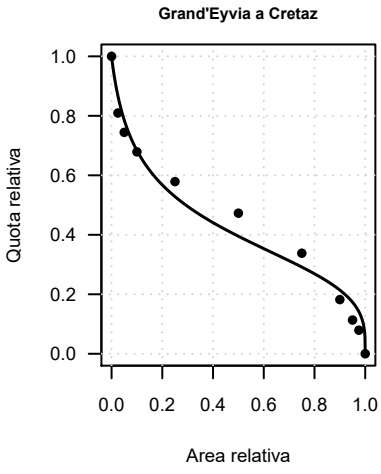

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

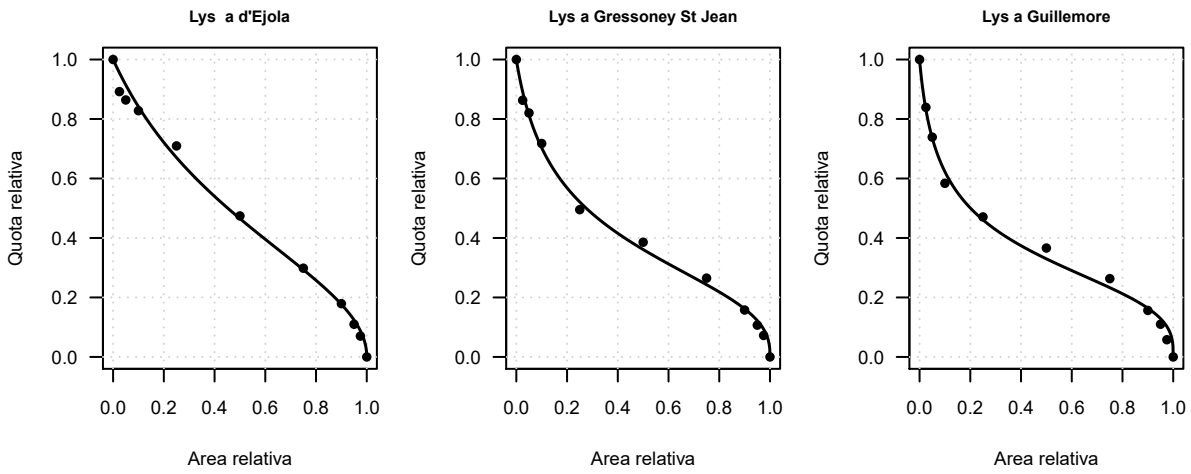

Gesso della Valletta a San Lorenzo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

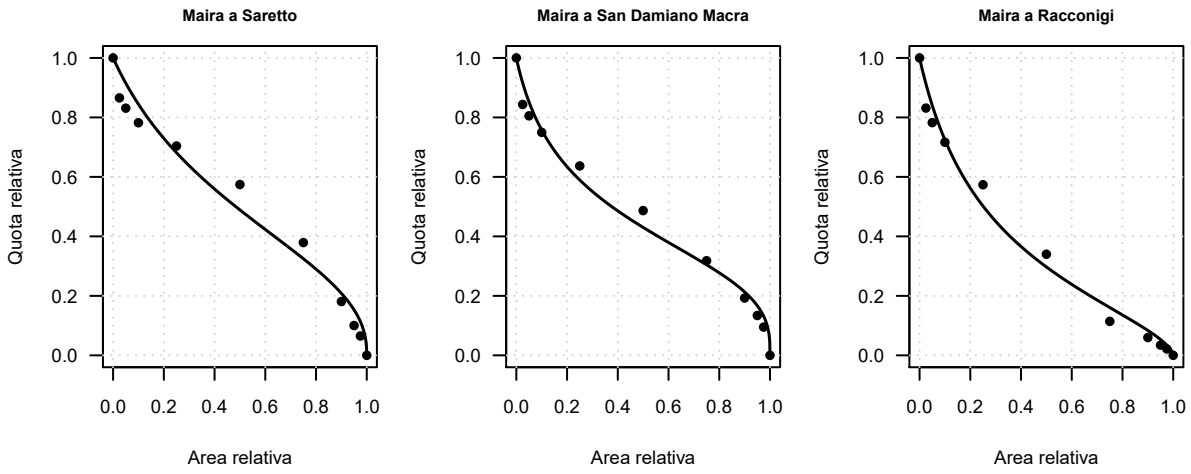

Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

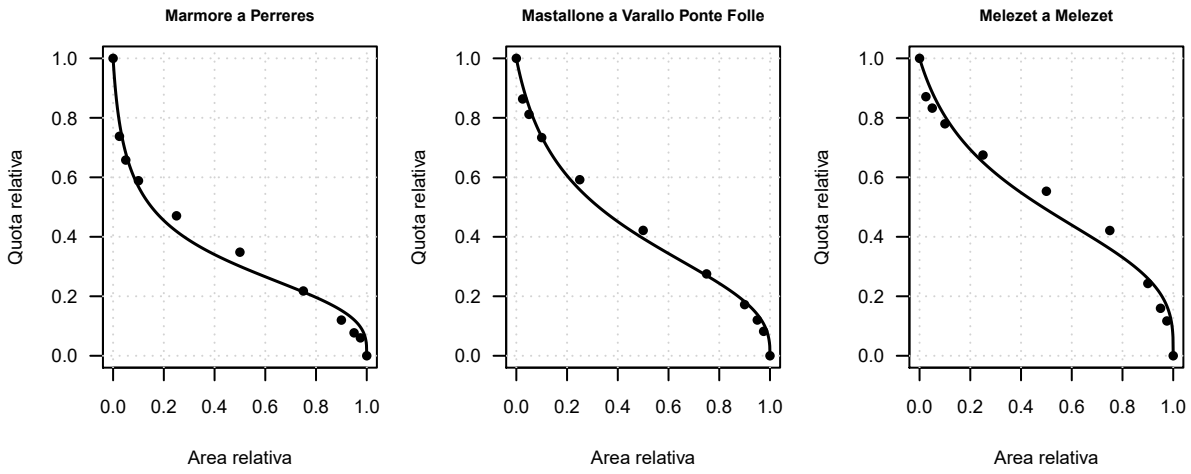

Gesso di Entracque a Entracque
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

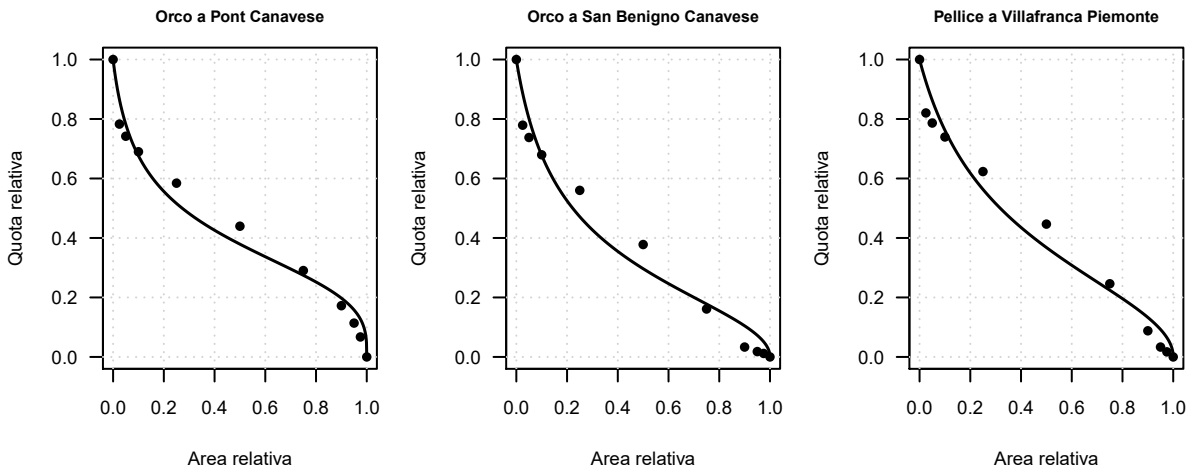

Grana a Monterosso
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Grand'Eyvia a Cretaz
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

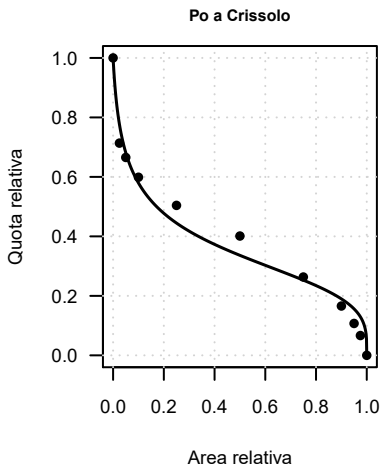

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

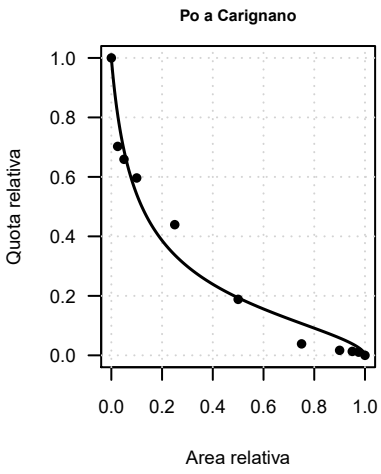

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

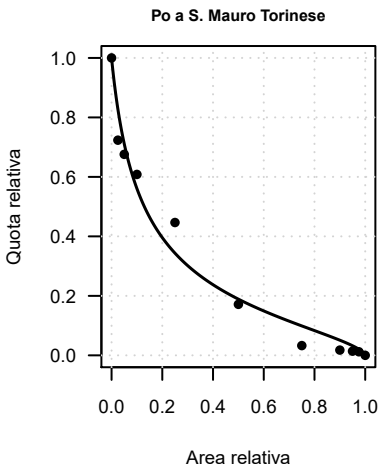

Orco a Pont Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

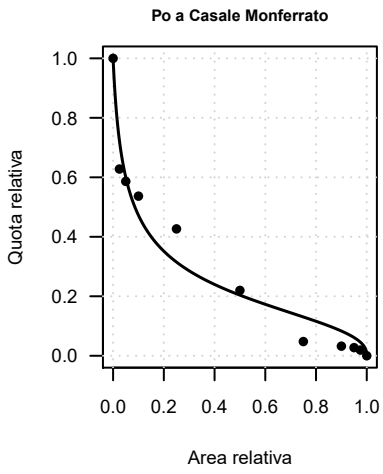
Orco a San Benigno Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

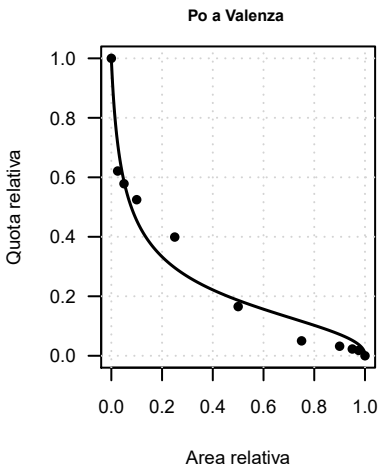
Pellice a Villafranca Piemonte
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

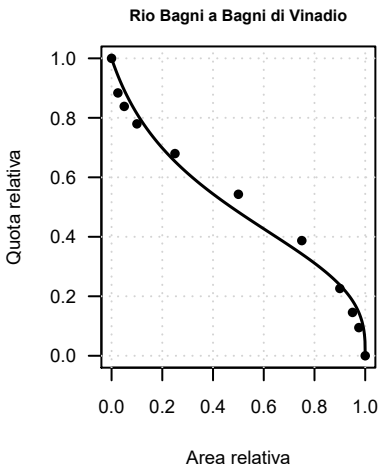

Po a Crissolo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

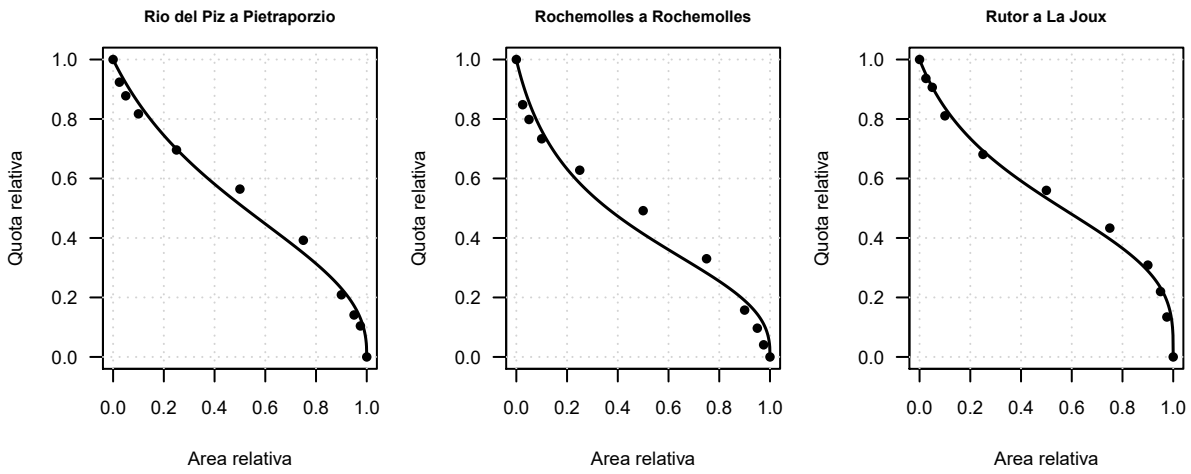

Po a Carignano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

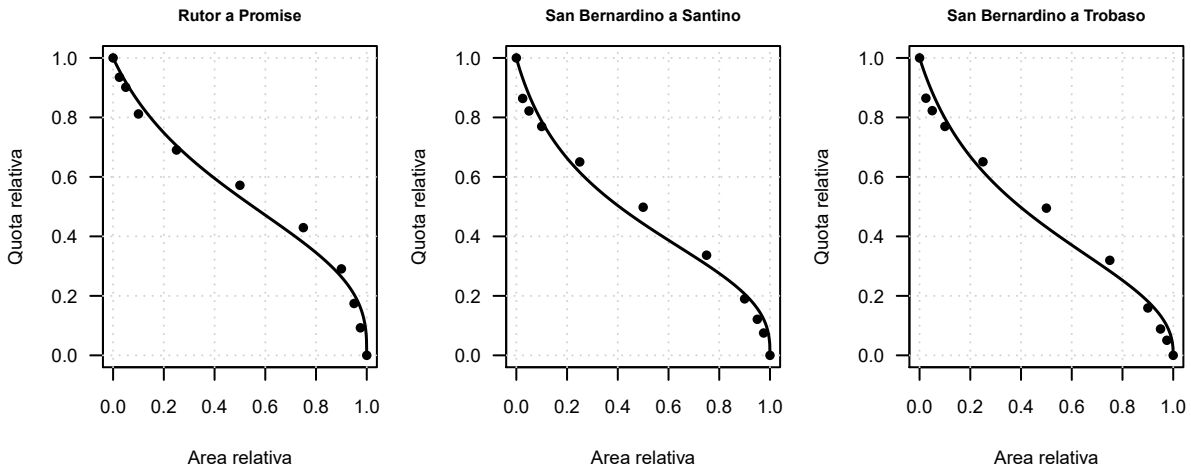

Po a S. Mauro Torinese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

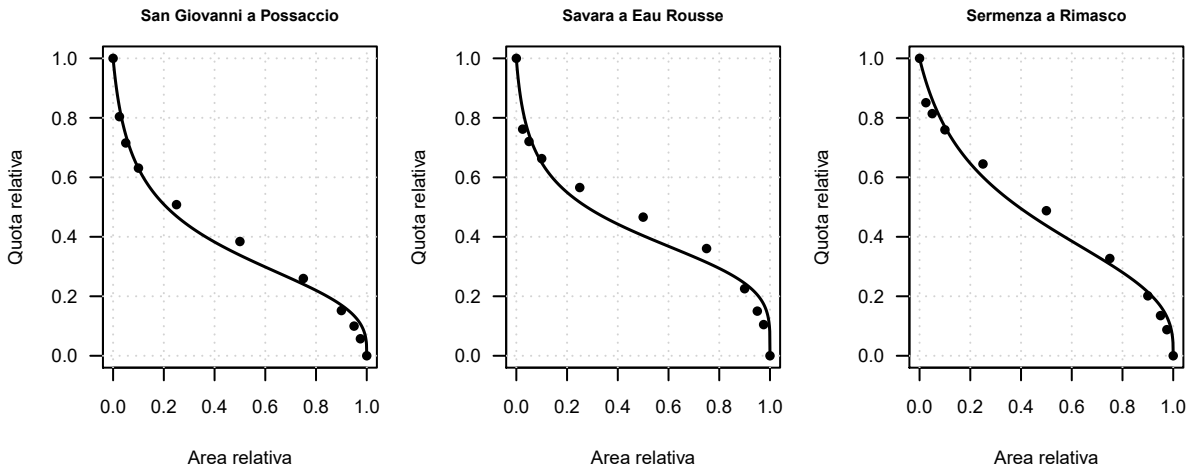

Po a Casale Monferrato
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

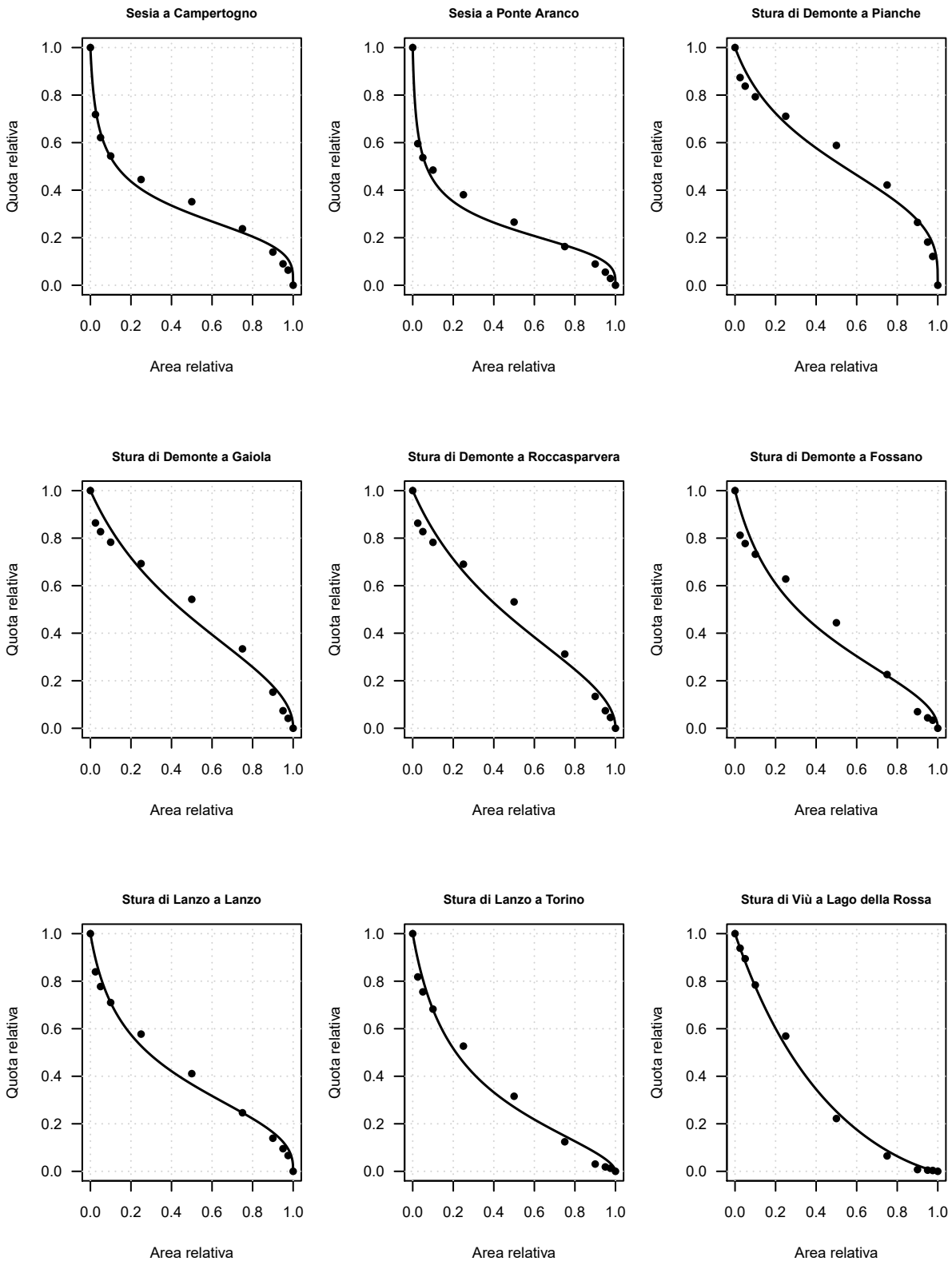

Po a Valenza
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

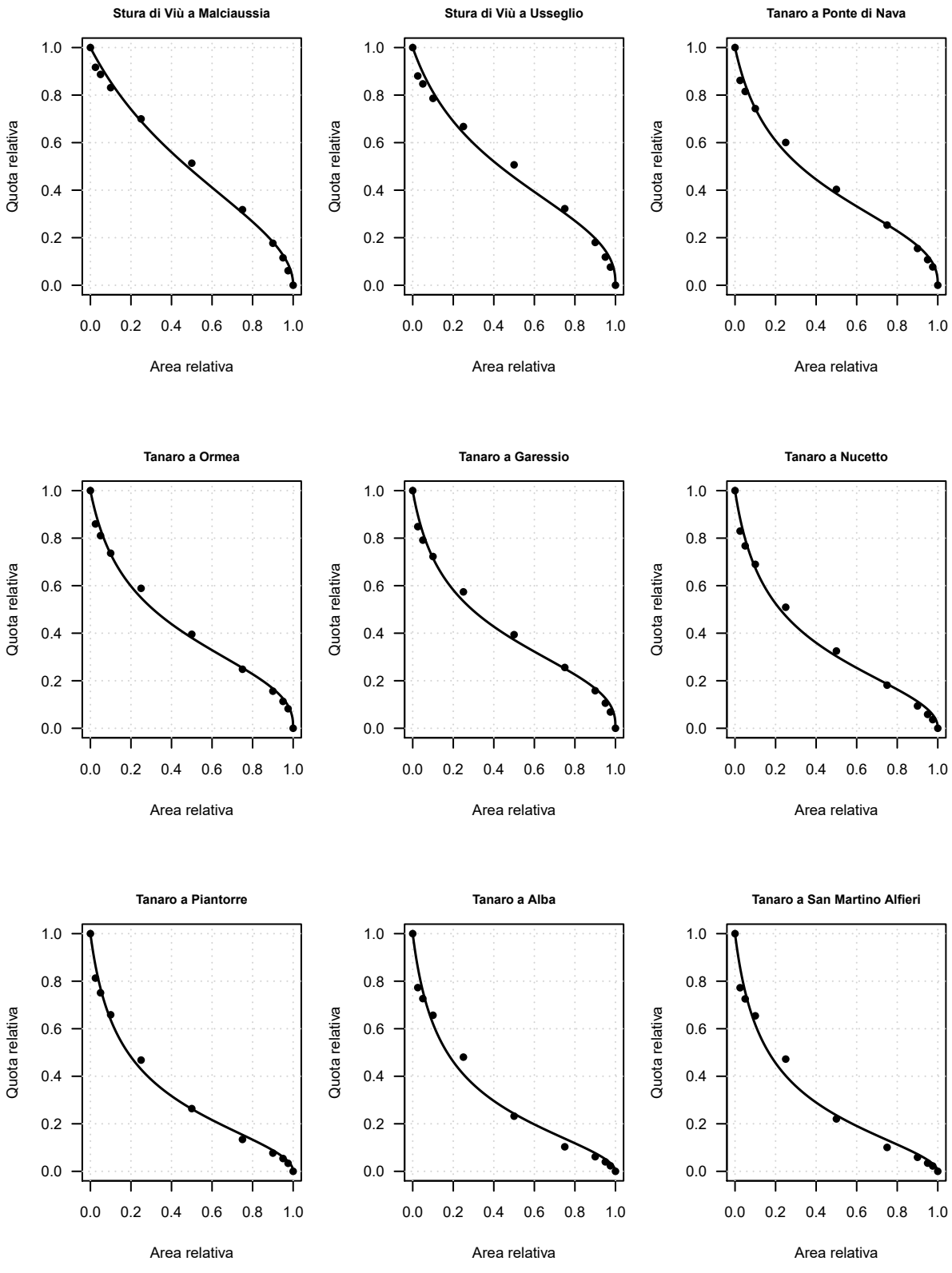

Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

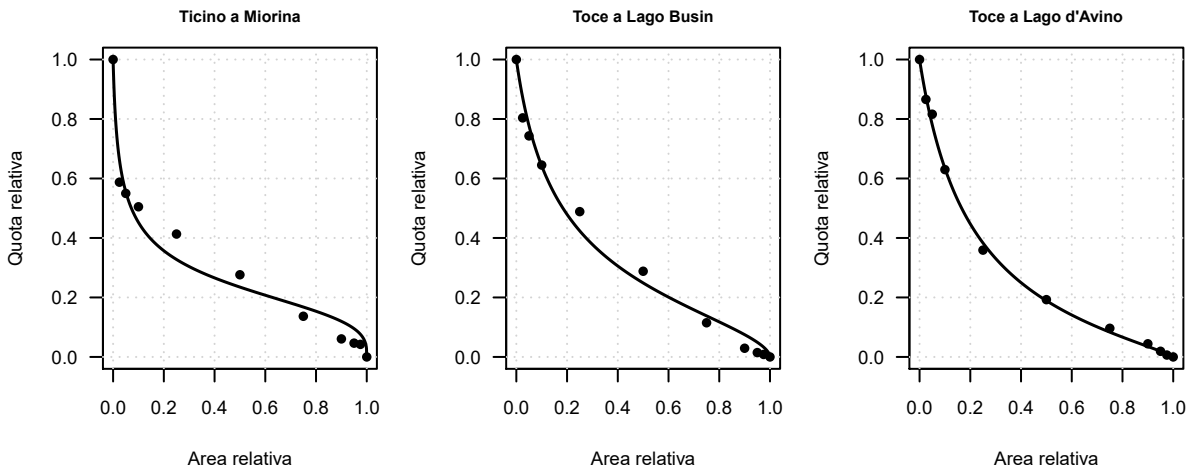

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

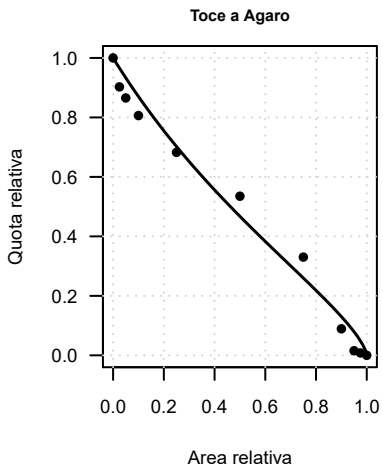

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

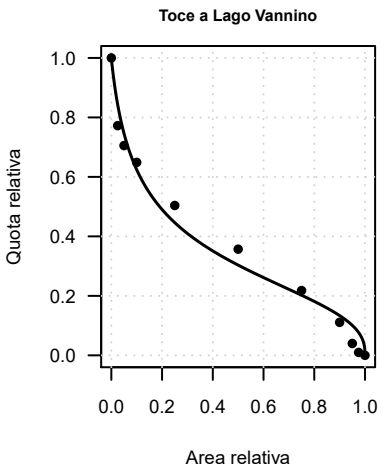

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

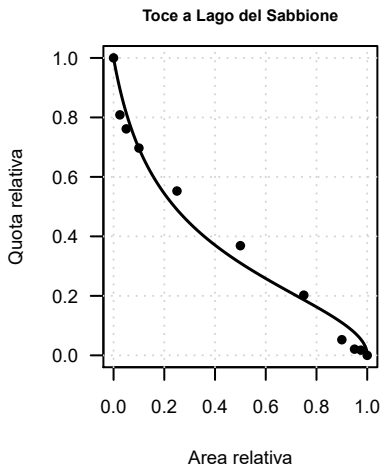

Ticino a Miorina
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

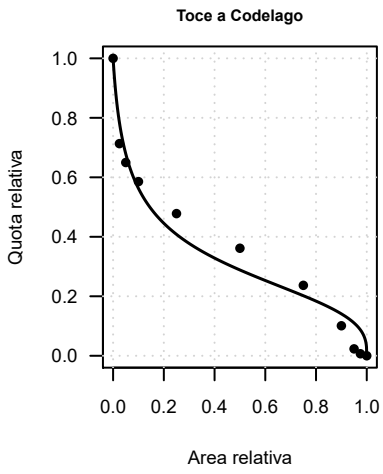
Toce a Lago Busin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

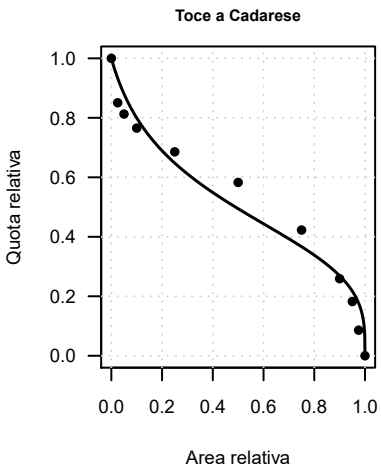
Toce a Lago d'Avino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

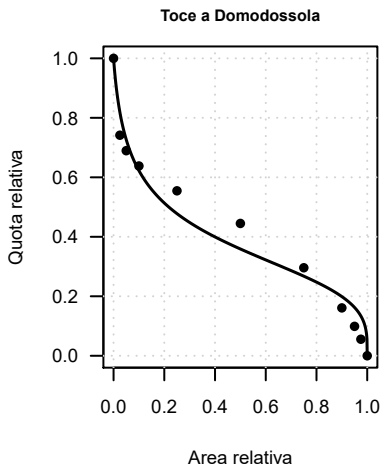

Toce a Agaro
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

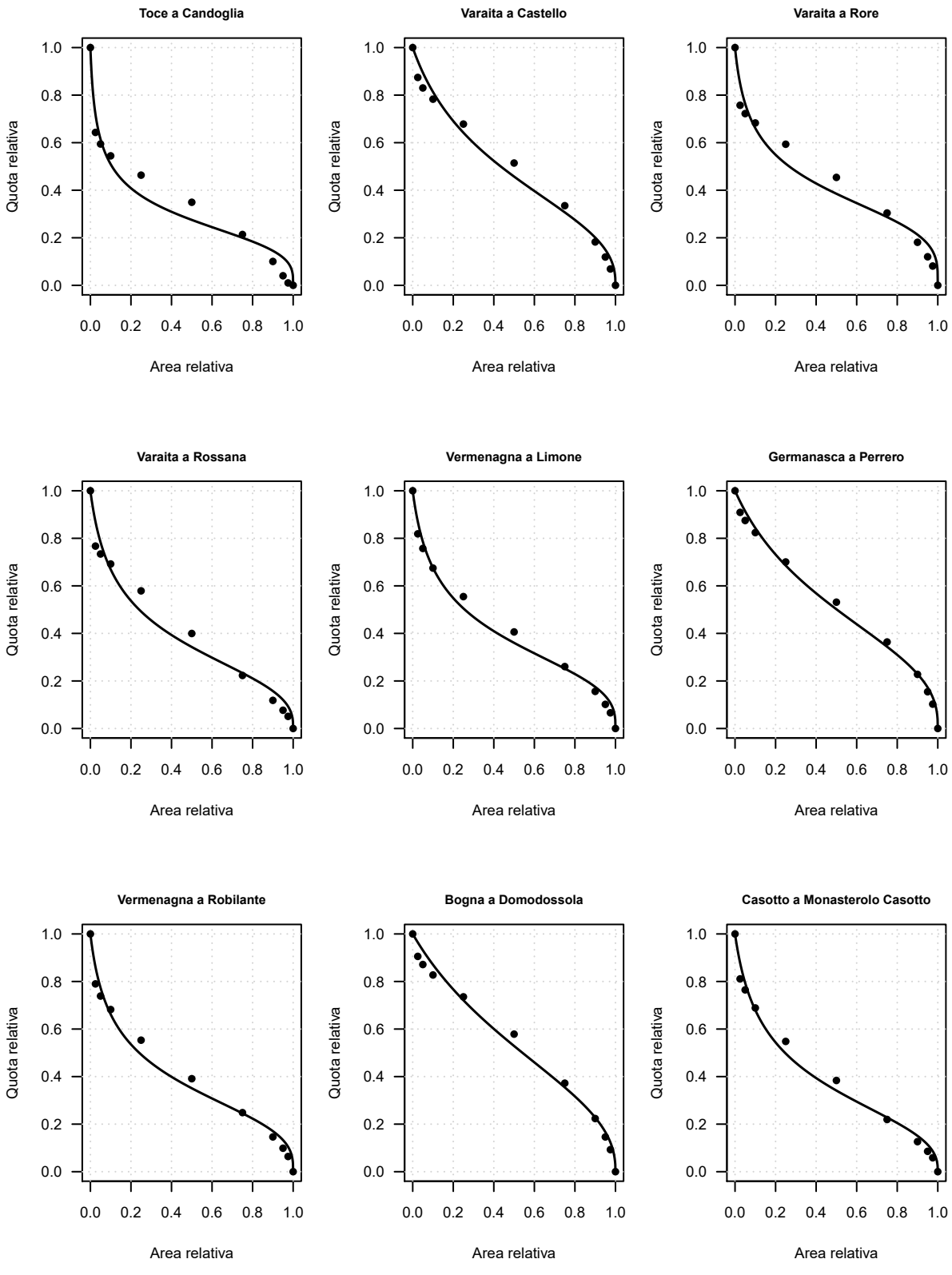

Toce a Lago Vannino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

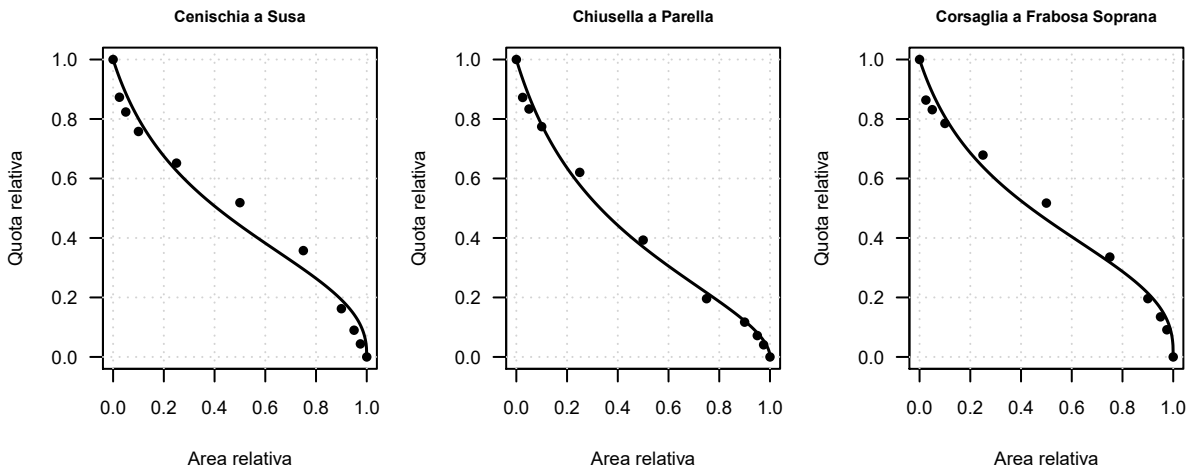

Toce a Lago del Sabbione
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Codelago
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Cadarese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

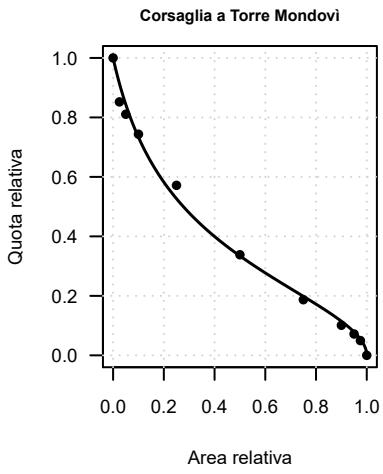

Toce a Domodossola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

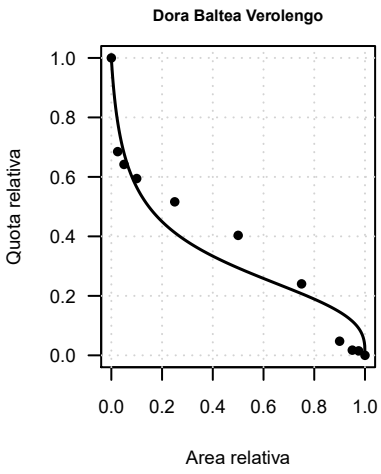

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

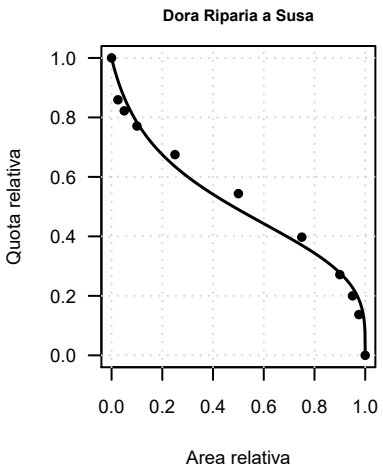

Cenischia a Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

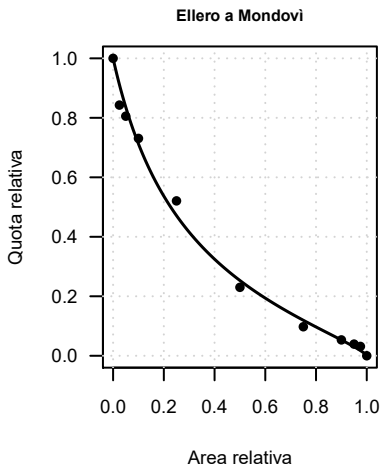
Chiusella a Parella
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

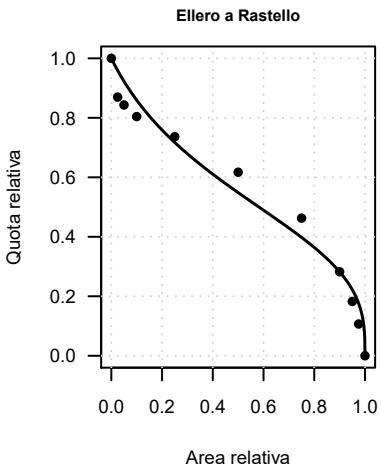
Corsaglia a Frabosa Soprana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

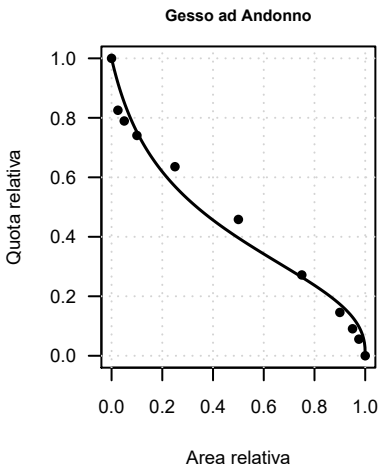

Corsaglia a Torre Mondovì
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

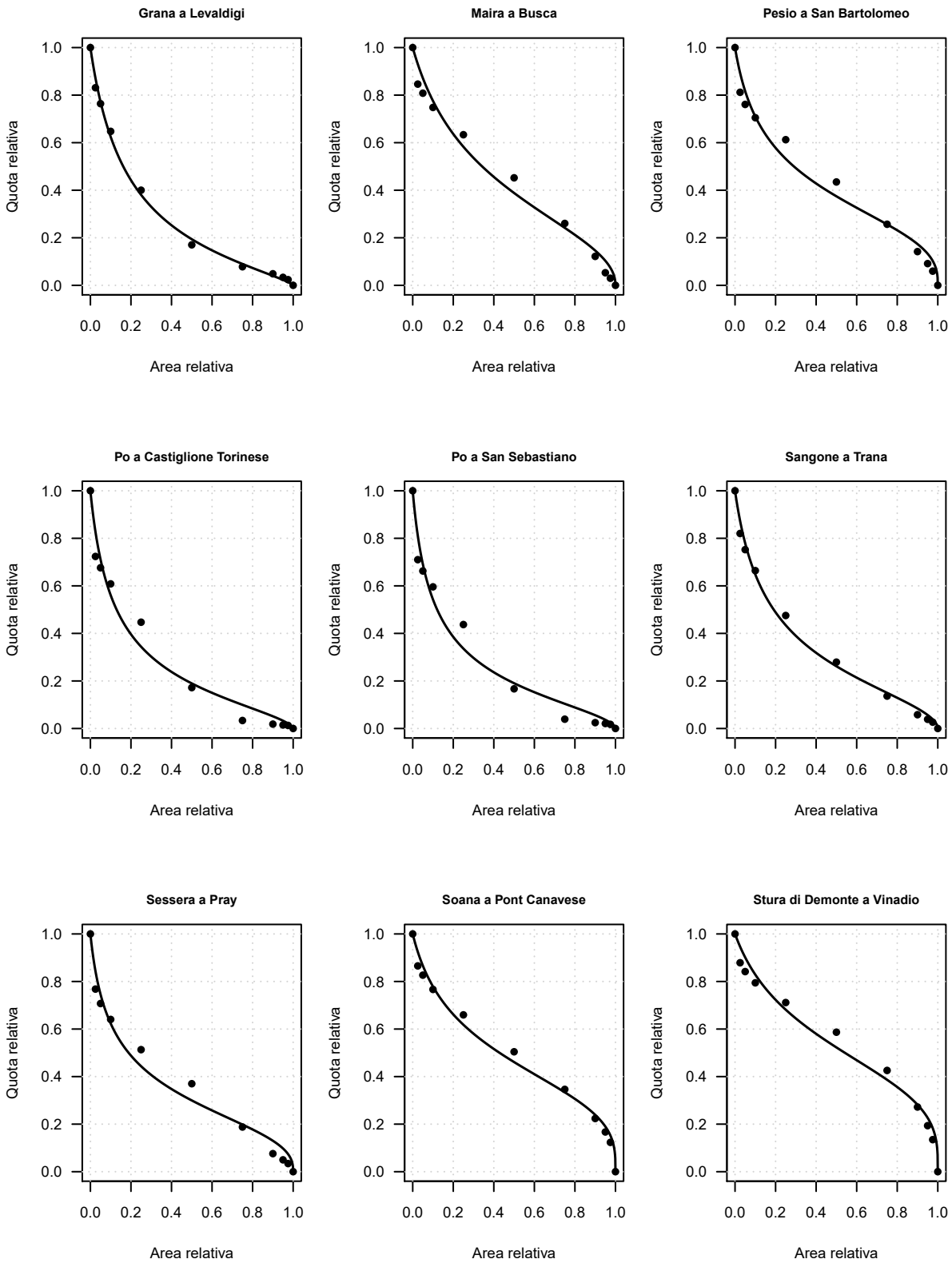

Dora Baltea Verolengo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

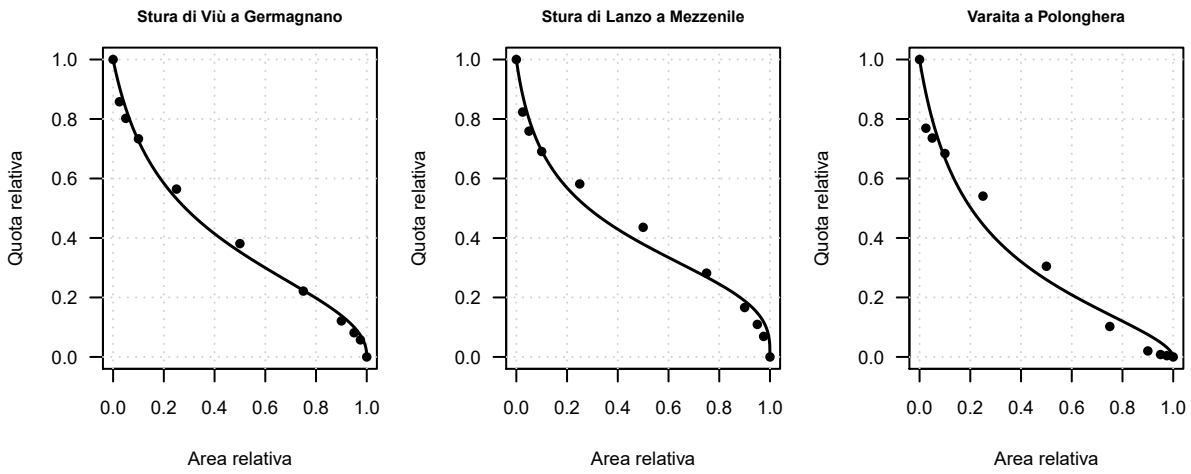

Dora Riparia a Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

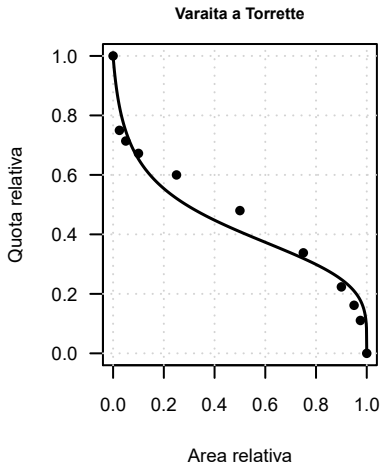

Ellero a Mondovì
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Ellero a Rastello
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Gesso ad Andonno
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Viù a Germagnano
Stura di Lanzo a Mezzenile
Varaita a Polonghera
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

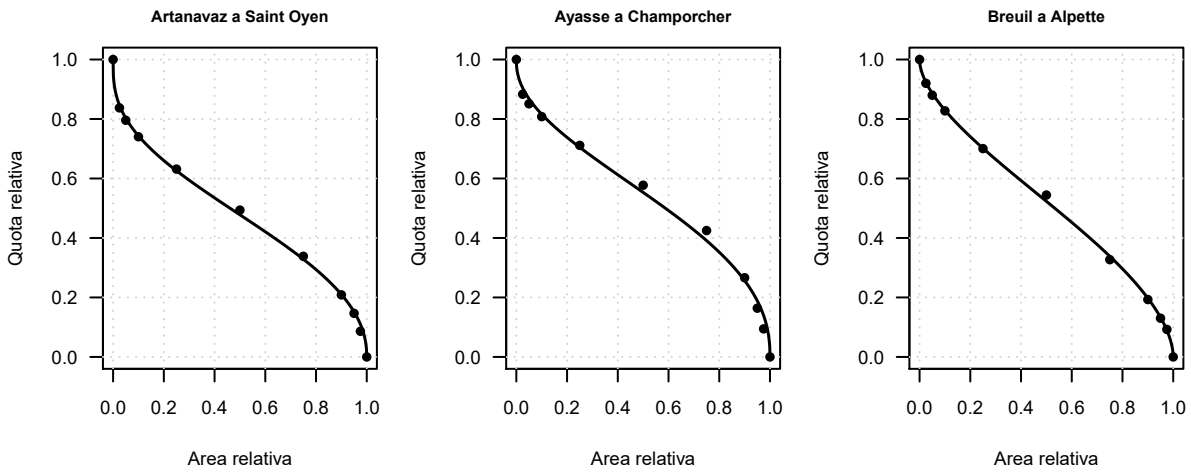

Varaita a Torrette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

ALLEGATO D.3 – Funzione generalizzata a tre parametri

Codice	*Denominazione*	*r*	*z*	*m*	*HI*
A009	Artanavaz a Saint Oyen	1.000	0.459	0.323	0.478
A011	Ayasse a Champorcher	1.000	0.436	0.429	0.544
A026	Breuil a Alpette	1.000	0.564	0.550	0.518
A028	Buthier a Place Mulin	1.000	0.465	0.239	0.422
A029	Cannobino a Traffiume	0.417	0.402	0.477	0.464
A030	Cervo a Passobreve	0.590	0.515	0.595	0.479
A031	Cervo a Vigliano Biellese	1.000	0.774	0.559	0.431
A033	Chiavanne a Alpette	1.000	0.453	0.342	0.492
A038	Chisone a Soucheres Basses	1.000	0.510	0.259	0.406
A039	Chisone a Fenestrelle	1.000	0.388	0.228	0.472
A040	Chisone a San Martino	1.000	0.526	0.367	0.459
A041	Chiusella a Gurzia	1.000	0.852	0.553	0.401
A042	Clarea a presa centrale Chiomonte	1.000	0.613	0.703	0.546
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	1.000	0.590	0.419	0.450
A045	Dora Baltea a Cignana	1.000	0.752	0.543	0.433
A046	Dora Baltea a Beauregard	1.000	0.478	0.312	0.459
A047	Dora Baltea a Ponte di Mombardone	0.270	0.380	0.352	0.375
A048	Dora Baltea ad Aosta	1.000	0.380	0.129	0.394
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	1.000	0.405	0.147	0.393
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	1.000	0.499	0.336	0.459
A053	Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier	0.422	0.446	0.370	0.388
A054	Dora di Rhemes a Pèlaud	1.000	0.495	0.411	0.499
A055	Dora di Rhemes a Notre Dame	1.000	0.482	0.397	0.500
A057	Dora Riparia a Oulx	1.000	0.463	0.359	0.494
A058	Dora Riparia a Salbertand	1.000	0.494	0.327	0.457
A059	Dora Riparia a Chiomonte	1.000	0.385	0.290	0.513
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	1.000	0.517	0.349	0.455
A061	Dora Riparia a Torino Ponte Washington	1.000	0.679	0.424	0.410
A065	Evancon a Champoluc	0.190	0.434	0.728	0.412
A066	Evancon a Brusson	0.219	0.472	0.681	0.392
A067	Galambra a Presa Centrale Chiomonte	1.000	0.533	0.733	0.591
A069	Gesso della Valletta a San Lorenzo	1.000	0.425	0.372	0.526
A070	Gesso di Entracque a Diga della Piastra	1.000	0.488	0.363	0.480
A071	Gesso di Entracque a Entracque	1.000	0.552	0.362	0.442
A073	Grana a Monterosso	0.434	0.562	0.686	0.436
A074	Grand'Eyvia a Cretaz	1.000	0.454	0.261	0.444
A077	Lys a d'Ejola	1.000	0.615	0.548	0.493
A078	Lys a Gressoney St Jean	0.126	0.415	0.843	0.402
A079	Lys a Guillemore	0.069	0.362	0.817	0.369
A080	Maira a Saretto	1.000	0.515	0.462	0.510

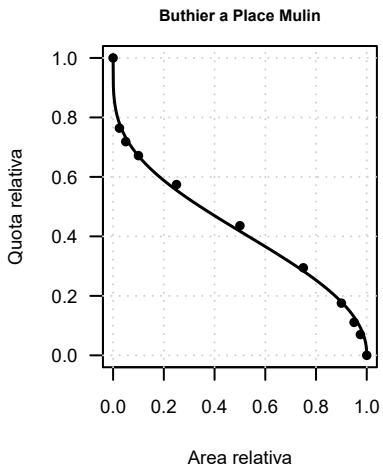
Codice	*Denominazione*	*r*	*z*	*m*	*HI*
A081	Maira a San Damiano Macra	1.000	0.488	0.351	0.474
A082	Maira a Racconigi	1.000	0.932	0.514	0.360
A085	Marmore a Perreres	0.762	0.534	0.257	0.351
A086	Mastallone a Varallo Ponte Folle	0.462	0.488	0.538	0.439
A087	Melezet a Melezet	1.000	0.421	0.365	0.526
A099	Orco a Pont Canavese	1.000	0.486	0.270	0.429
A100	Orco a San Benigno Canavese	1.000	0.782	0.405	0.359
A105	Pellice a Villafranca Piemonte	1.000	0.683	0.445	0.418
A106	Po a Crissolo	1.000	0.451	0.176	0.383
A107	Po a Carignano	1.000	1.111	0.398	0.256
A110	Po a S. Mauro Torinese	1.000	1.209	0.441	0.255
A111	Po a Casale Monferrato	1.000	0.849	0.264	0.253
A112	Po a Valenza	1.000	0.941	0.279	0.235
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	1.000	0.463	0.405	0.516
A123	Rio del Piz a Pietraporzio	1.000	0.505	0.509	0.534
A126	Rochemolles a Rochemolles	1.000	0.537	0.381	0.460
A127	Rutor a La Joux	0.415	0.351	0.642	0.556
A128	Rutor a Promise	1.000	0.448	0.475	0.555
A129	San Bernardino a Santino	1.000	0.513	0.400	0.483
A130	San Bernardino a Trobaso	1.000	0.570	0.442	0.471
A131	San Giovanni a Possaccio	0.440	0.475	0.402	0.387
A138	Savara a Eau Rousse	1.000	0.379	0.186	0.449
A145	Sermenza a Rimasco	1.000	0.490	0.366	0.480
A146	Sesia a Campertogno	0.345	0.437	0.318	0.344
A147	Sesia a Ponte Aranco	1.000	0.566	0.140	0.275
A151	Stura di Demonte a Pianche	1.000	0.407	0.385	0.544
A152	Stura di Demonte a Gaiola	1.000	0.580	0.492	0.487
A153	Stura di Demonte a Roccasparvera	1.000	0.603	0.501	0.480
A154	Stura di Demonte a Fossano	1.000	0.687	0.436	0.413
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	0.954	0.591	0.371	0.419
A156	Stura di Lanzo a Torino	1.000	0.951	0.476	0.337
A157	Stura di Viù a Lago della Rossa	1.000	2.006	0.971	0.325
A158	Stura di Viù a Malciaussia	1.000	0.616	0.585	0.506
A159	Stura di Viù a Usseglio	1.000	0.548	0.458	0.489
A160	Tanaro a Ponte di Nava	0.534	0.539	0.541	0.431
A161	Tanaro a Ormea	0.415	0.510	0.583	0.426
A162	Tanaro a Garessio	0.507	0.522	0.506	0.420
A163	Tanaro a Nucetto	0.572	0.689	0.521	0.360
A164	Tanaro a Piantorre	0.420	0.738	0.597	0.321
A167	Tanaro a Alba	1.000	0.992	0.434	0.305
A168	Tanaro a San Martino Alfieri	1.000	1.030	0.442	0.299

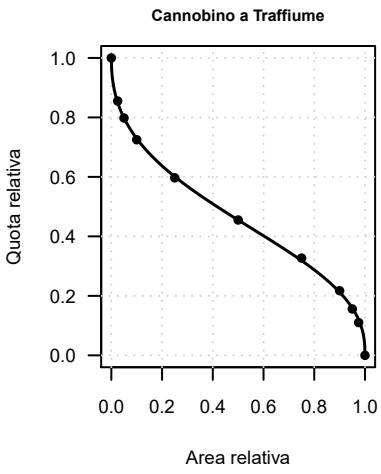
Codice	*Denominazione*	*r*	*z*	*m*	*HI*
A179	Ticino a Miorina	1.000	0.593	0.156	0.277
A181	Toce a Lago Busin	1.000	0.985	0.453	0.316
A182	Toce a Lago d'Avino	0.081	0.696	1.154	0.265
A183	Toce a Agaro	1.000	0.730	0.647	0.480
A184	Toce a Lago Vannino	1.000	0.648	0.306	0.361
A185	Toce a Lago del Sabbione	1.000	0.771	0.421	0.371
A186	Toce a Codelago	1.000	0.583	0.229	0.342
A187	Toce a Cadarese	1.000	0.400	0.338	0.528
A188	Toce a Domodossola	1.000	0.457	0.212	0.408
A189	Toce a Candoglia	1.000	0.532	0.169	0.323
A194	Varaita a Castello	1.000	0.533	0.443	0.492
A195	Varaita a Rore	1.000	0.446	0.235	0.433
A196	Varaita a Rossana	1.000	0.589	0.315	0.396
A197	Vermenagna a Limone	0.783	0.527	0.348	0.412
A201	Germanasca a Perrero	1.000	0.502	0.487	0.527
A203	Vermenagna a Robilante	1.000	0.551	0.293	0.403
A210	Bogna a Domodossola	1.000	0.509	0.532	0.540
A213	Casotto a Monasterolo Casotto	0.948	0.617	0.355	0.396
A214	Cenischia a Susa	1.000	0.545	0.433	0.480
A216	Chiusella a Parella	1.000	0.776	0.531	0.419
A217	Corsaglia a Frabosa Soprana	1.000	0.503	0.417	0.497
A218	Corsaglia a Torre Mondovì	0.651	0.717	0.572	0.388
A221	Dora Baltea Verolengo	1.000	0.572	0.227	0.347
A222	Dora Riparia a Susa	1.000	0.385	0.315	0.527
A223	Ellero a Mondovì	1.000	1.254	0.617	0.321
A224	Ellero a Rastello	1.000	0.400	0.412	0.562
A227	Gesso ad Andonno	1.000	0.573	0.386	0.443
A229	Grana a Levaldigi	0.327	0.989	0.788	0.266
A230	Maira a Busca	1.000	0.656	0.455	0.435
A239	Pesio a San Bartolomeo	1.000	0.561	0.340	0.425
A240	Po a Castiglione Torinese	1.000	1.205	0.441	0.256
A242	Po a San Sebastiano	1.000	1.160	0.413	0.253
A249	Sangone a Trana	0.677	0.851	0.520	0.324
A252	Sessera a Pray	1.000	0.668	0.315	0.357
A253	Soana a Pont Canavese	1.000	0.449	0.354	0.501
A255	Stura di Demonte a Vinadio	1.000	0.396	0.377	0.549
A257	Stura di Viù a Germagnano	0.599	0.619	0.536	0.405
A258	Stura di Lanzo a Mezzenile	1.000	0.518	0.306	0.430
A263	Varaita a Polonghera	1.000	0.947	0.454	0.328
A264	Varaita a Torrette	1.000	0.375	0.187	0.453

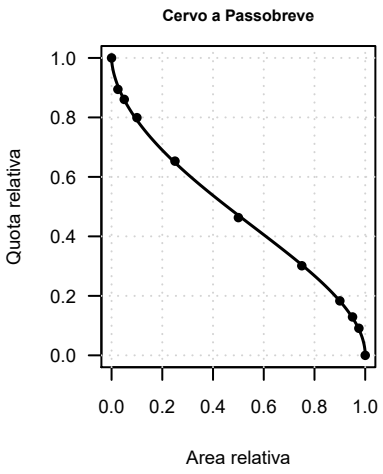

Artanavaz a Saint Oyen
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

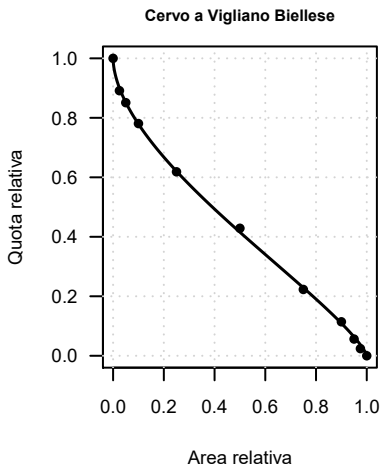
Ayasse a Champorcher
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

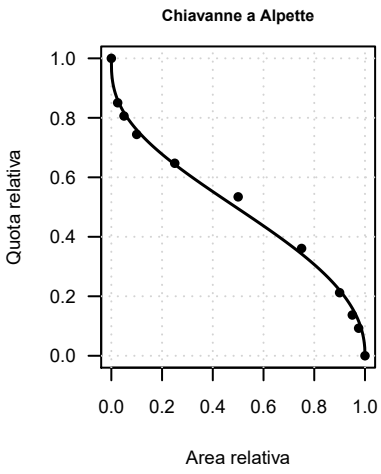
Breuil a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

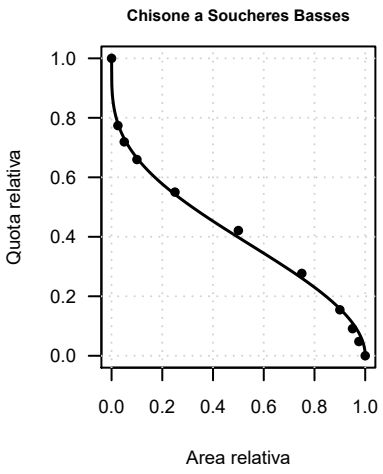

Buthier a Place Mulin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

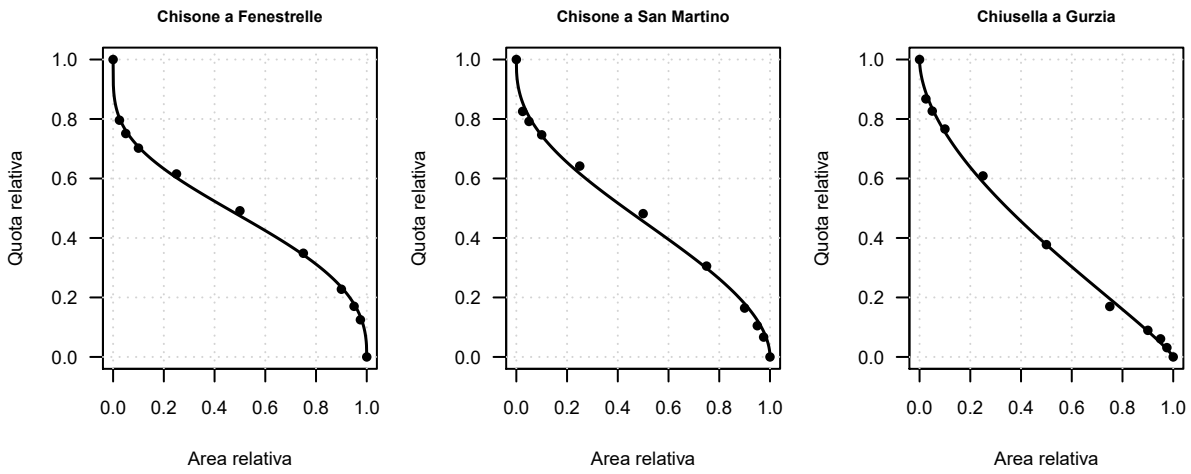

Cannobino a Traffiume
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

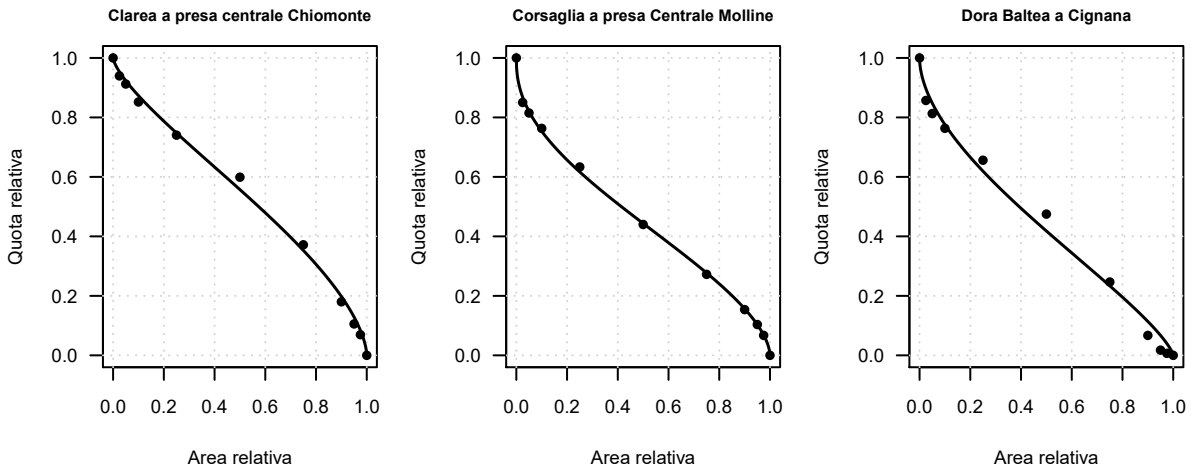

Cervo a Passobreve
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

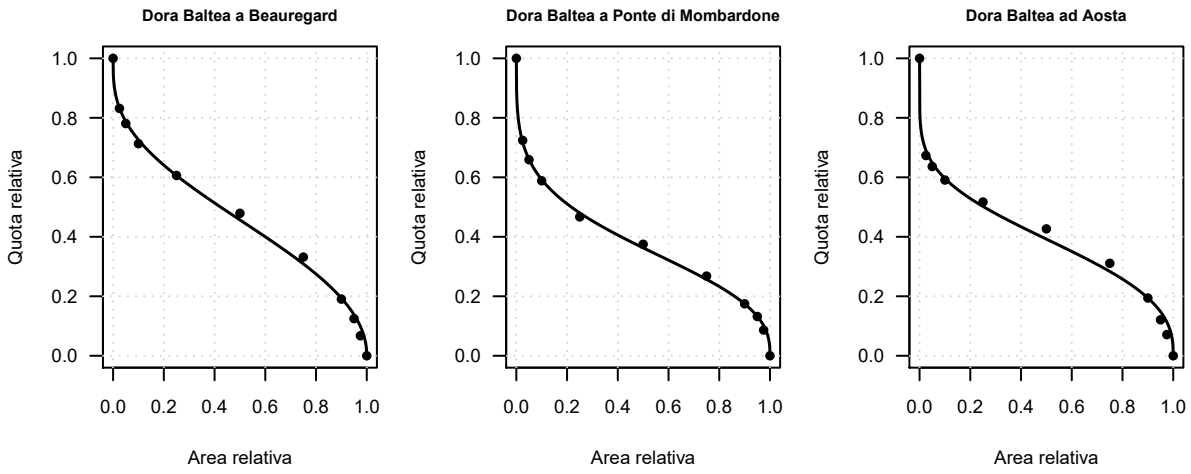

Cervo a Vigliano Biellese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

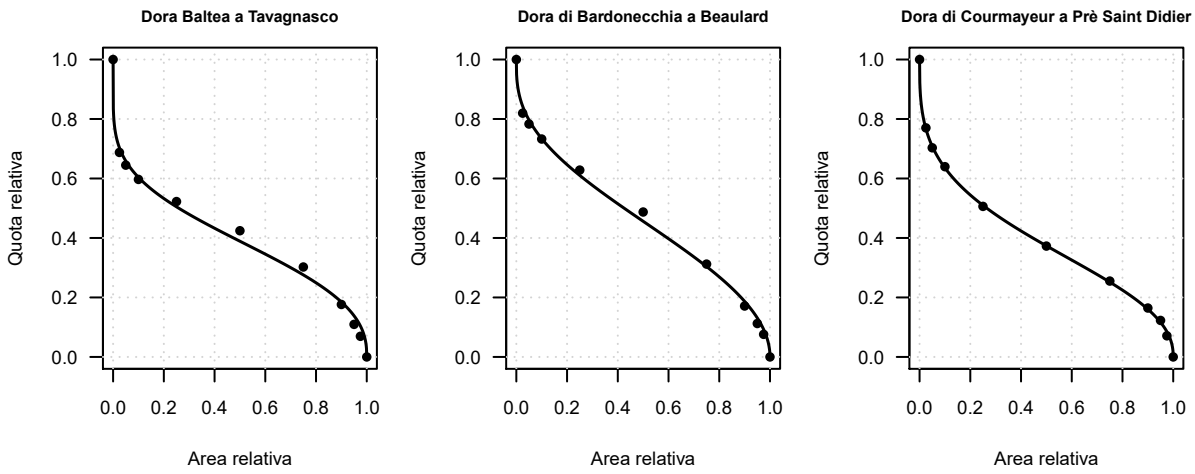

Chiavanne a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

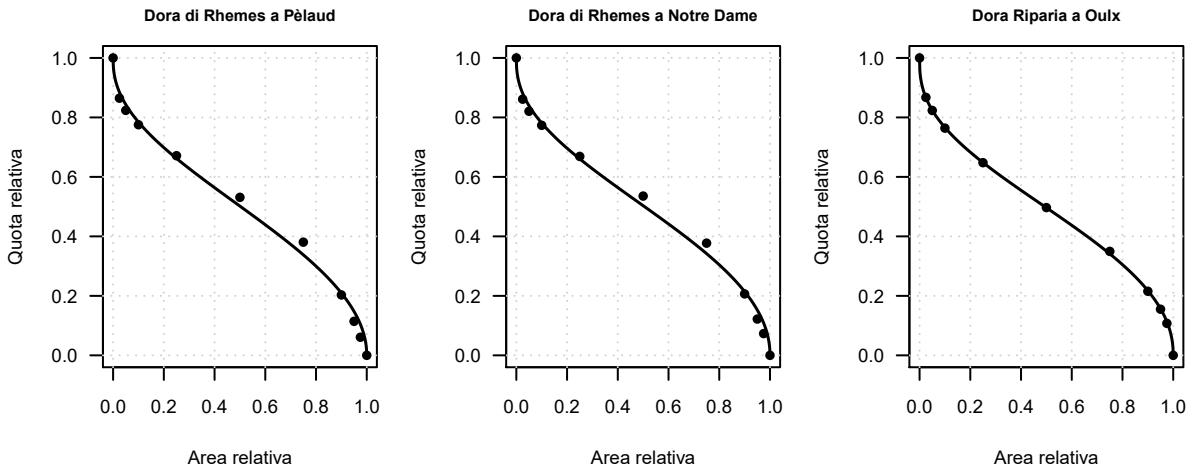

Chisone a Soucheres Basses
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

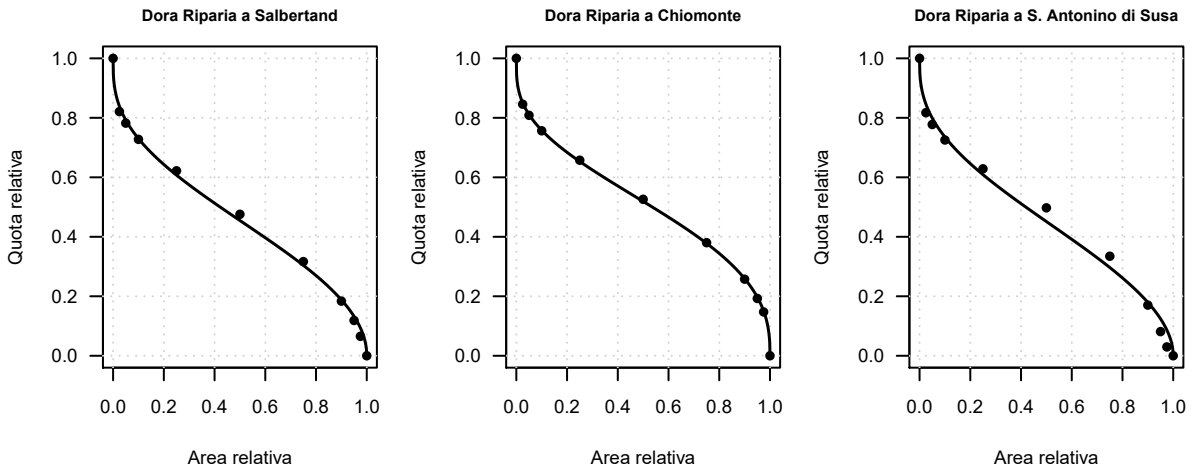

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

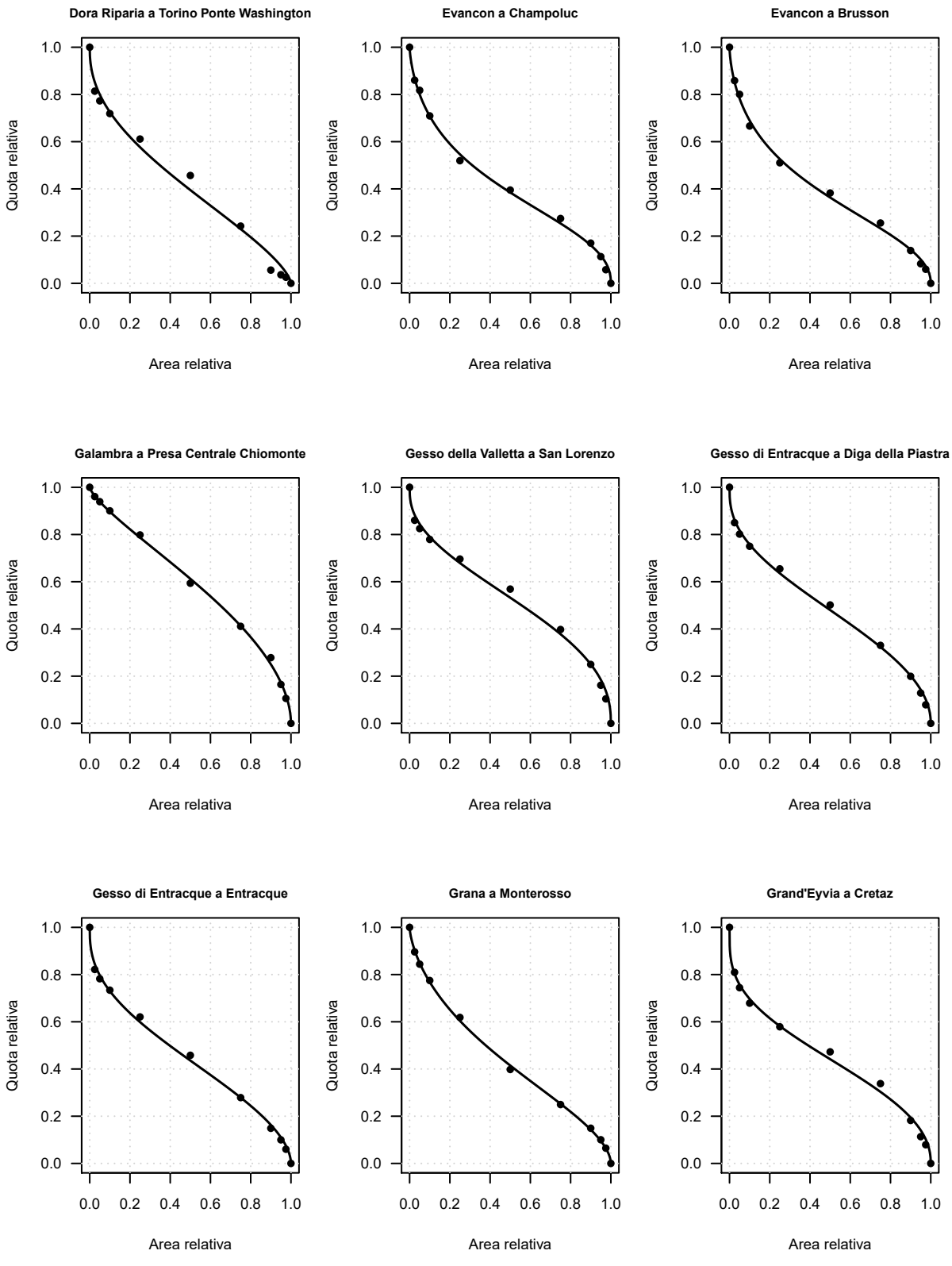

Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

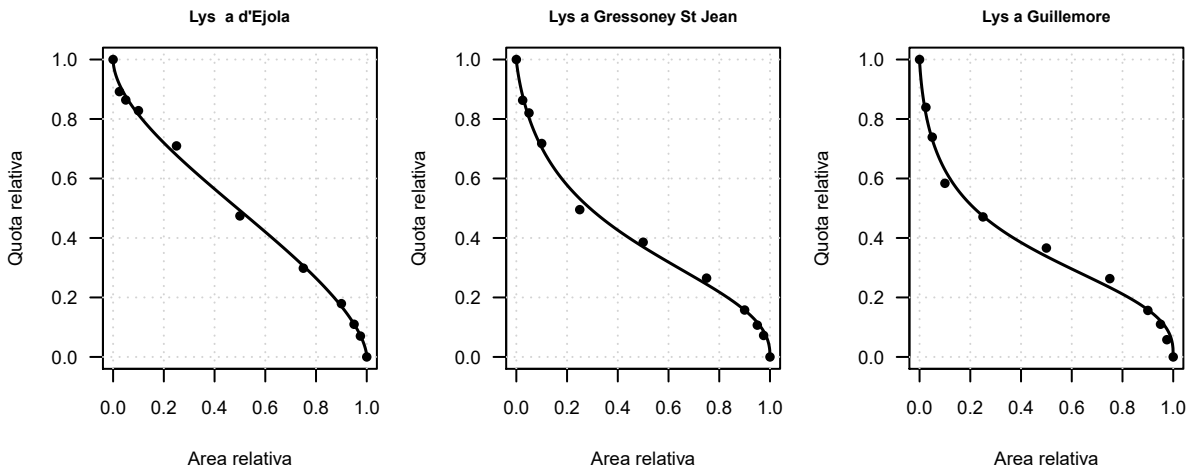

Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

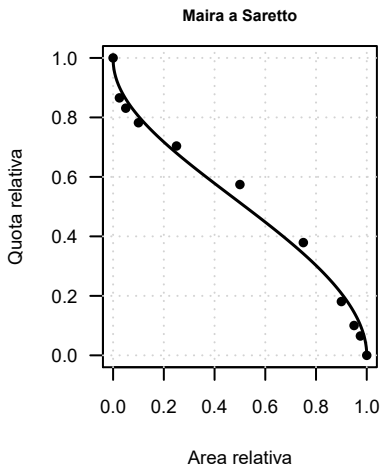

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

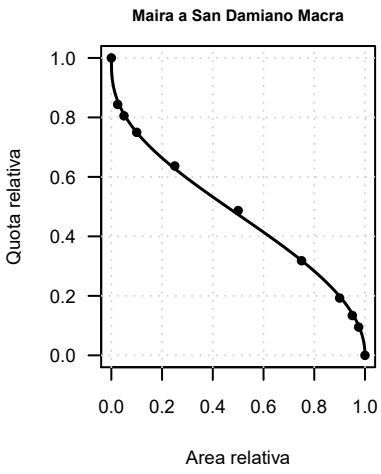

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

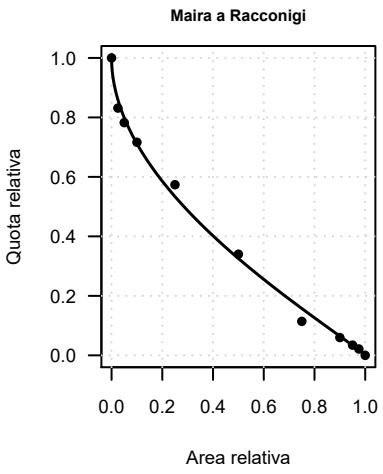

Lys a d'Ejola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

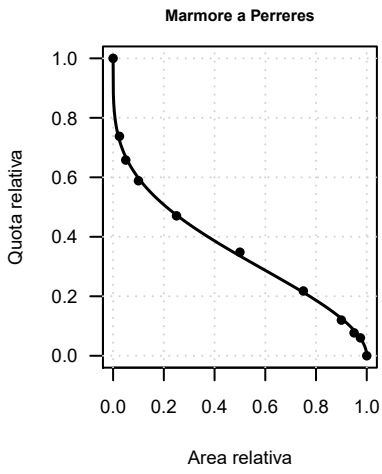
Lys a Gressoney St Jean
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

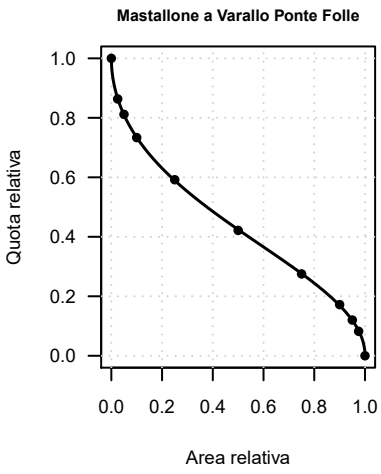
Lys a Guillemore
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

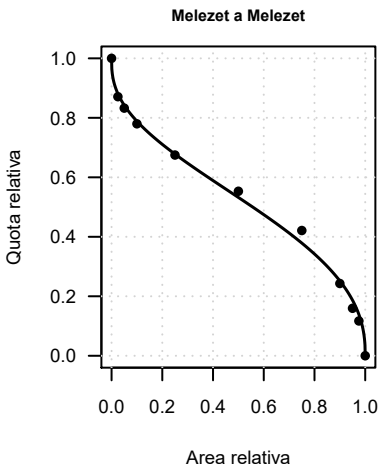

Maira a Saretto
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

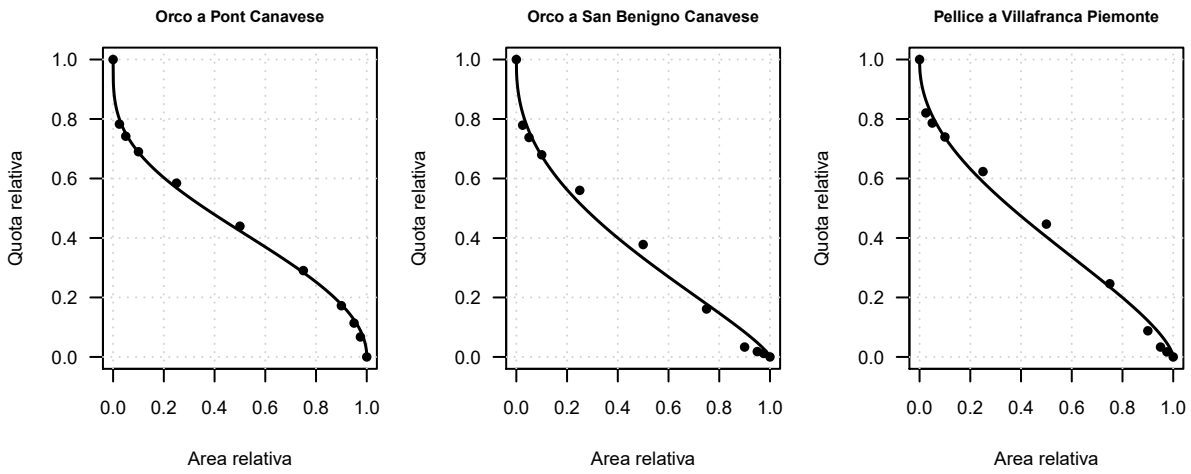

Maira a San Damiano Macra
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Maira a Racconigi
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Marmore a Perreres
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

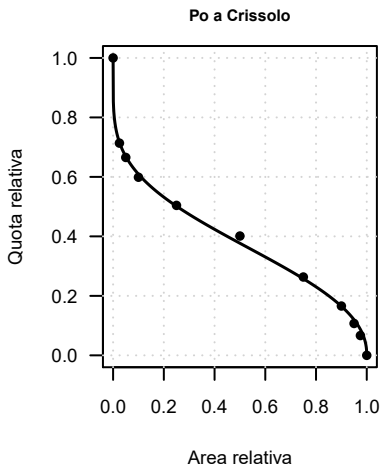

Mastallone a Varallo Ponte Folle
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

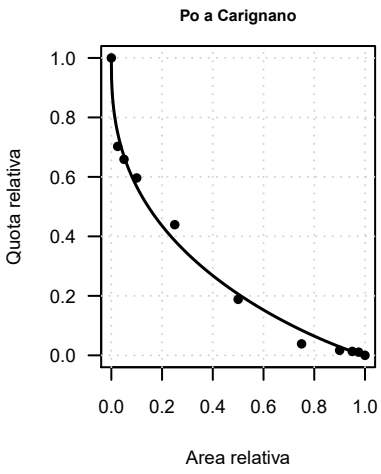

Melezet a Melezet
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

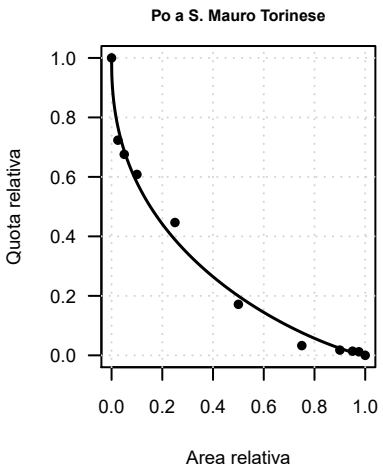

Orco a Pont Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

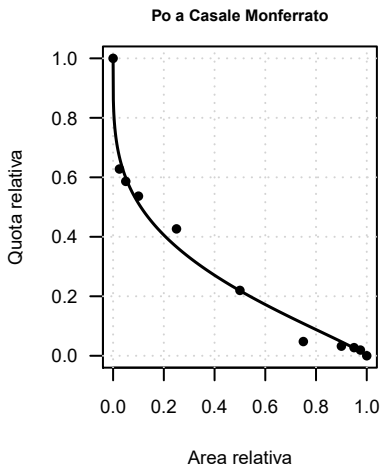
Orco a San Benigno Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

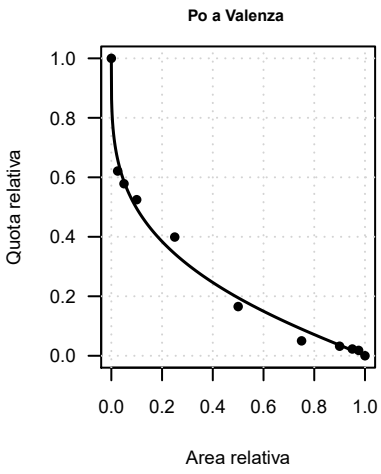
Pellice a Villafranca Piemonte
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

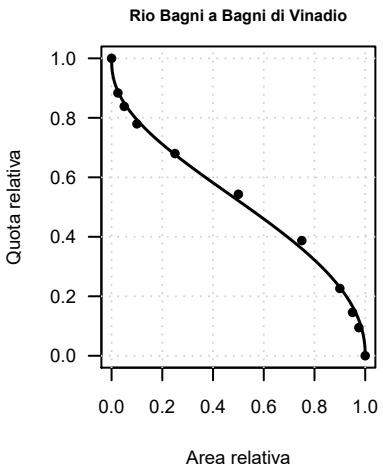

Po a Crissolo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

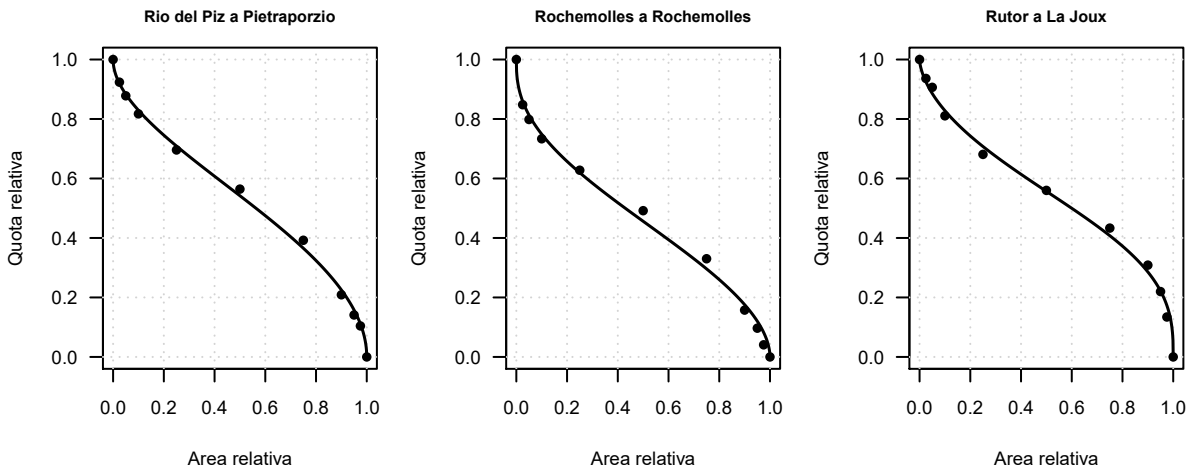

Po a Carignano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

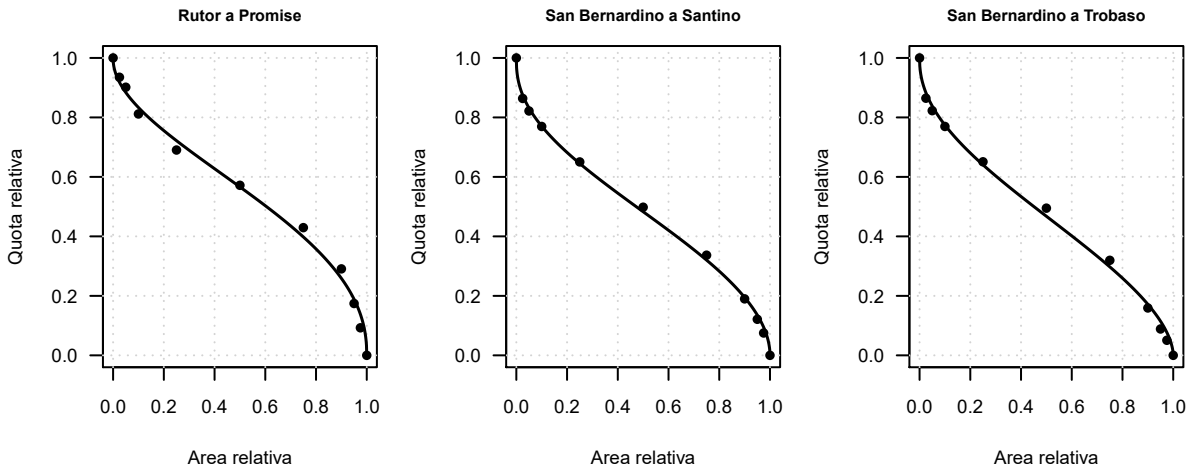

Po a S. Mauro Torinese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

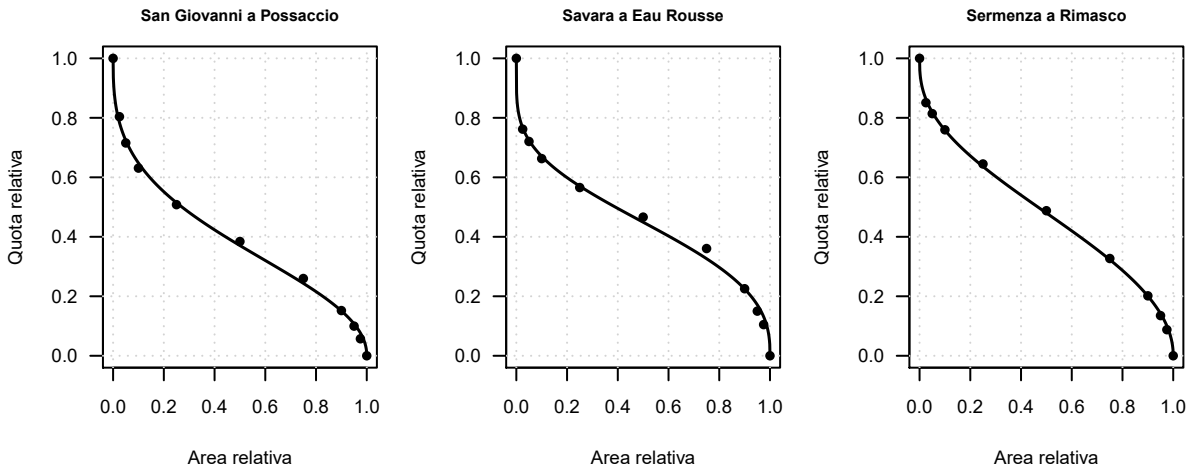

Po a Casale Monferrato
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

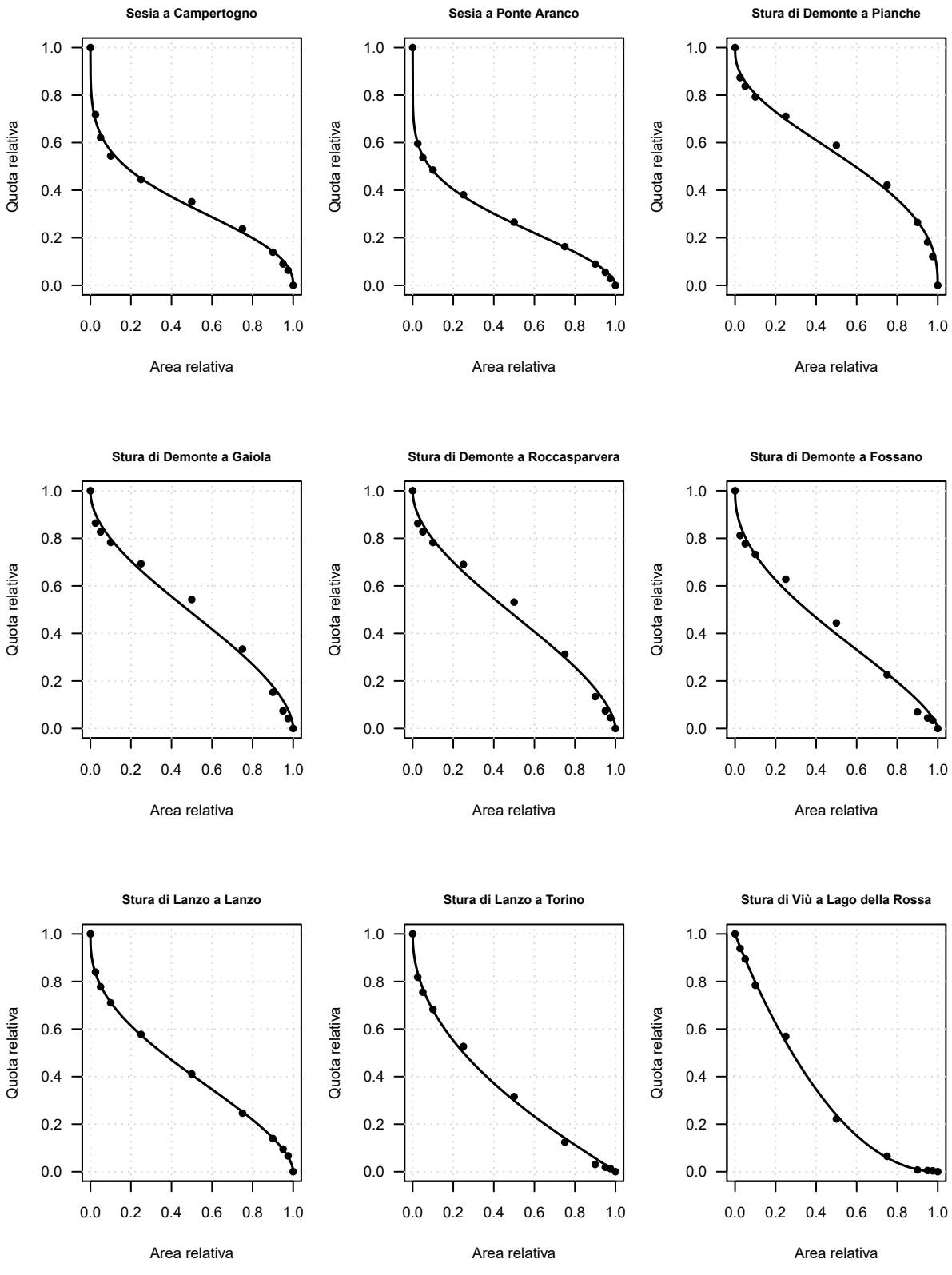

Po a Valenza
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

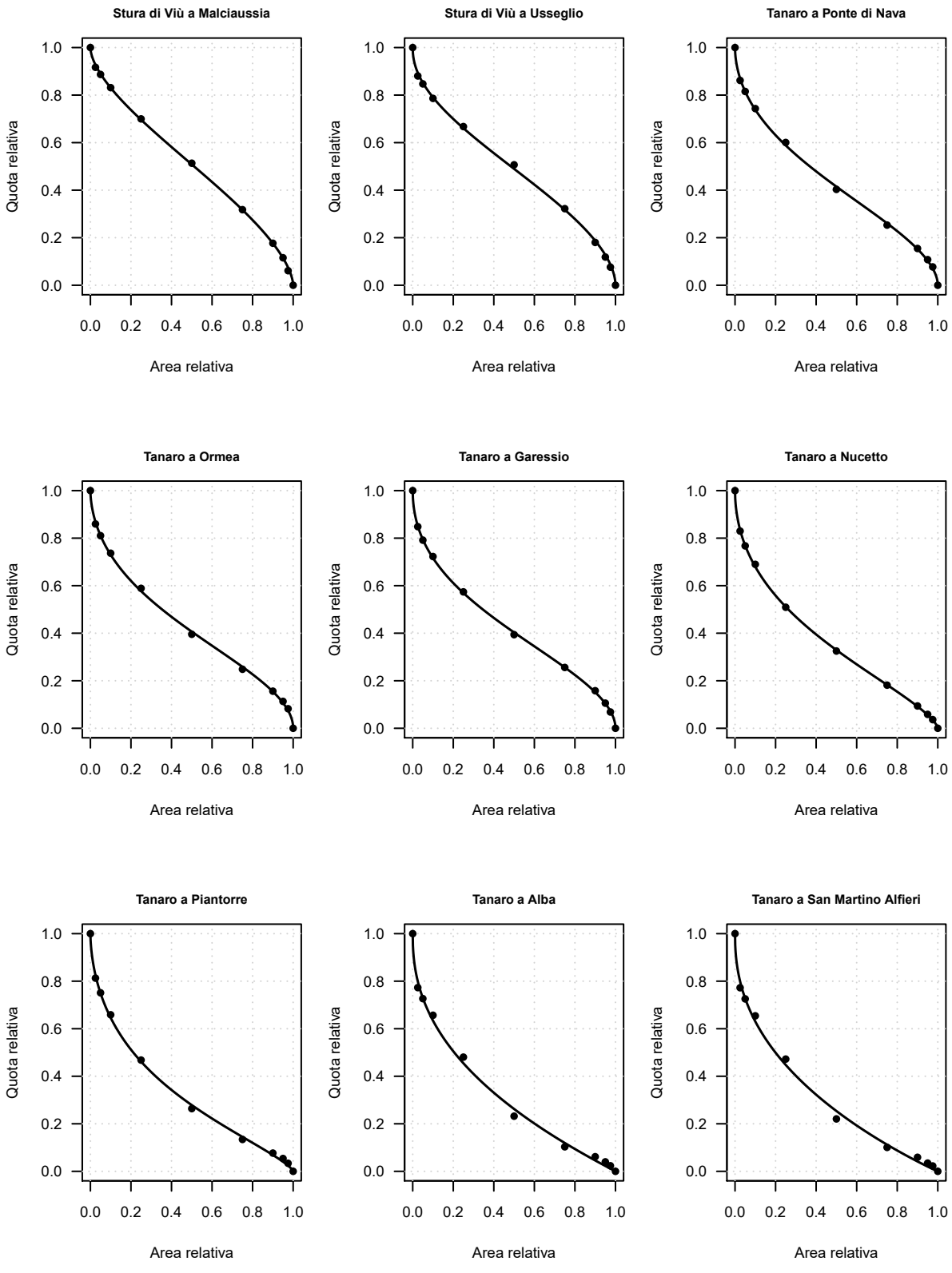

Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

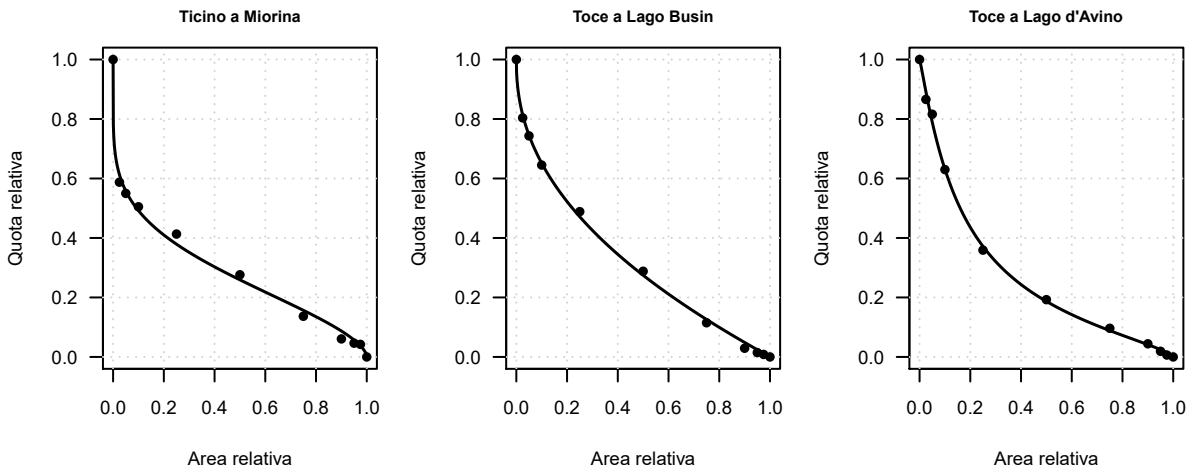

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

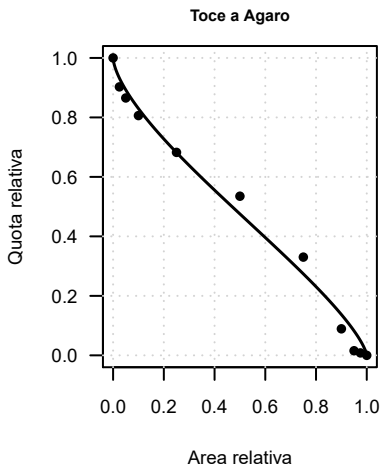

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

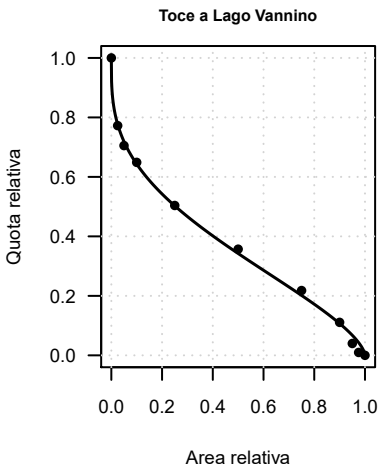

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

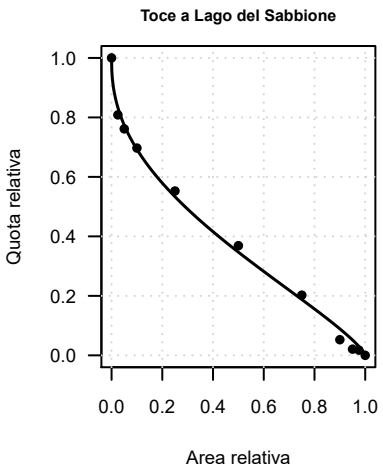

Ticino a Miorina
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

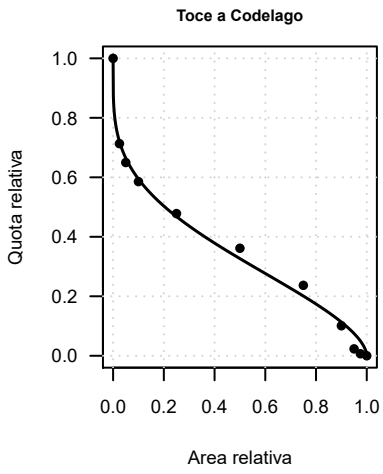
Toce a Lago Busin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

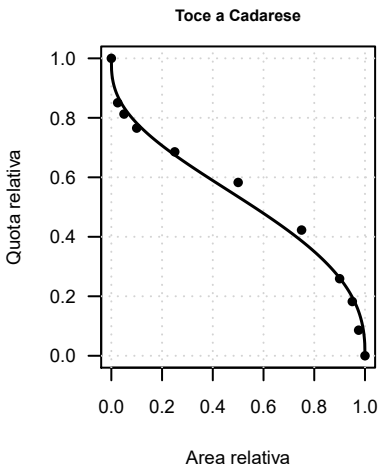
Toce a Lago d'Avino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

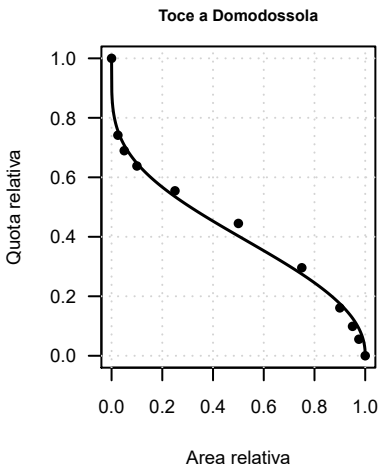

Toce a Agaro
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

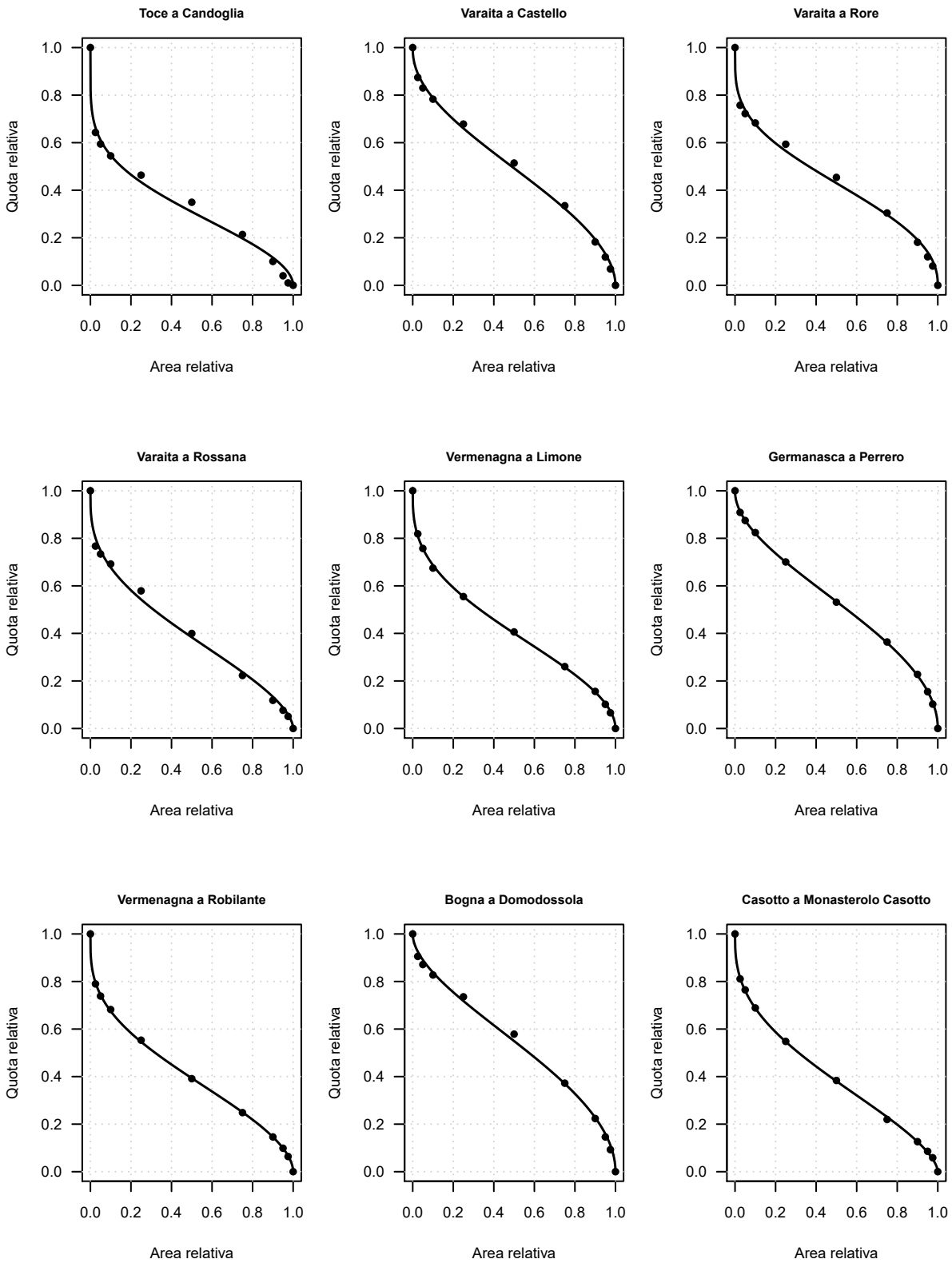

Toce a Lago Vannino
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

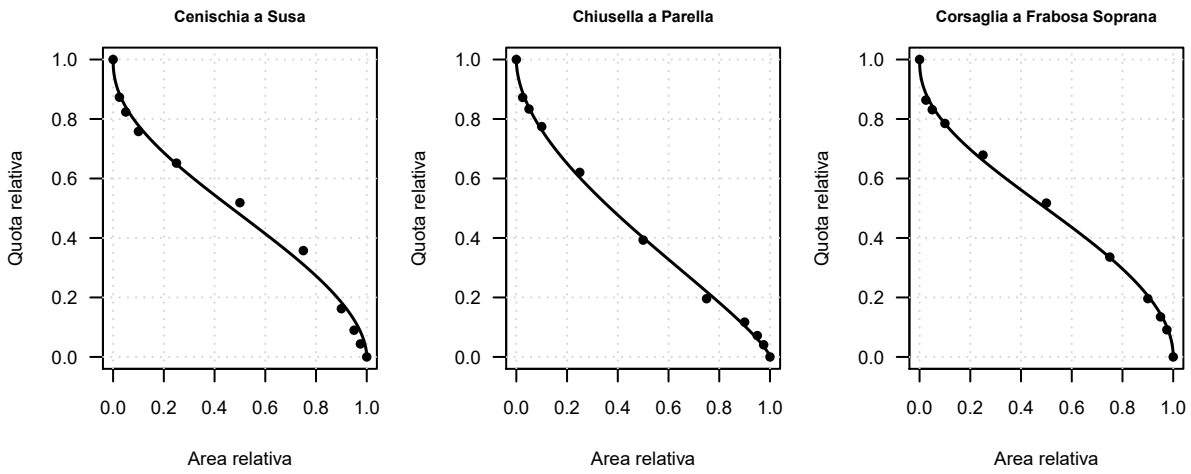

Toce a Lago del Sabbione
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Codelago
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Cadarese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

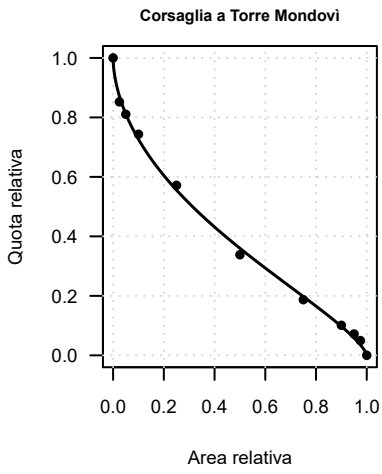

Toce a Domodossola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

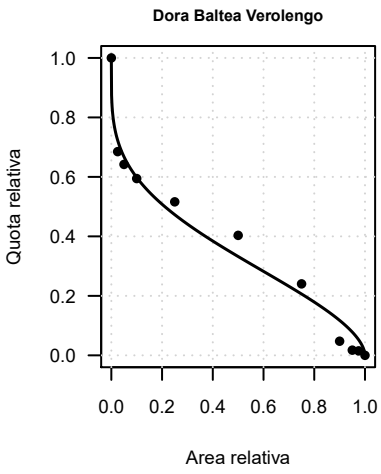

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

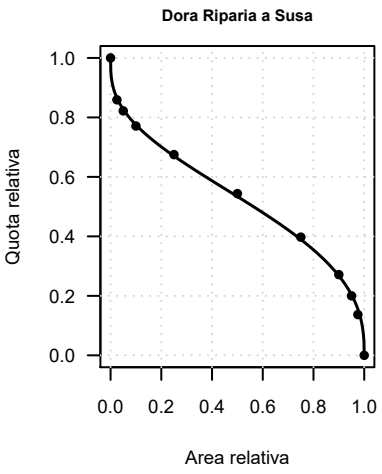

Cenischia a Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

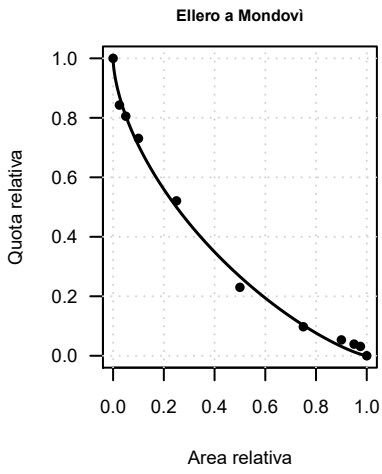
Chiusella a Parella
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

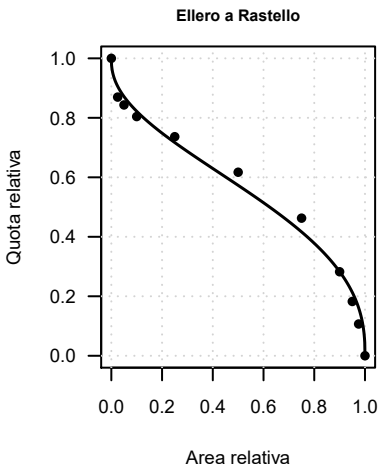
Corsaglia a Frabosa Soprana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

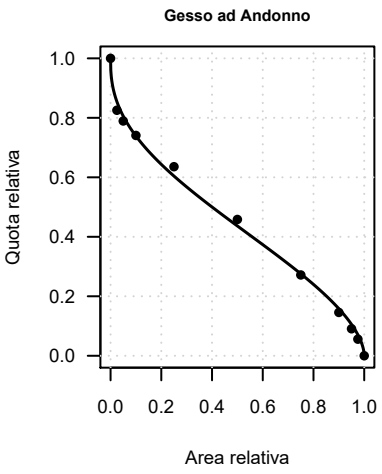

Corsaglia a Torre Mondovì
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

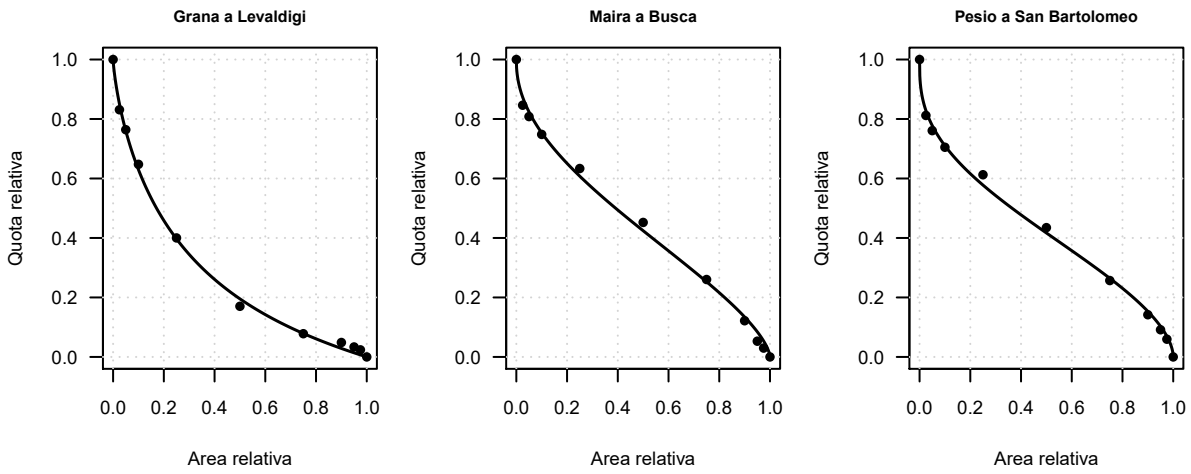

Dora Baltea Verolengo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Dora Riparia a Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Ellero a Mondovì
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

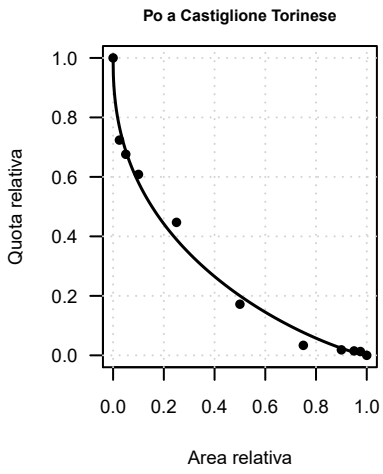

Ellero a Rastello
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

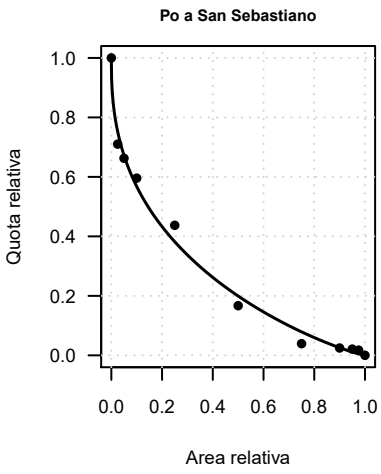

Gesso ad Andonno
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

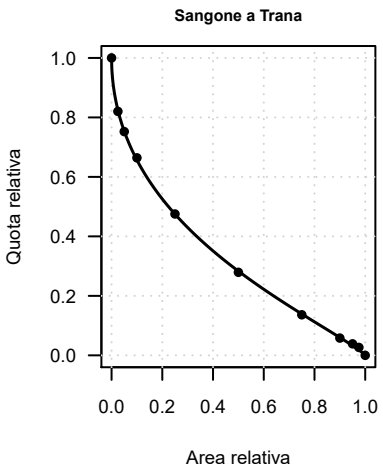

Grana a Levaldigi
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

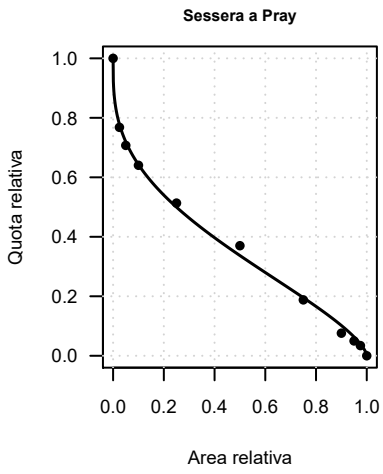
Maira a Busca
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

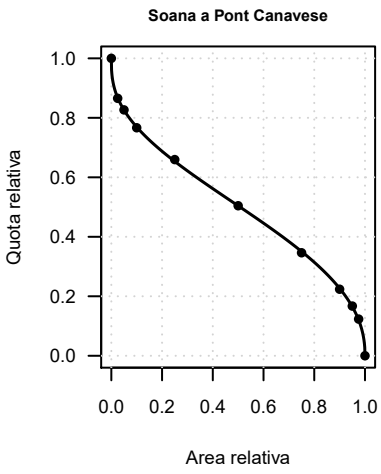
Pesio a San Bartolomeo
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

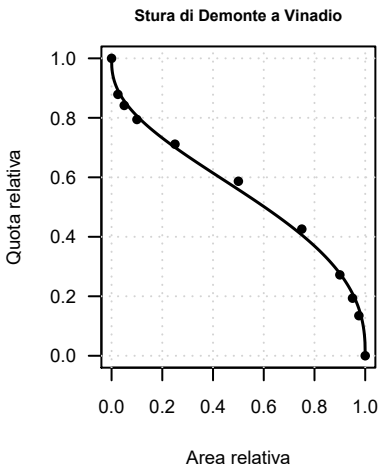

Po a Castiglione Torinese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

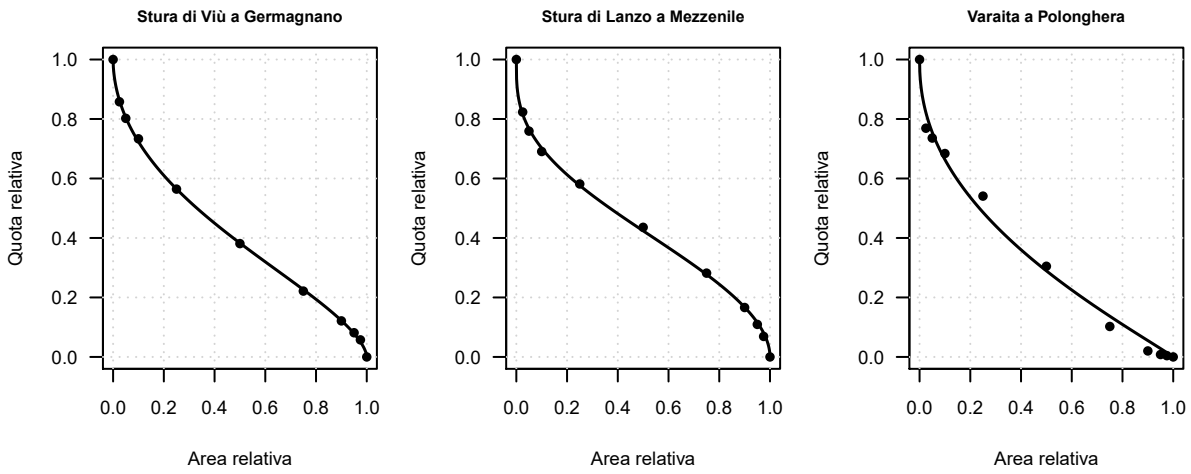

Po a San Sebastiano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Sangone a Trana
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Sessera a Pray
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

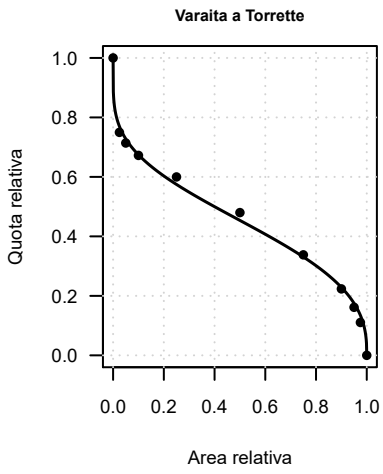

Soana a Pont Canavese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Demonte a Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Viù a Germagnano
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

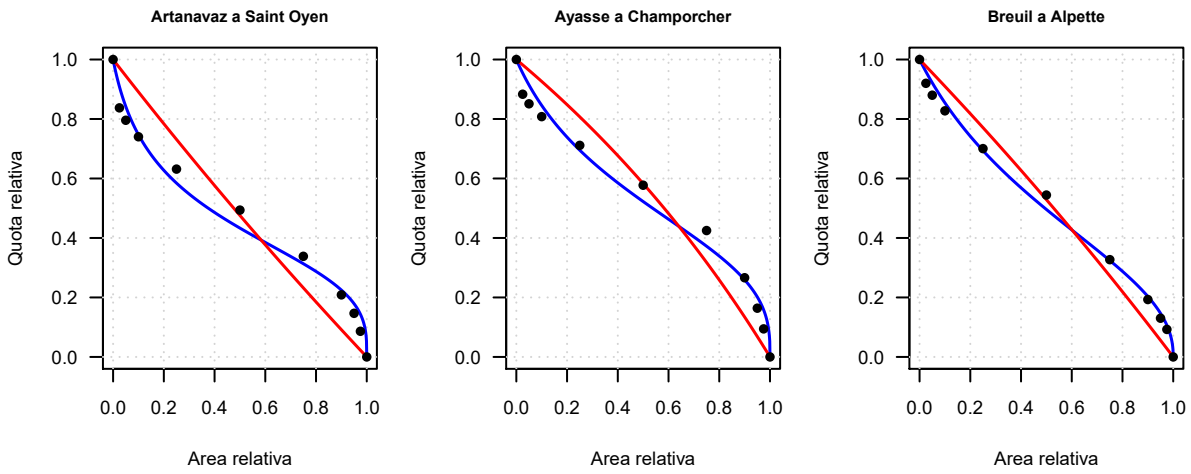
Stura di Lanzo a Mezzenile
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

Varaita a Polonghera
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Varaita a Torrette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

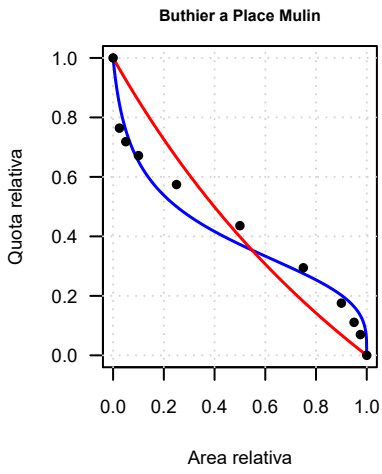
ALLEGATO D.4 – Confronto tra funzione semplificata ad un parametro e funzione di Strahler

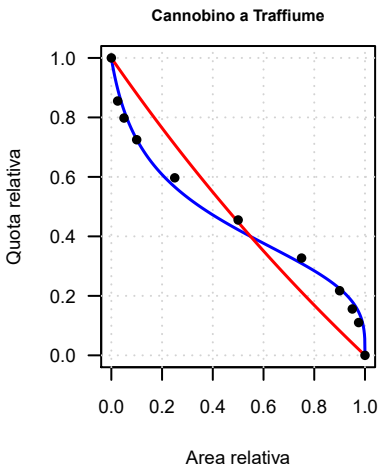
In questa sezione si riportano i risultati grafici ottenuti dal confronto tra la funzione semplificata ad un parametro e la funzione di Strahler, valide per la modellazione della curva ipsometrica. La curva indicata in colore rosso rappresenta la funzione semplificata ad un parametro, mentre la curva rappresentata in colore blu raffigura la funzione di Strahler.

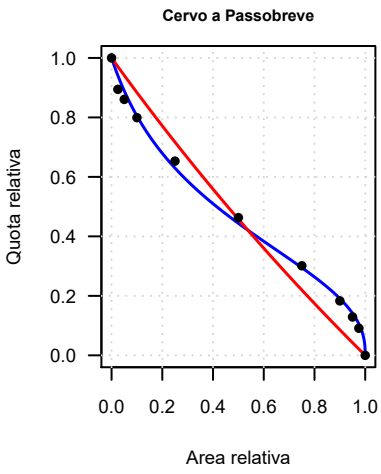

Artanavaz a Saint Oyen
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

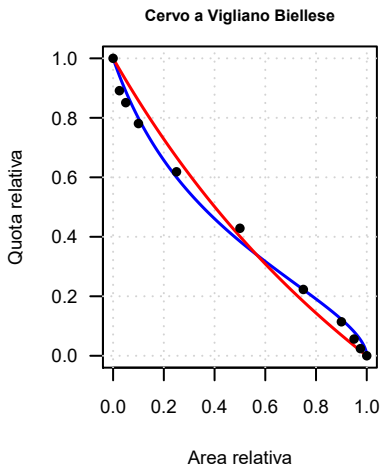
Ayasse a Champorcher
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

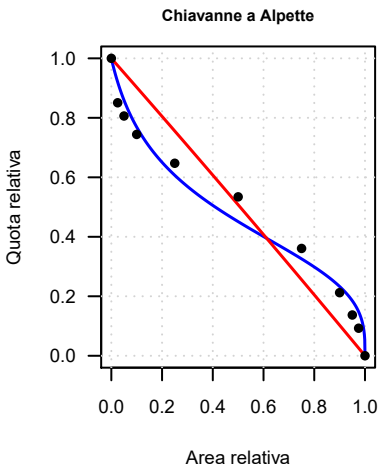
Breuil a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

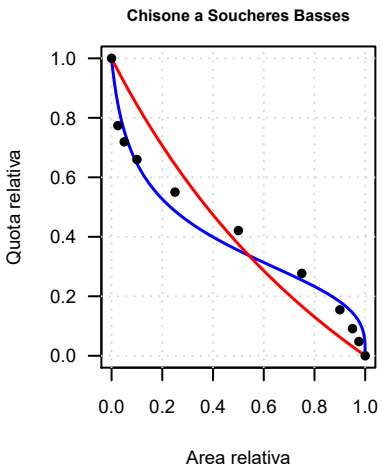

Buthier a Place Mulin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

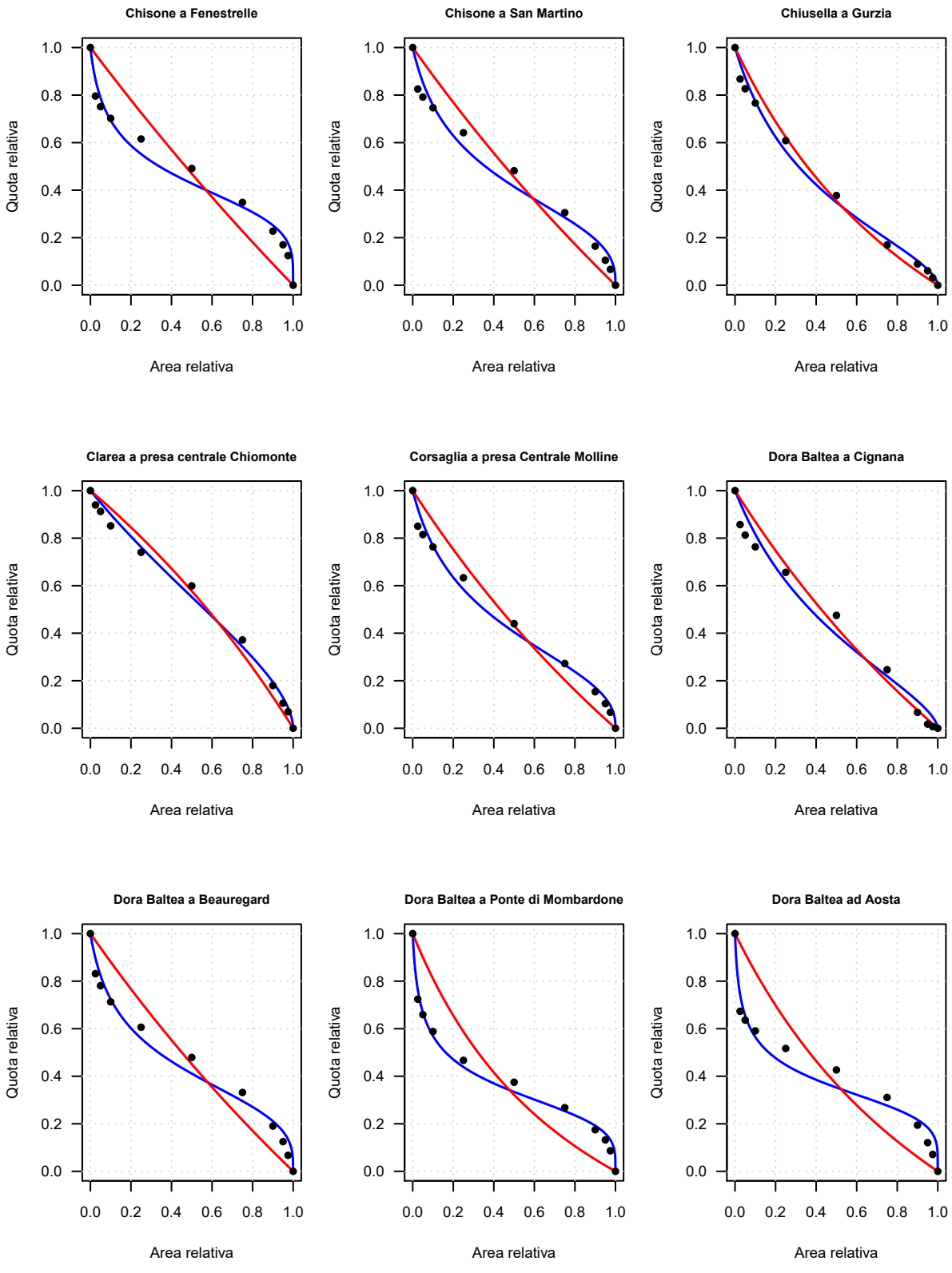

Cannobino a Traffiume
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

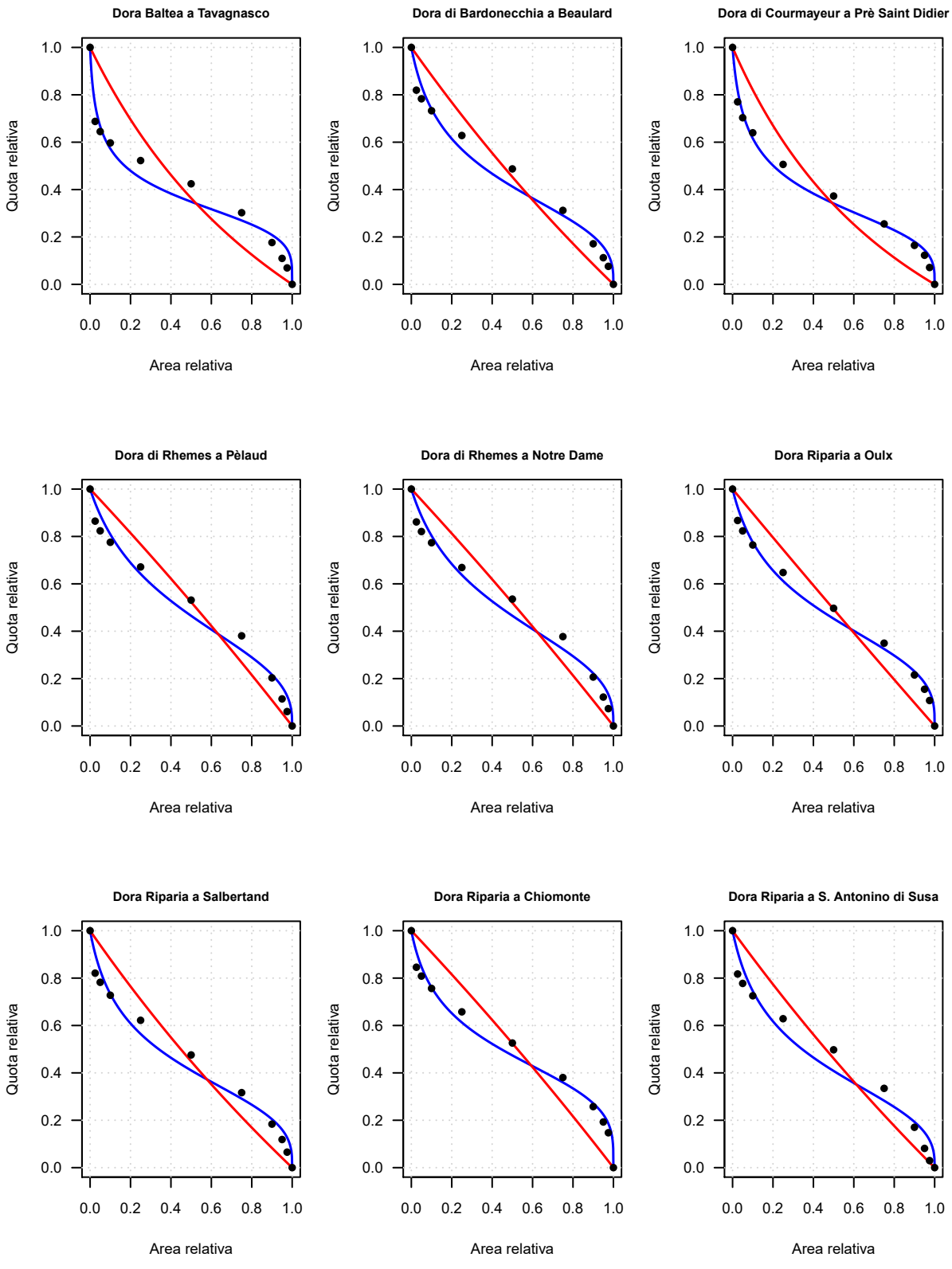

Cervo a Passobreve
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

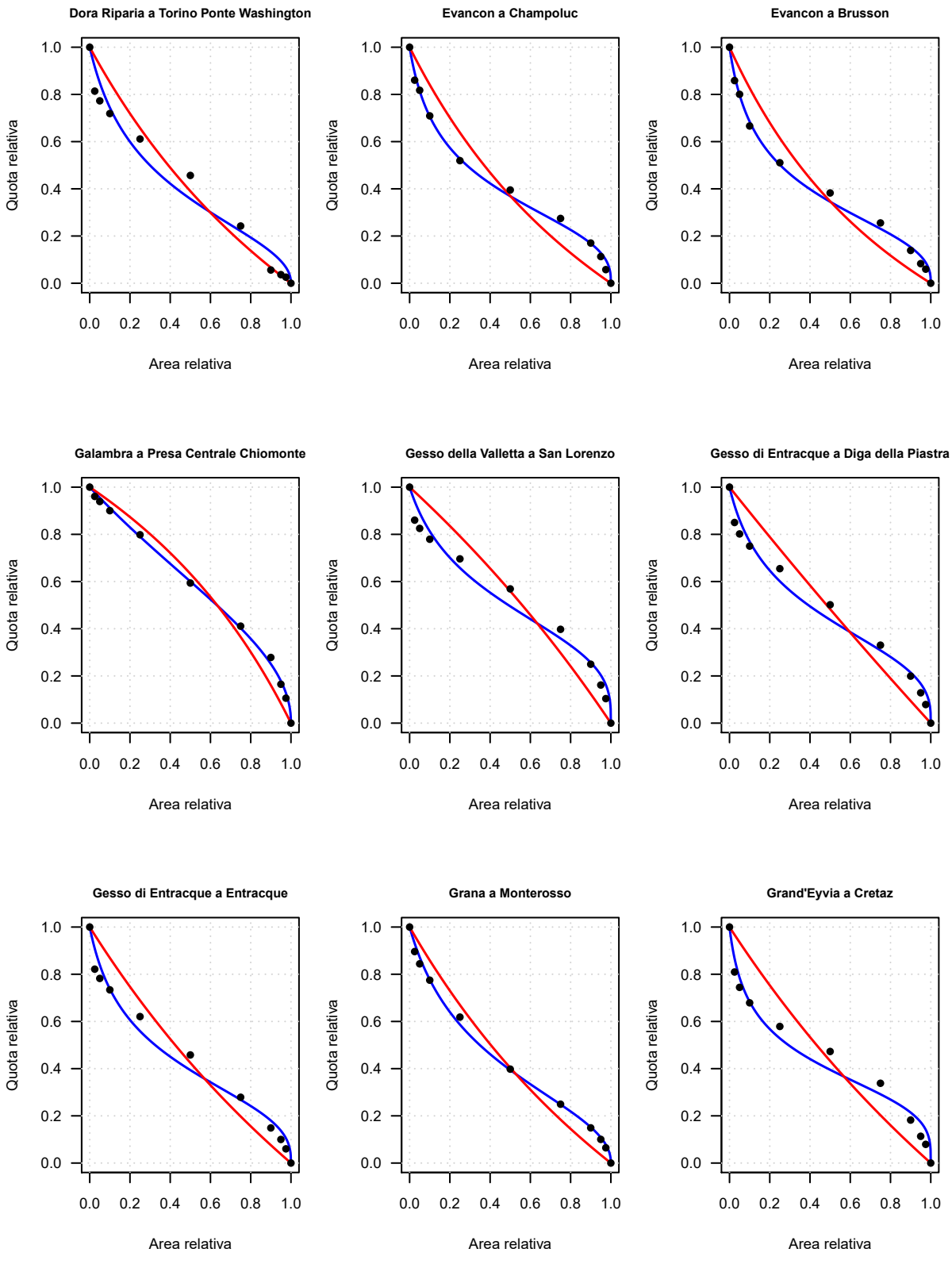

Cervo a Vigliano Biellese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

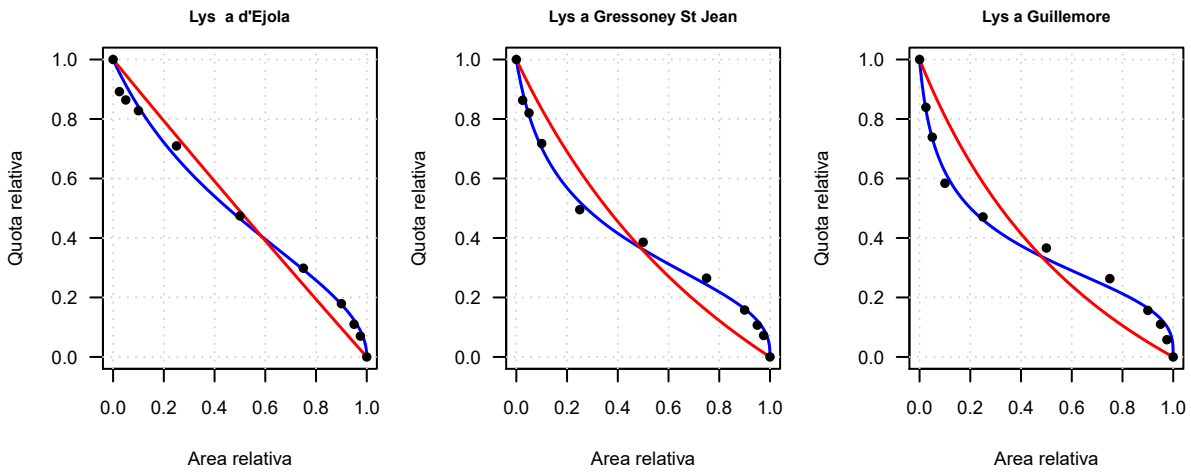

Chiavanne a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

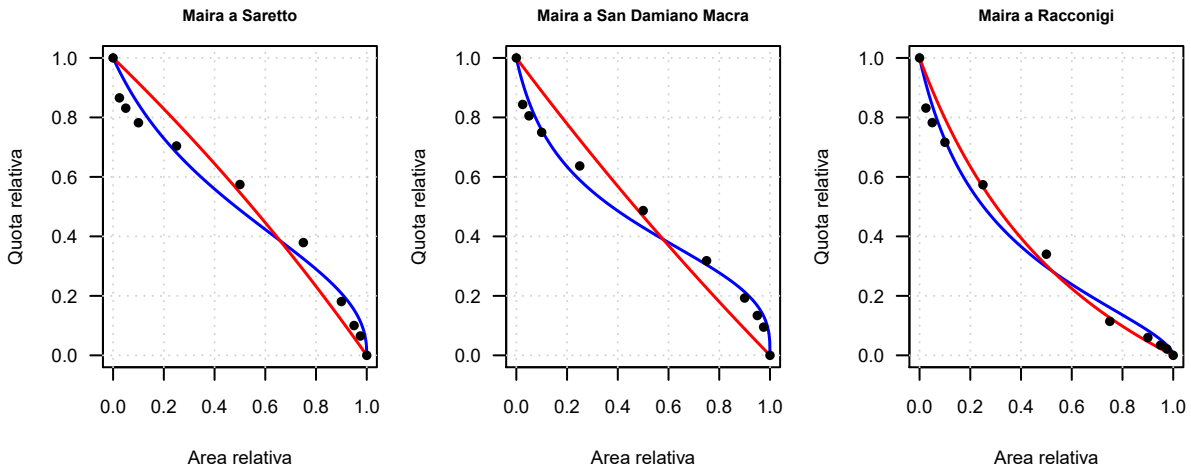

Chisone a Soucheres Basses
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

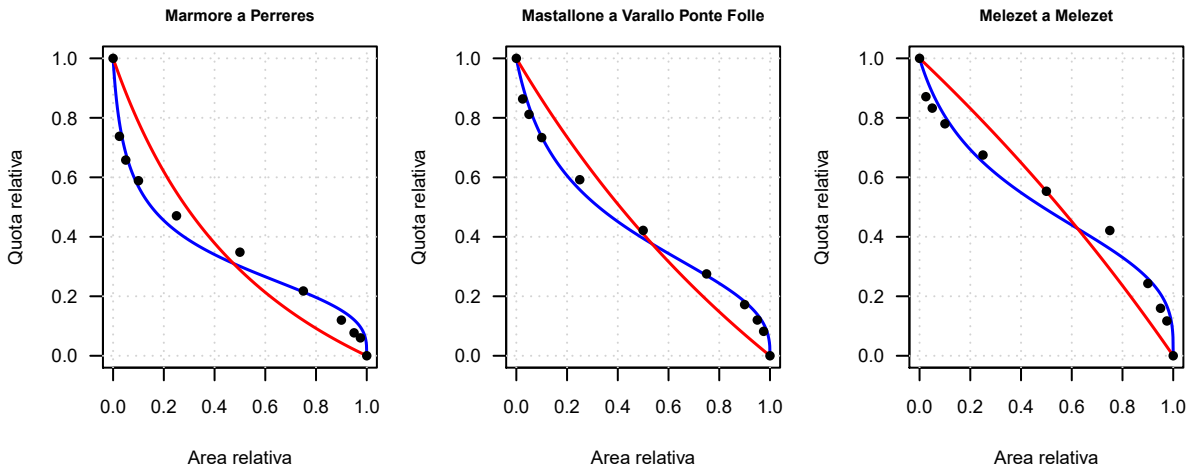

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

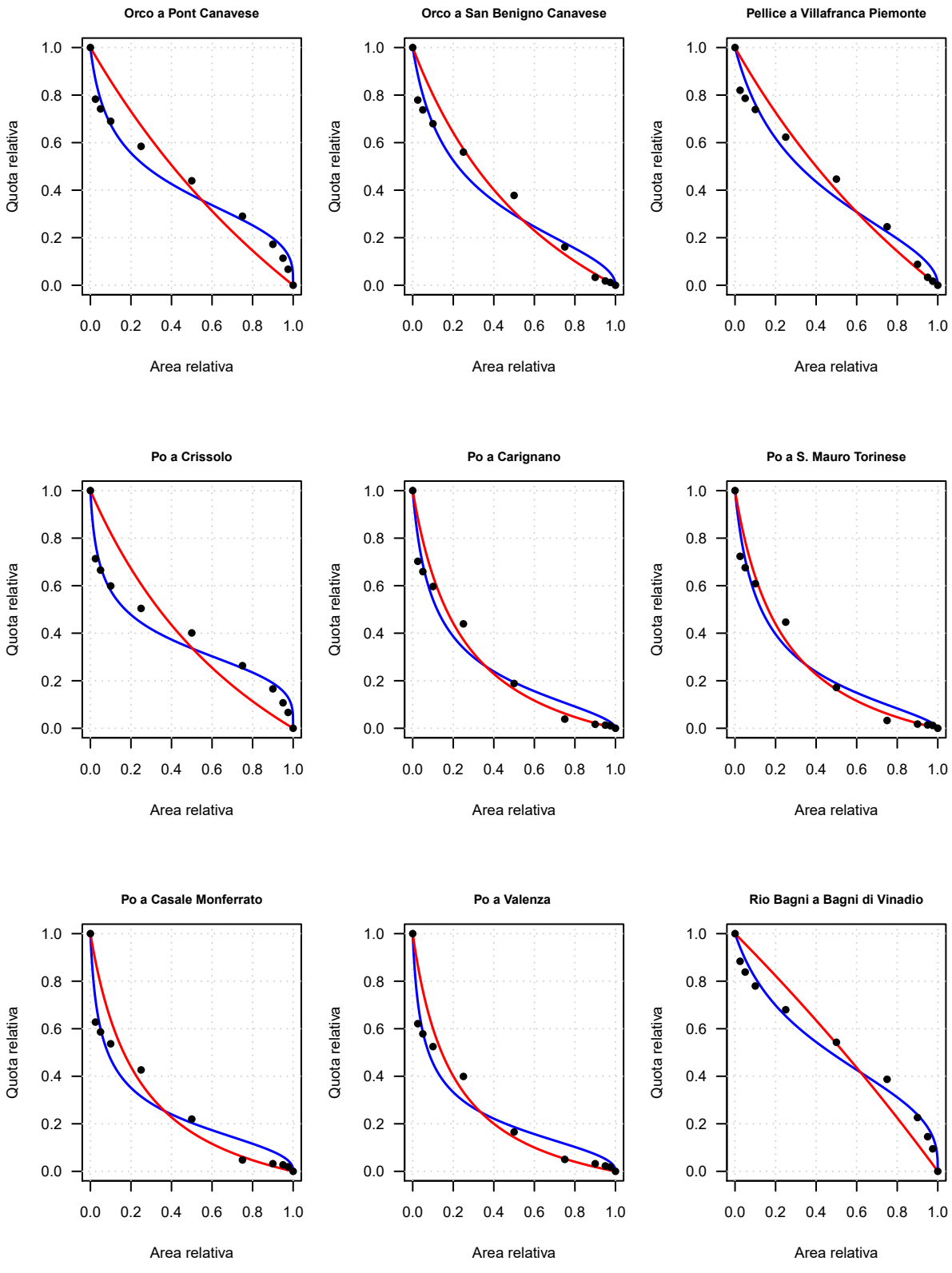

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

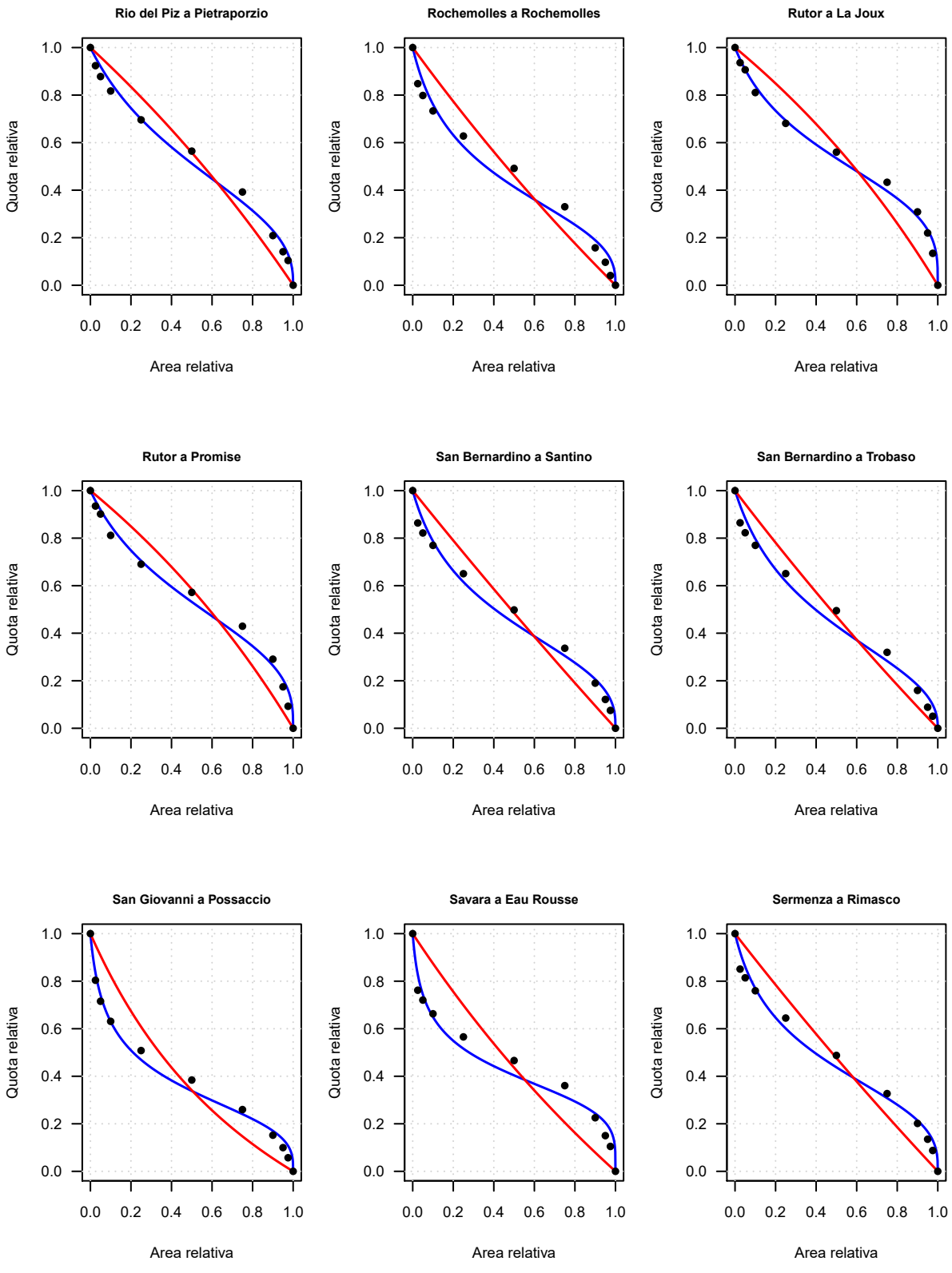

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

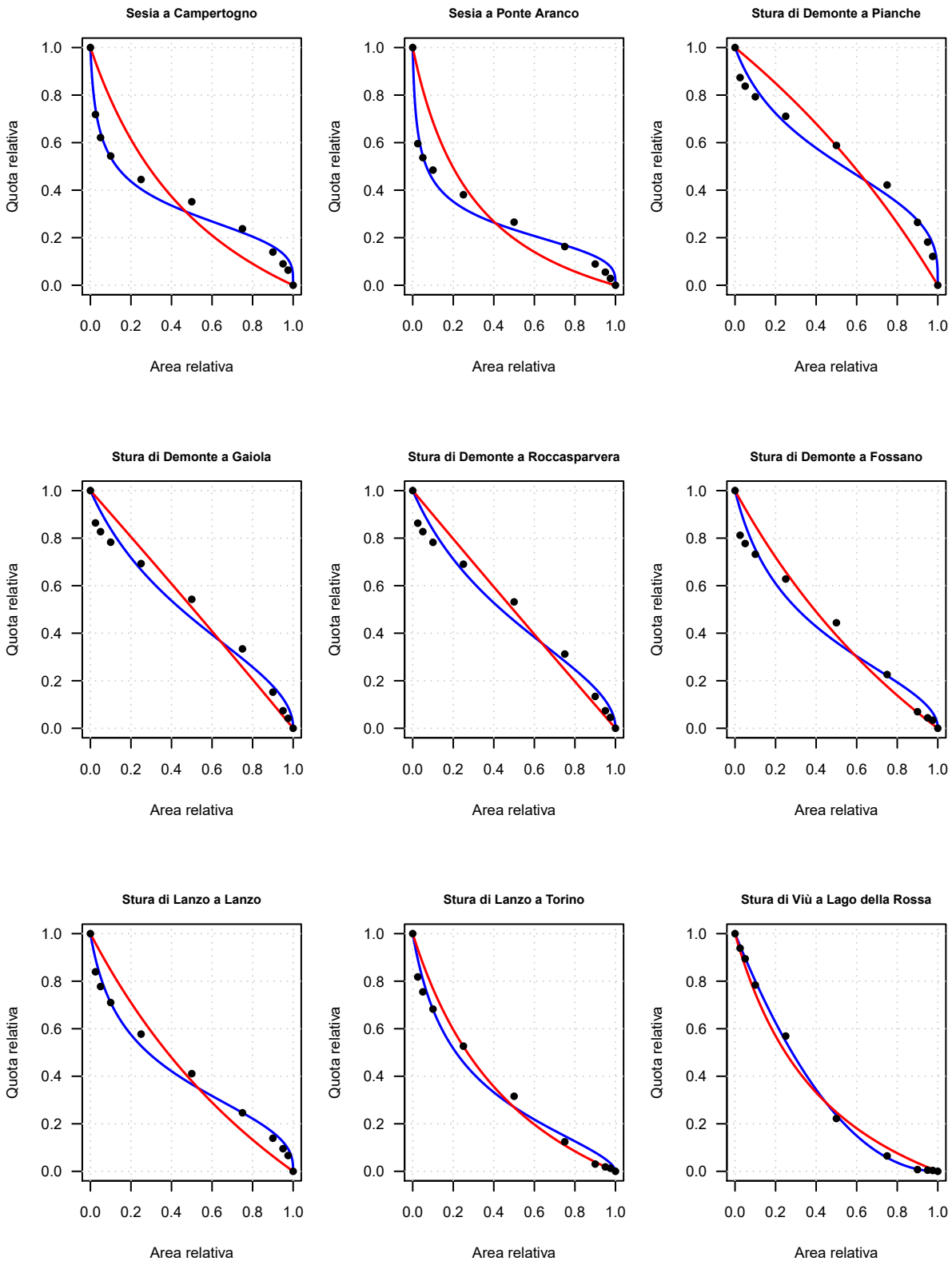

Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

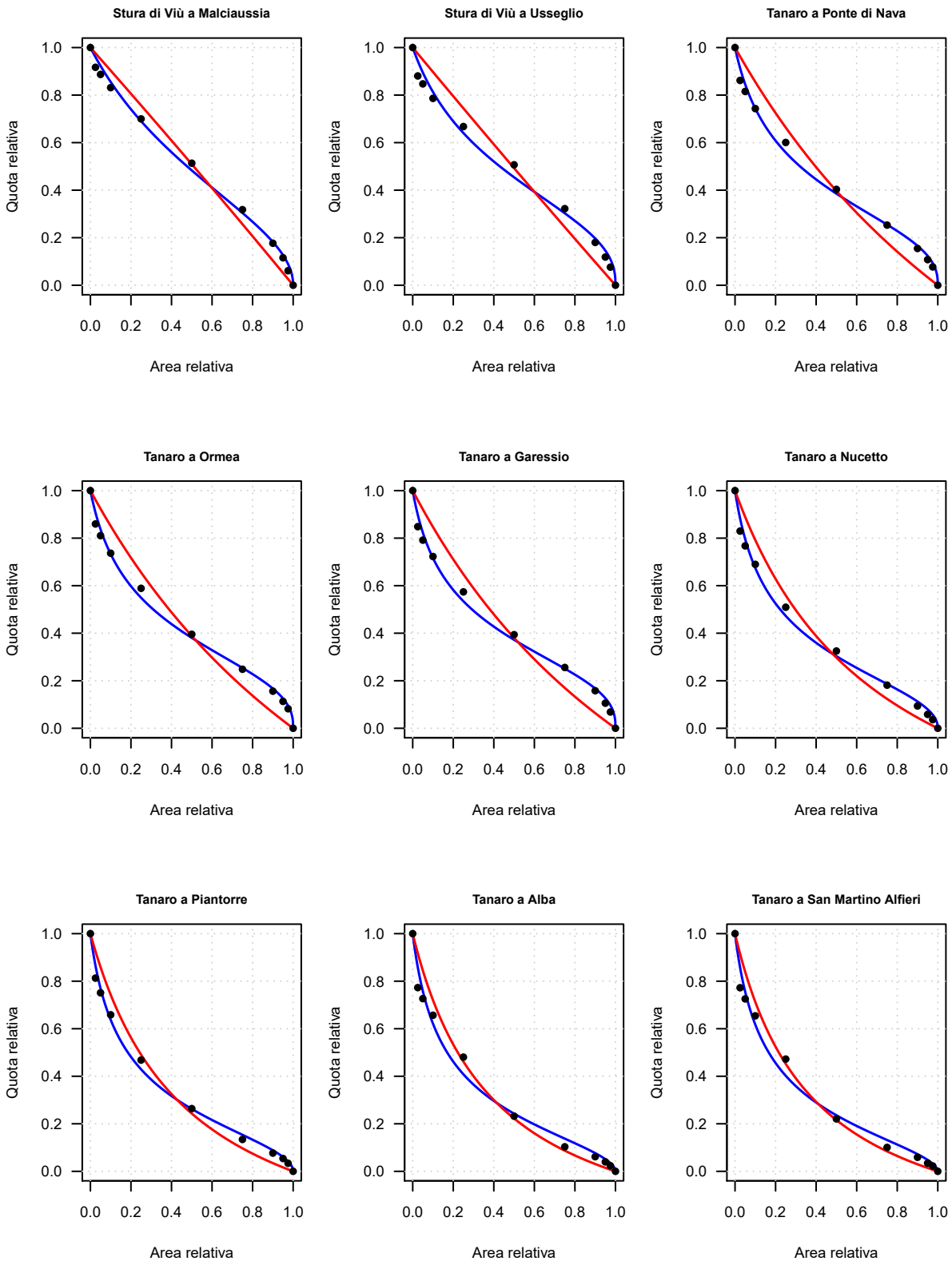

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

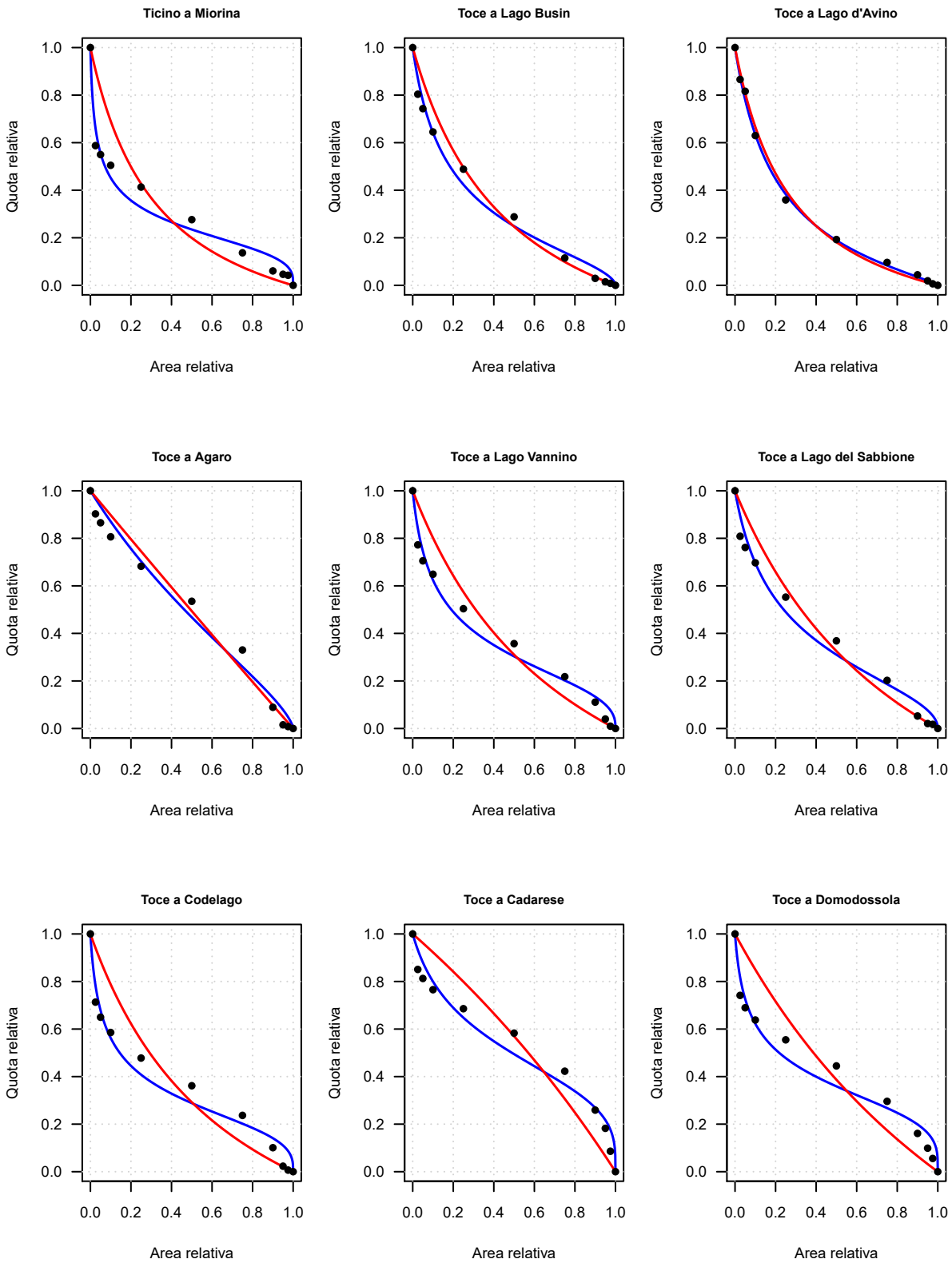

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

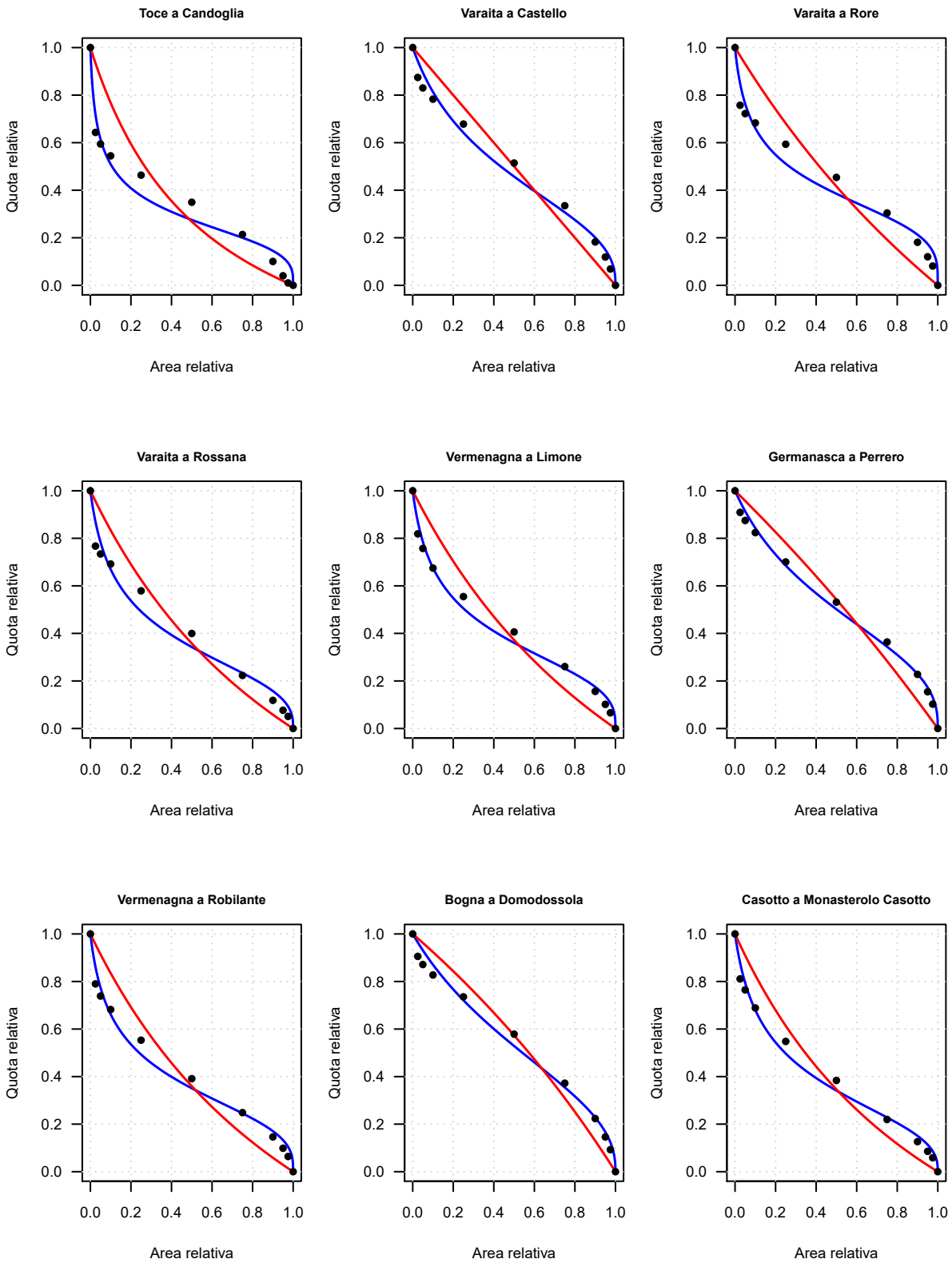

Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

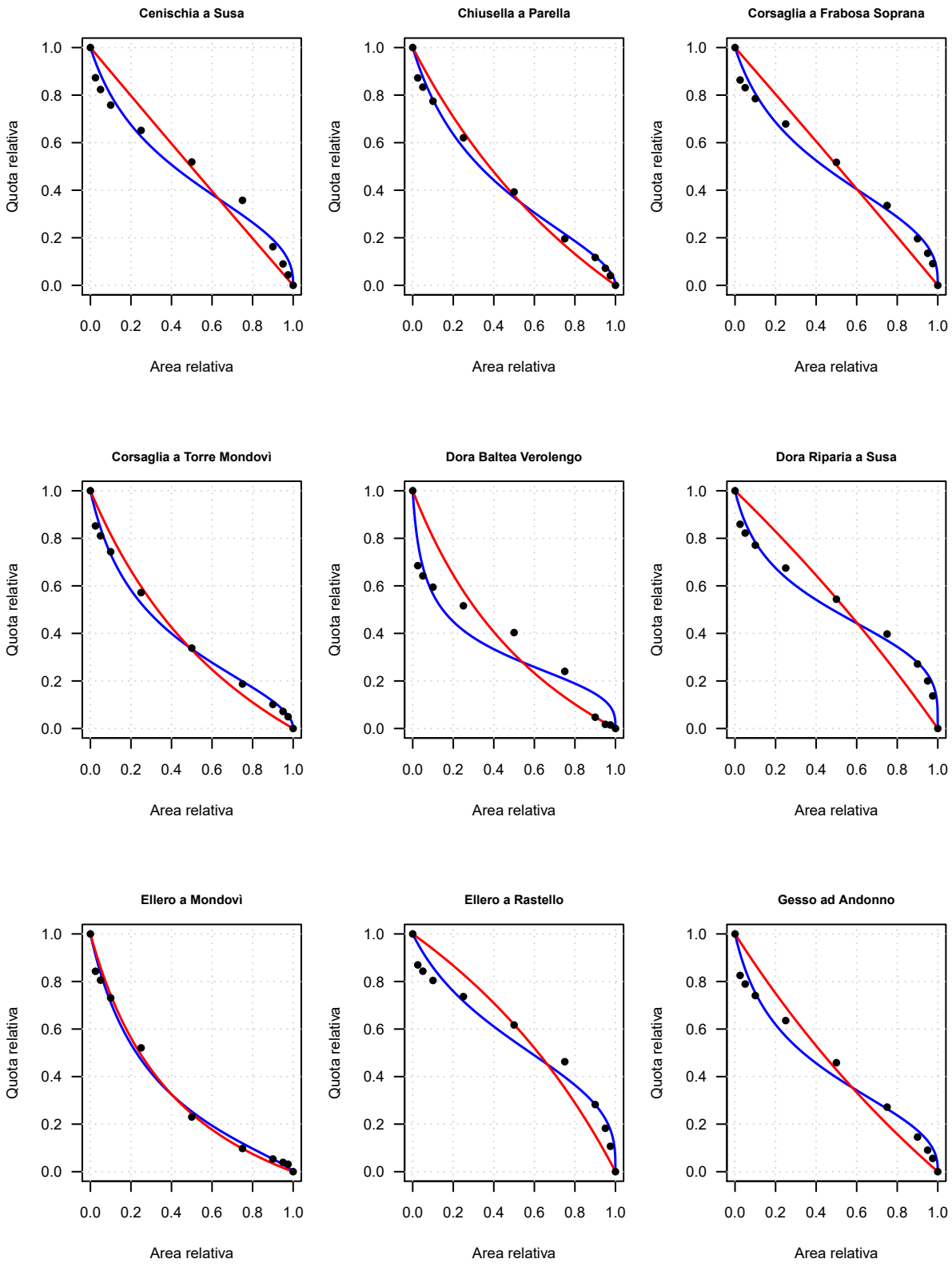

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

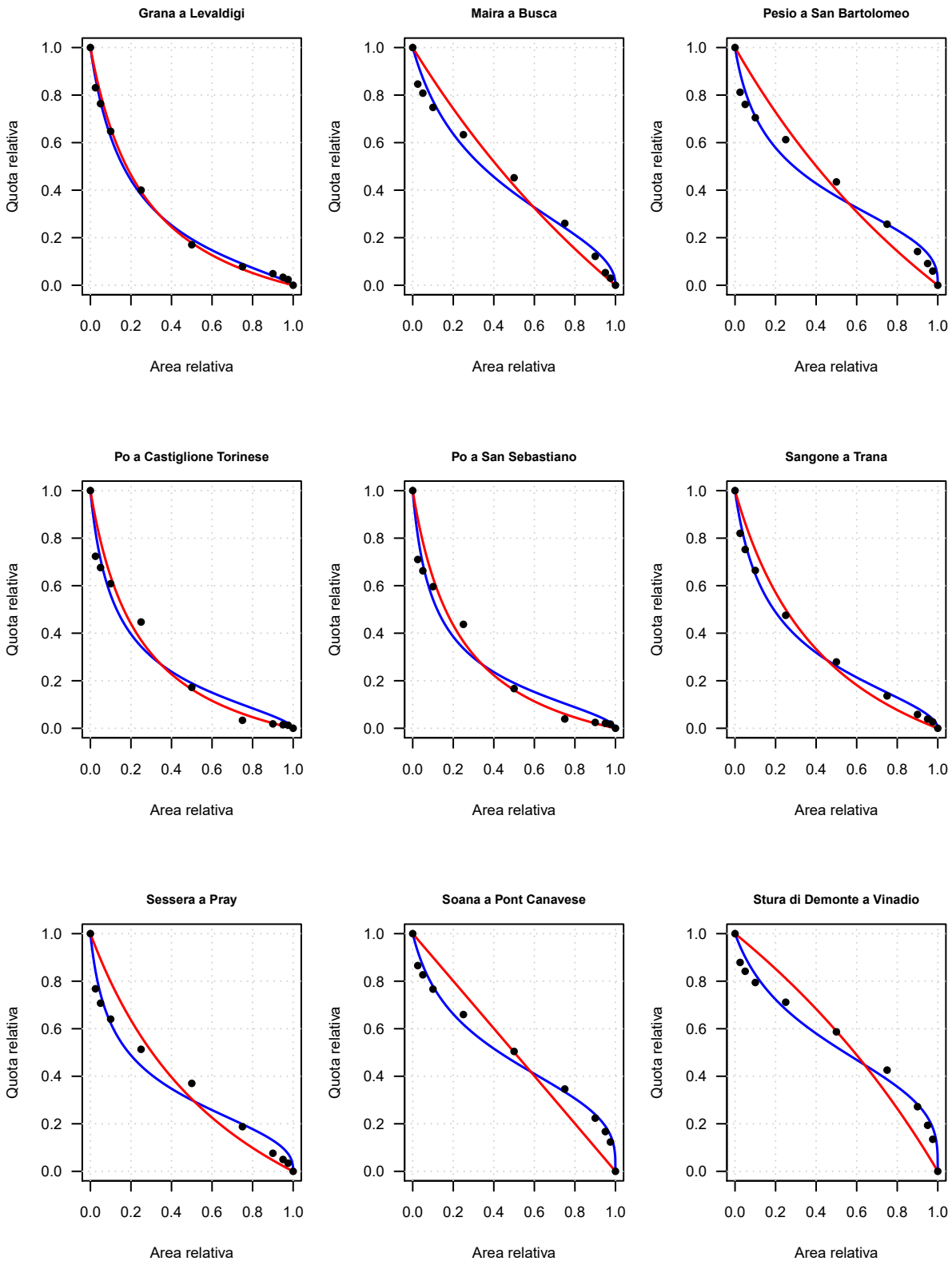

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

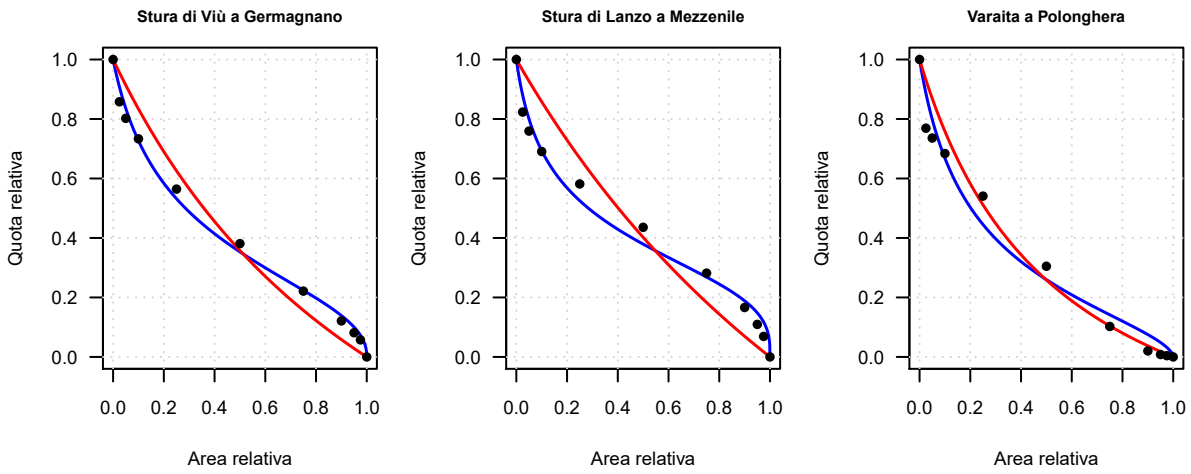

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

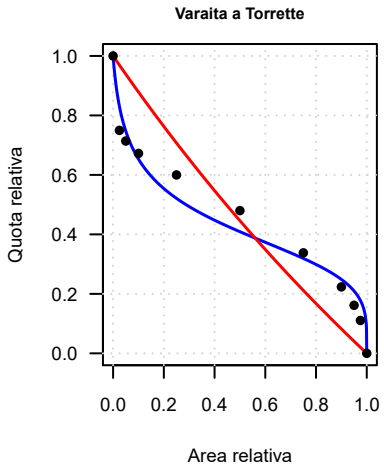

Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

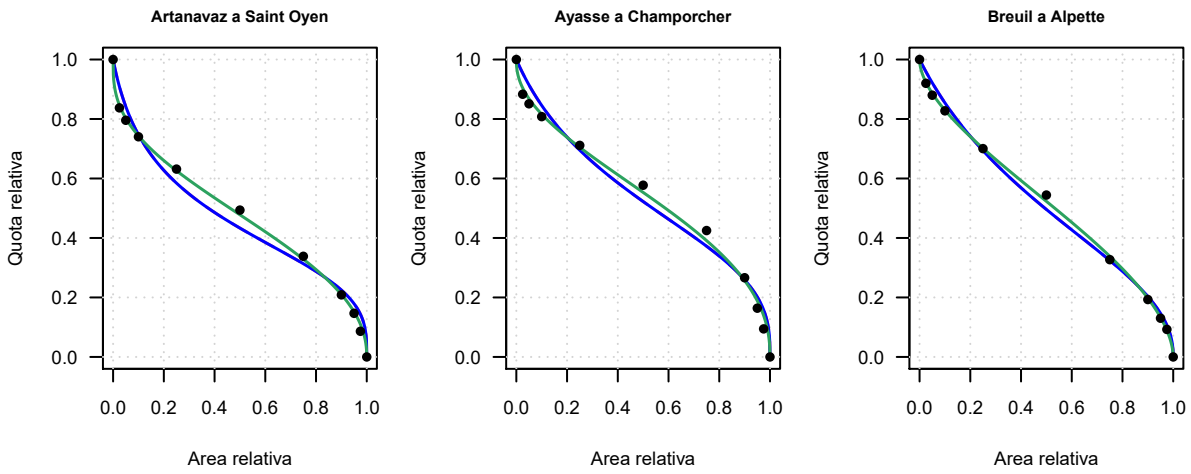

Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Viù a Germagnano
Stura di Lanzo a Mezzenile
Varaita a Polonghera
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Varaita a Torrette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

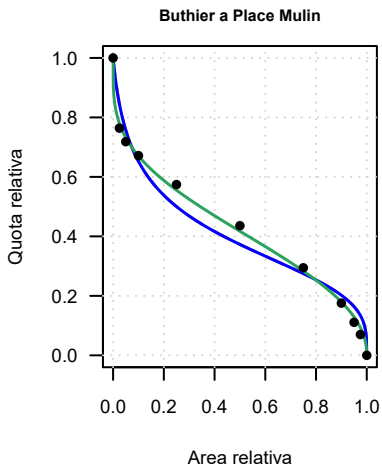
ALLEGATO D.5 – Confronto tra funzione generalizzata a tre parametri e funzione di Strahler

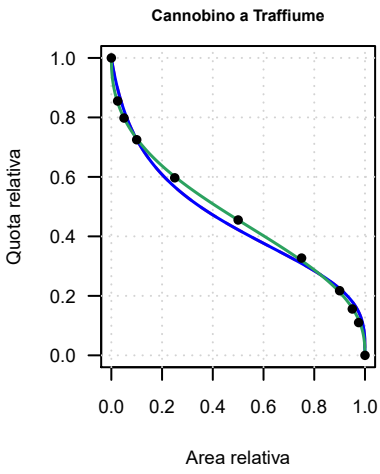
In questa sezione si riportano i risultati grafici ottenuti dal confronto tra la funzione generalizzata a tre parametri e la funzione di Strahler, valide per la modellazione della curva ipsometrica. La curva indicata in colore verde rappresenta la funzione generalizzata a tre parametri, mentre la curva rappresentata in colore blu raffigura la funzione di Strahler.

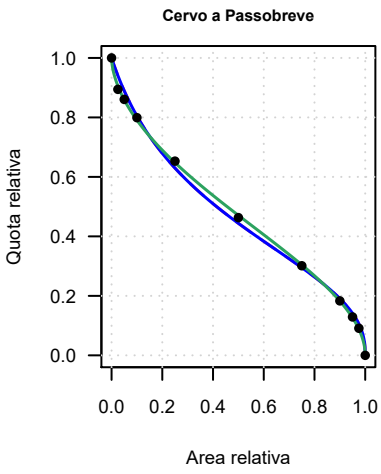

Artanavaz a Saint Oyen
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

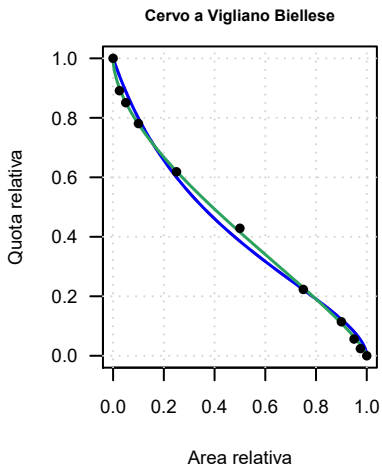
Ayasse a Champorcher
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

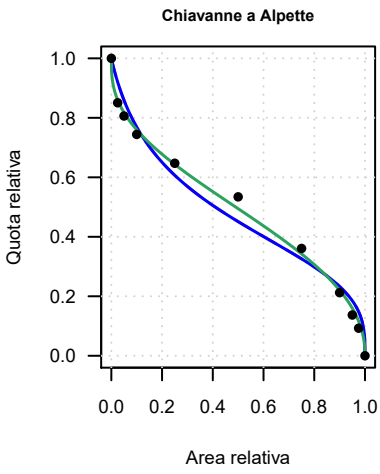
Breuil a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

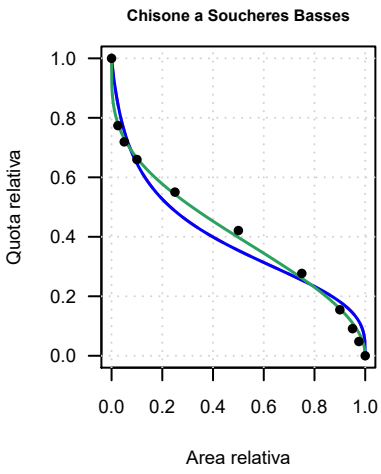

Buthier a Place Mulin
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

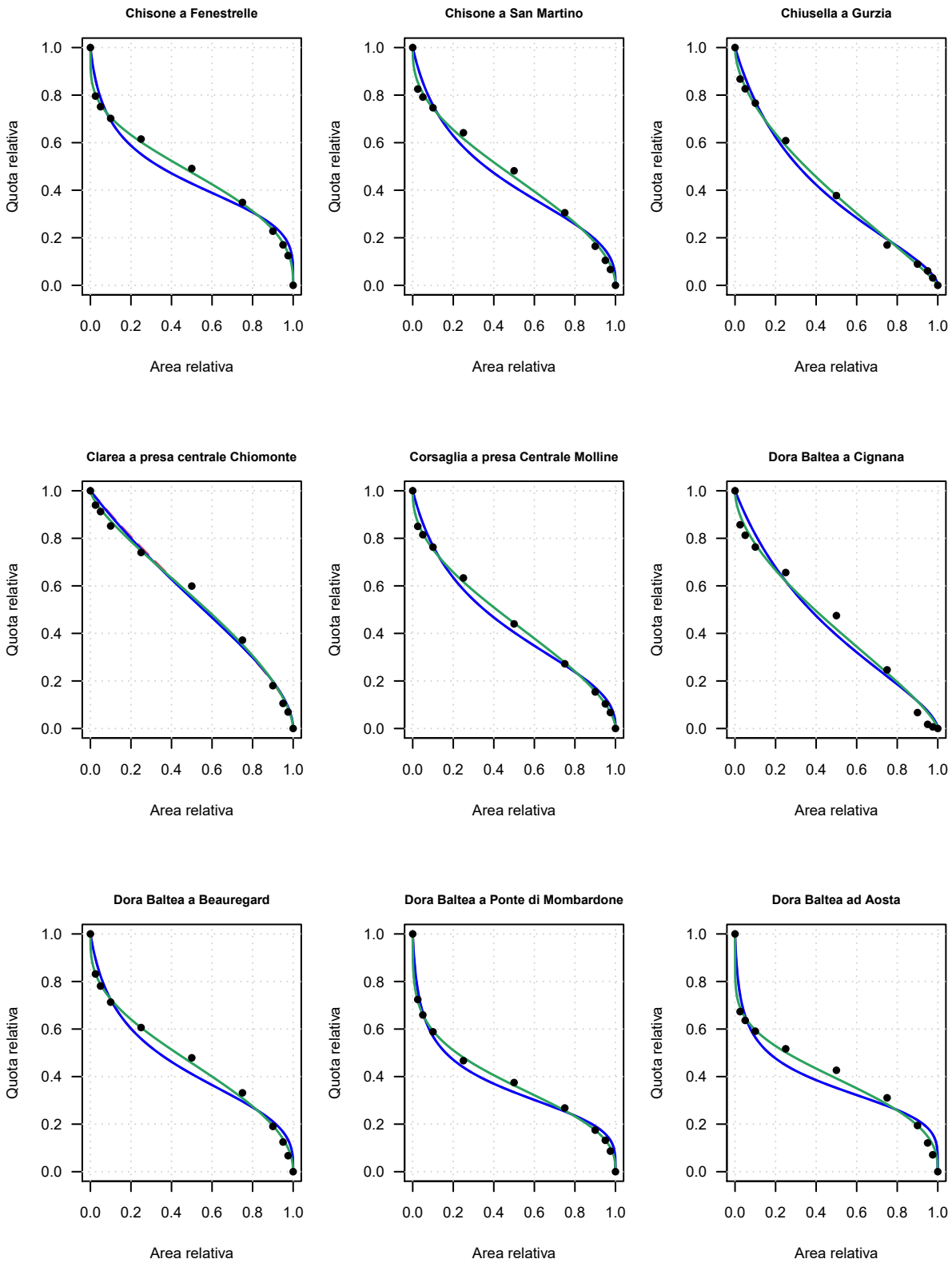

Cannobino a Traffiume
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

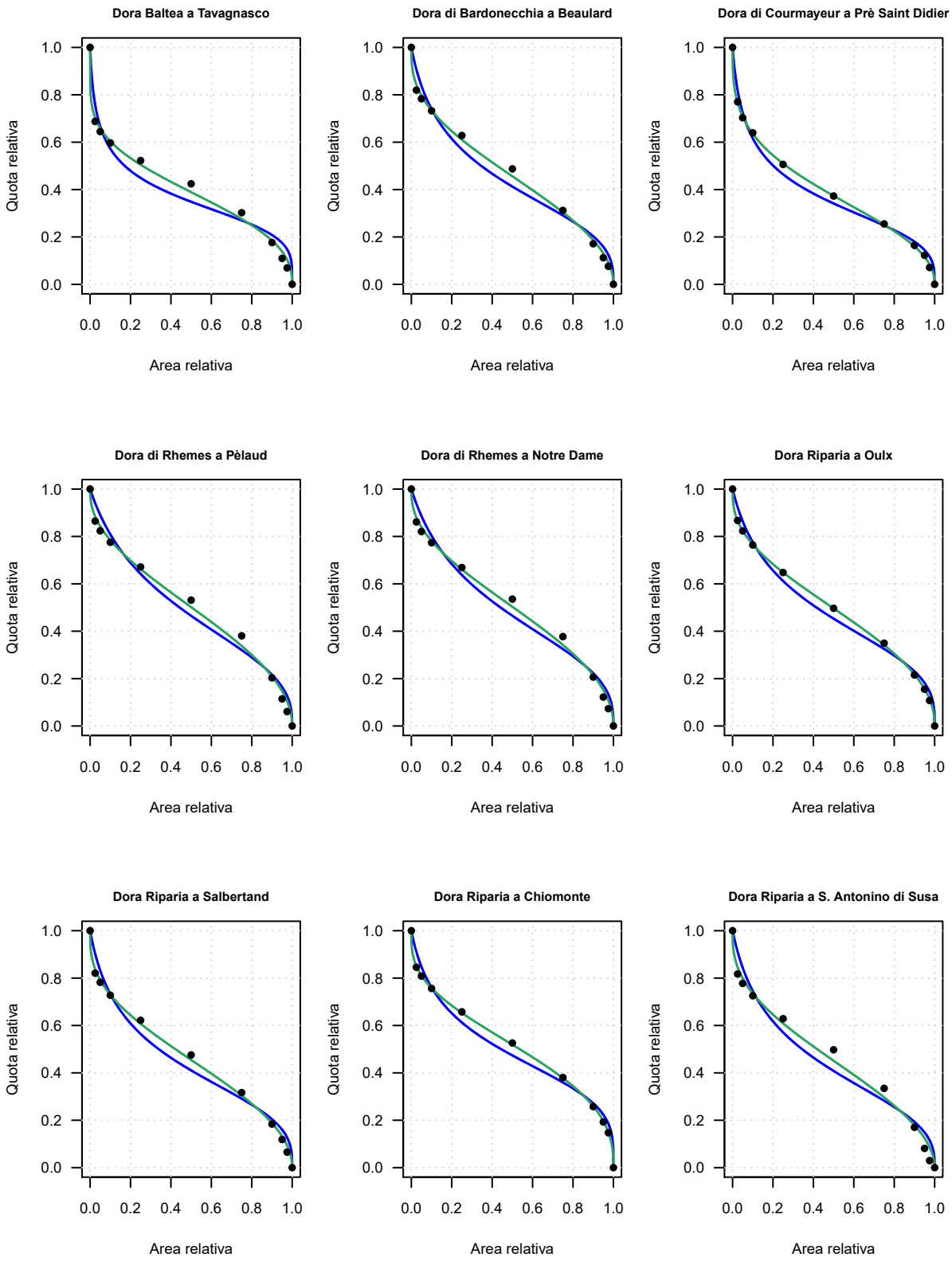

Cervo a Passobreve
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

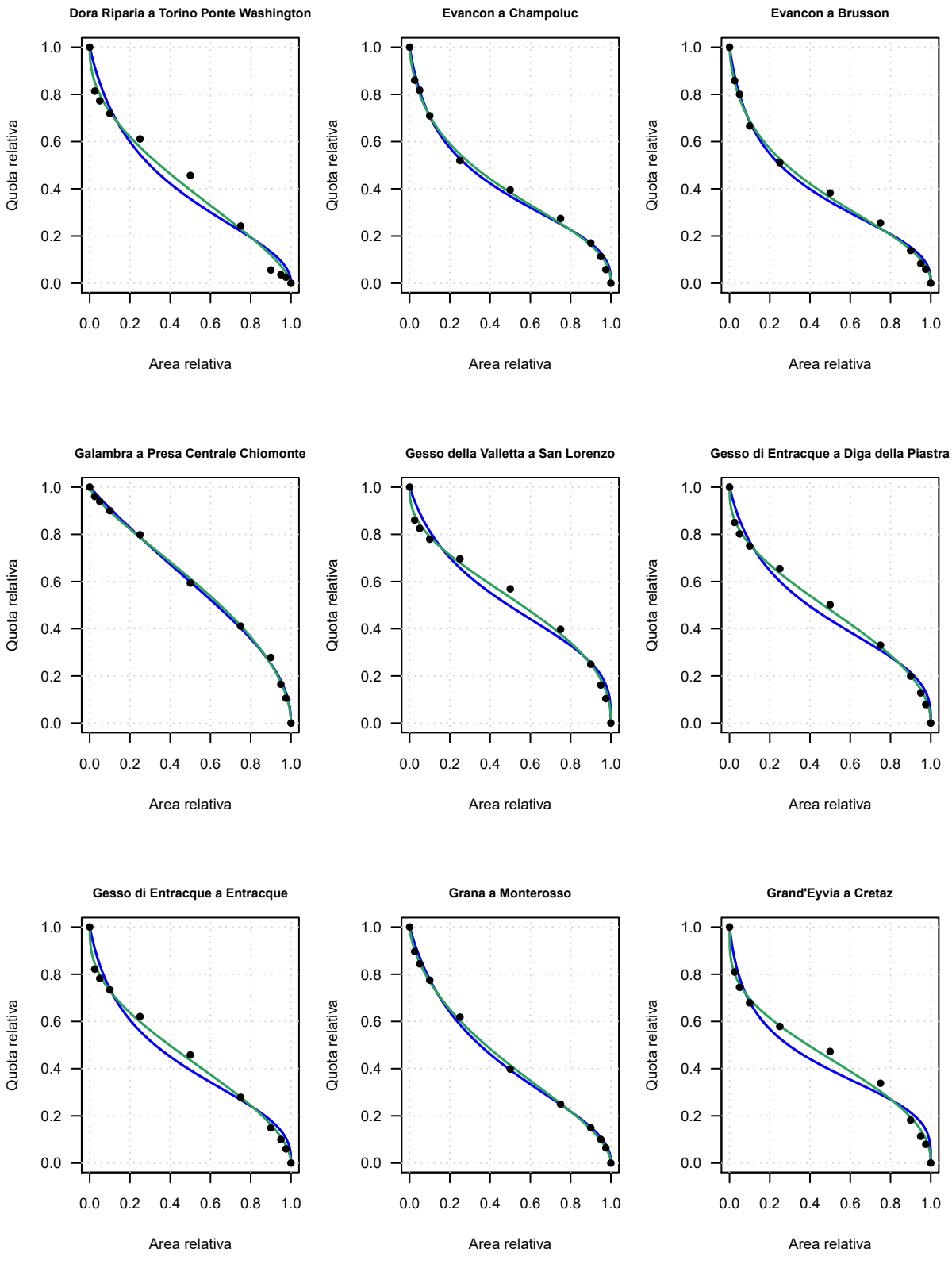

Cervo a Vigliano Biellese
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

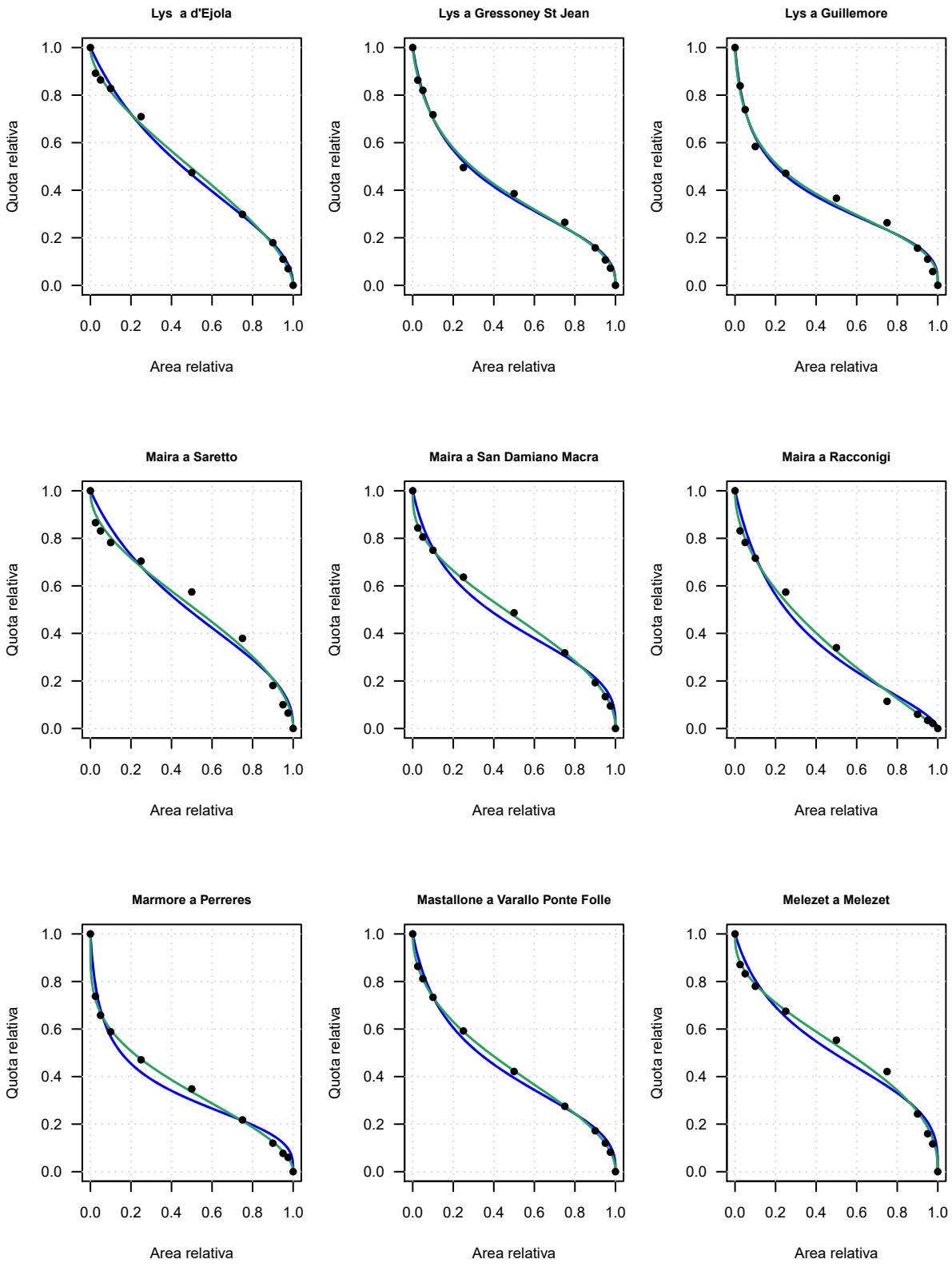

Chiavanne a Alpette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

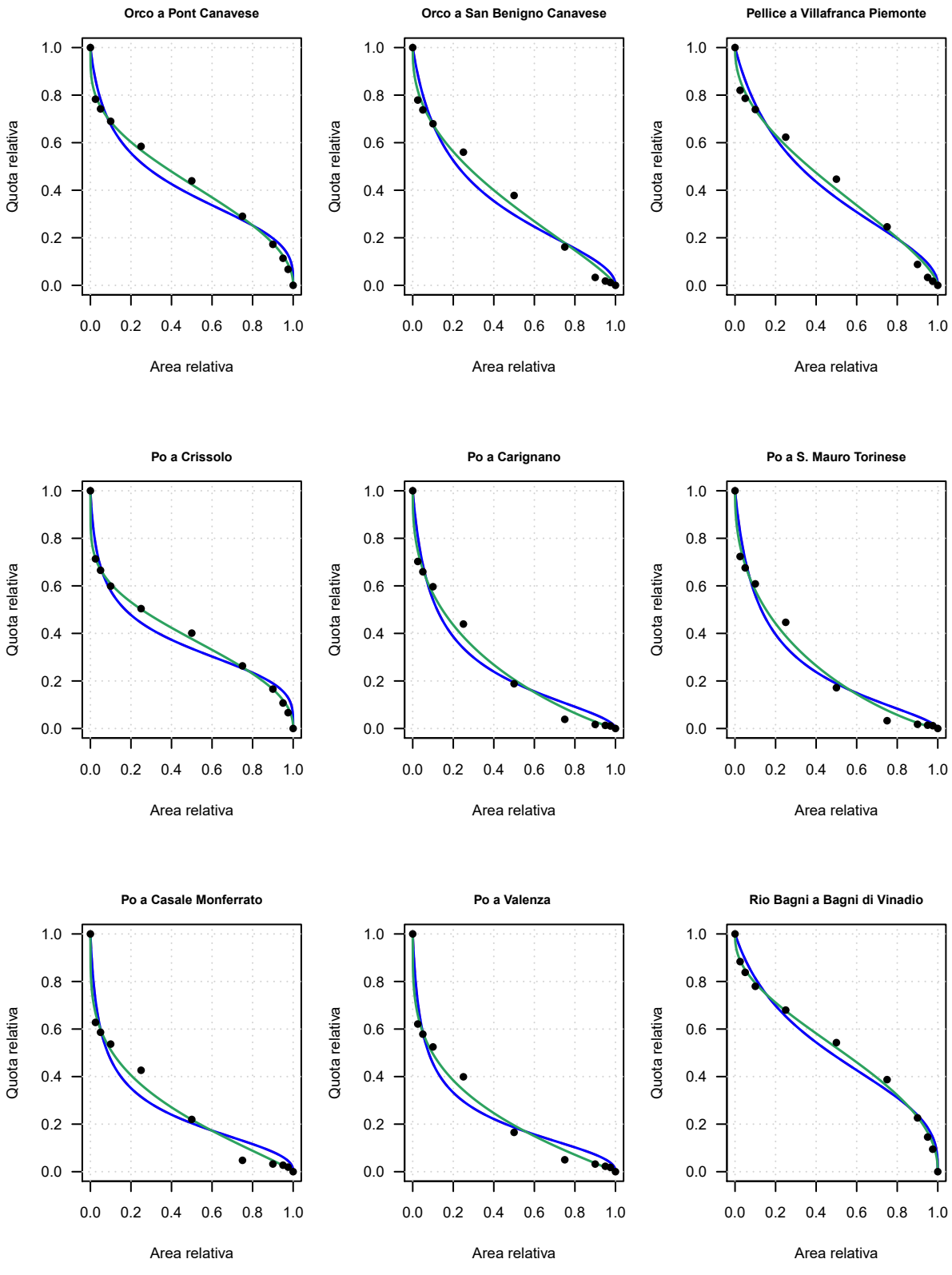

Chisone a Soucheres Basses
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

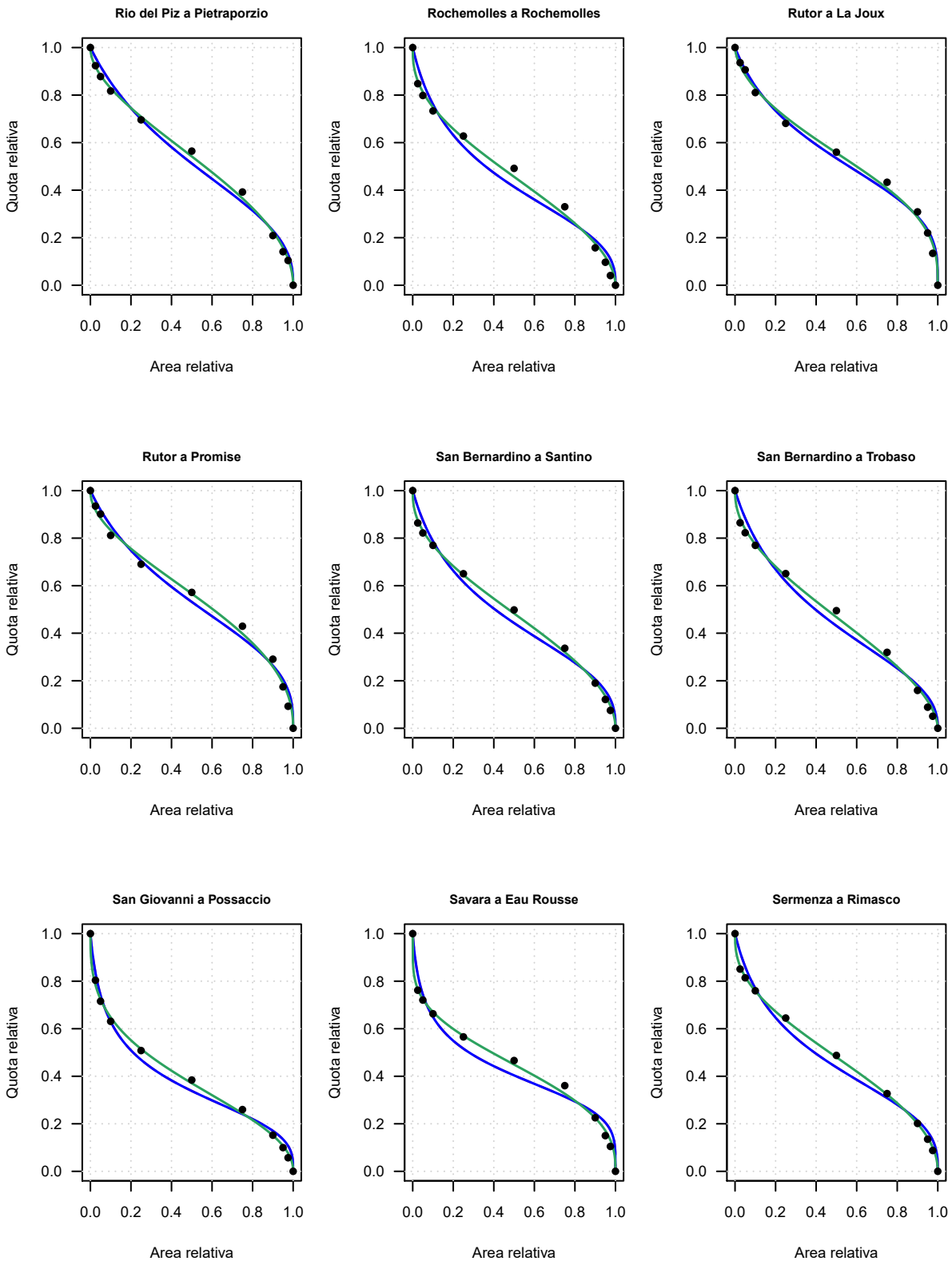

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

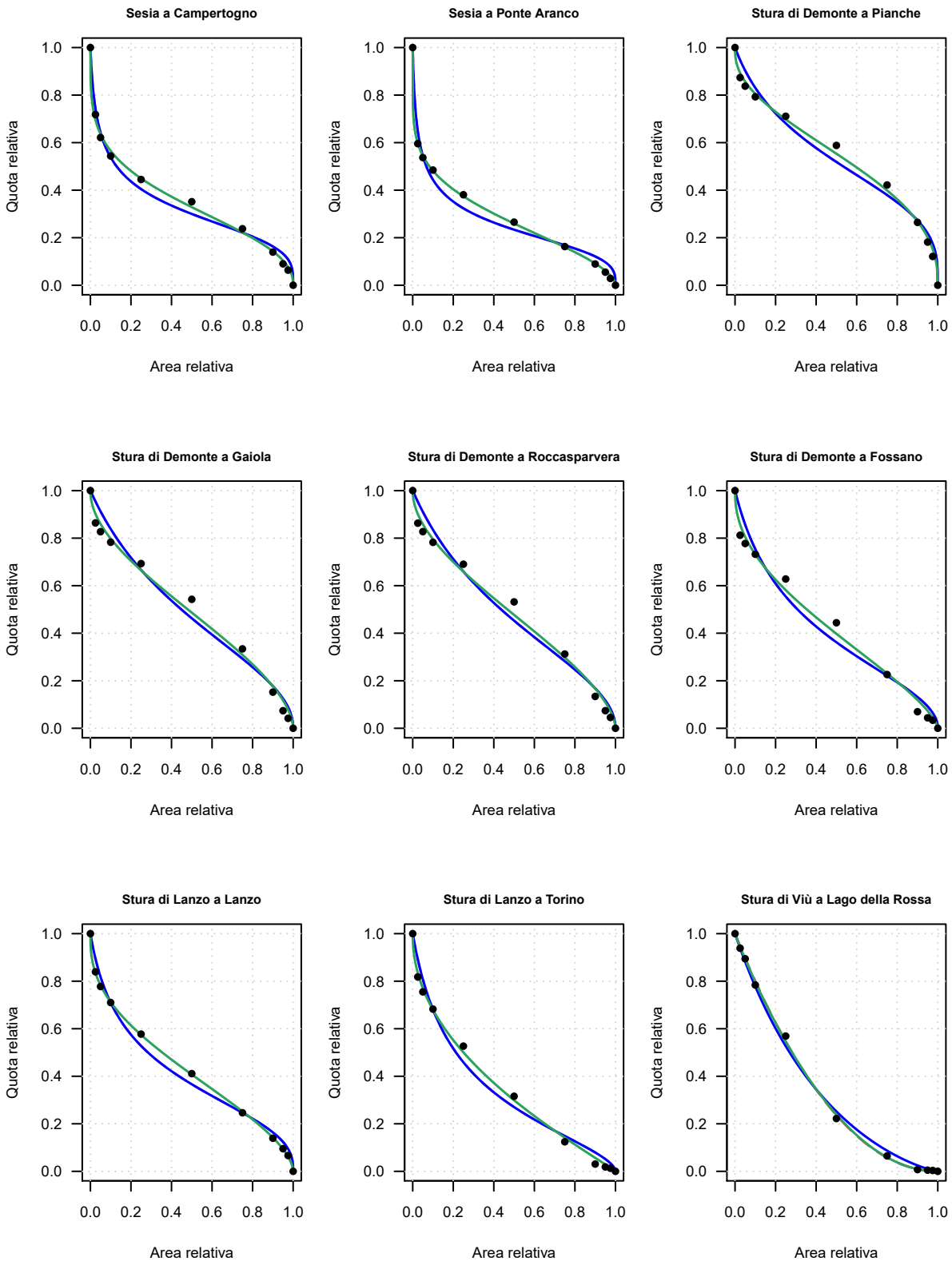

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

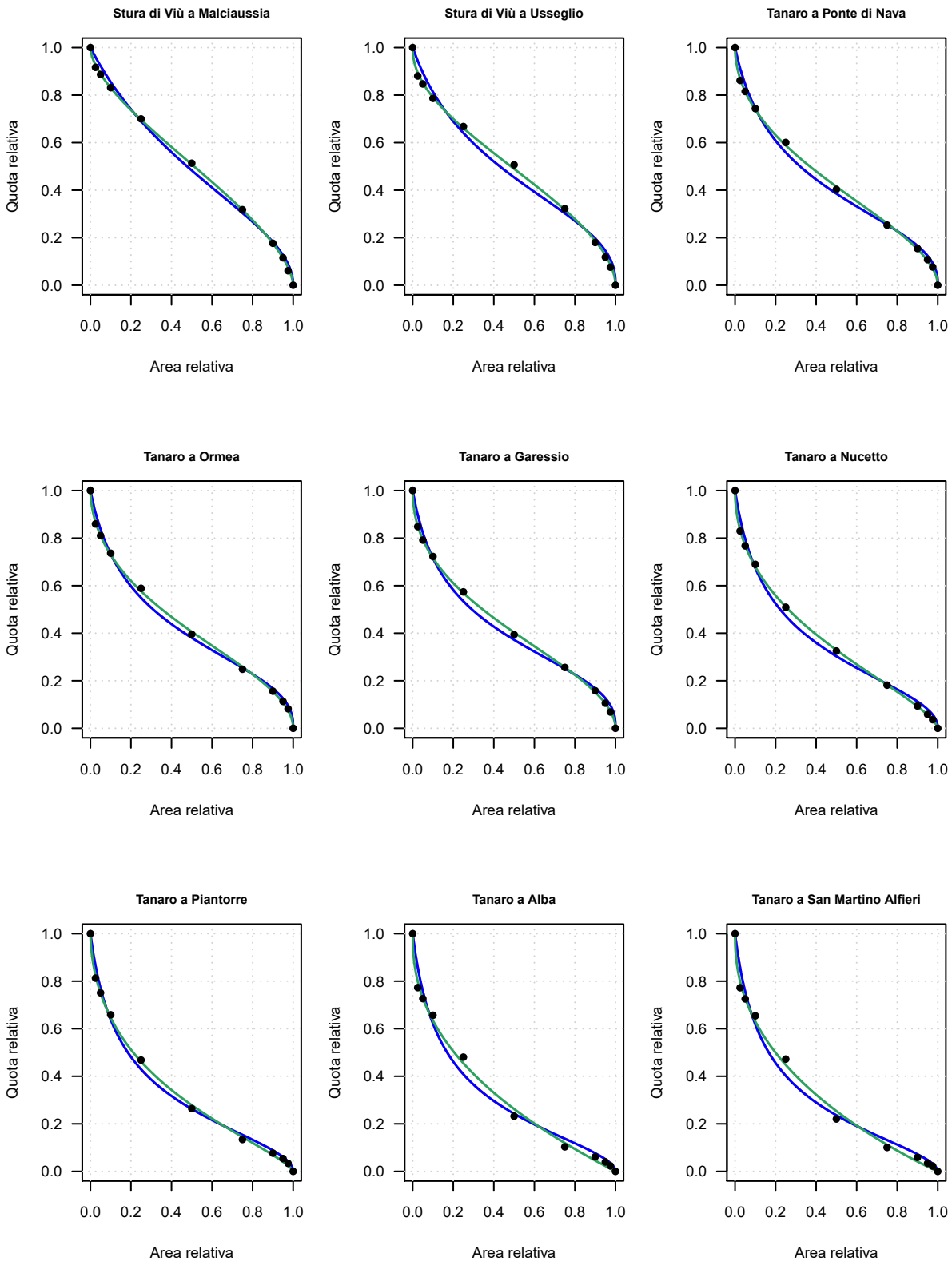

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

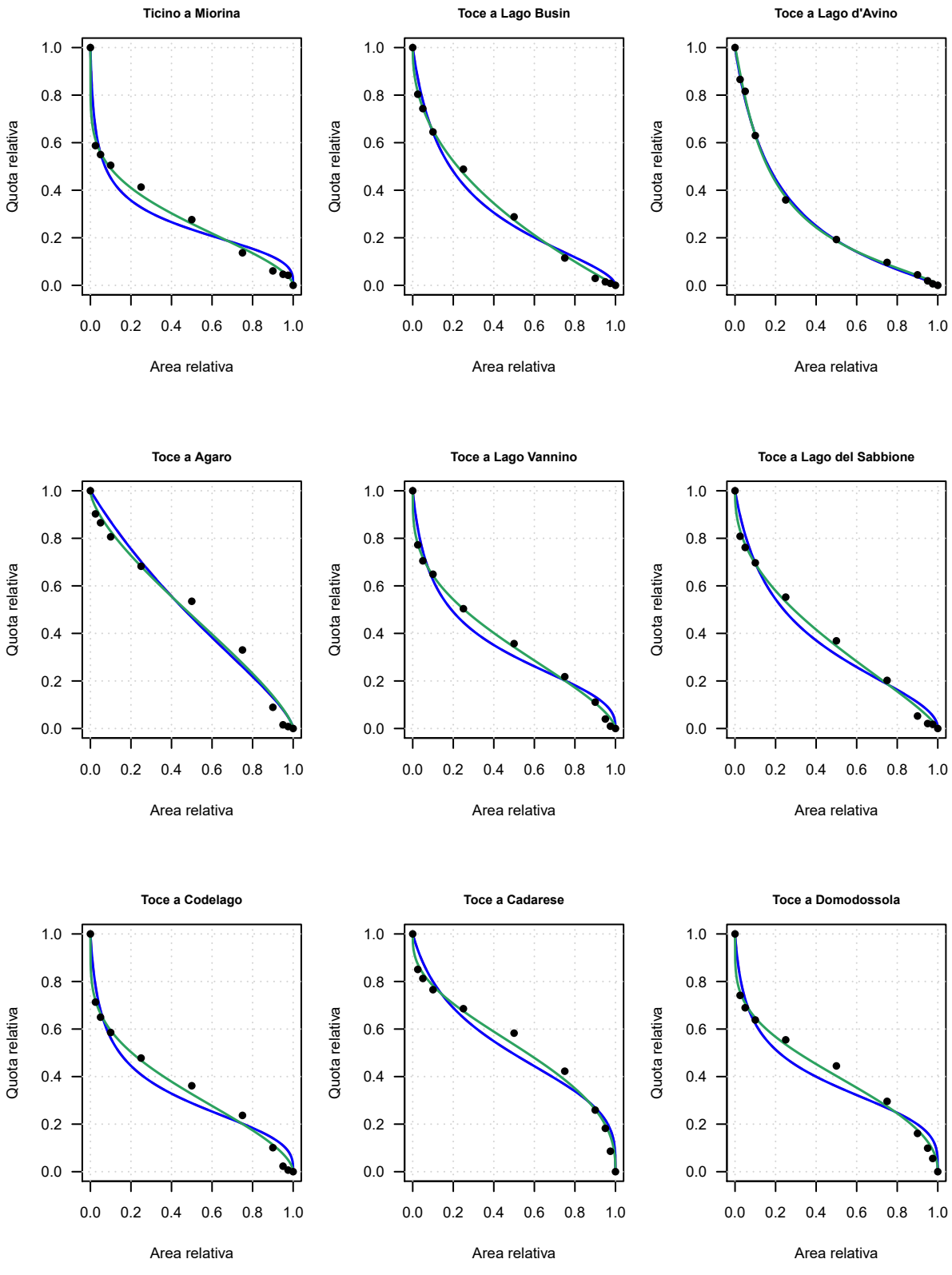

Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

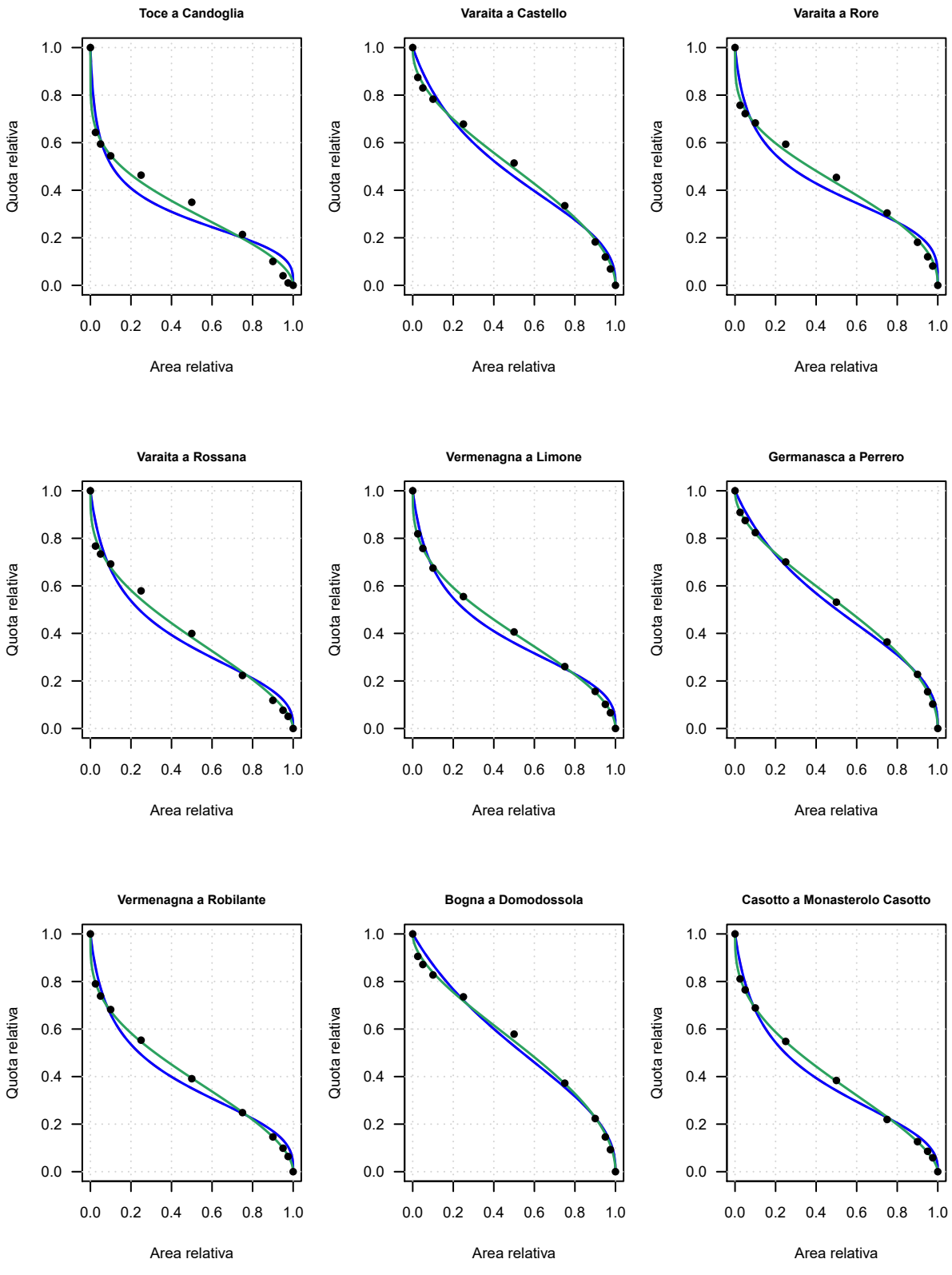

Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

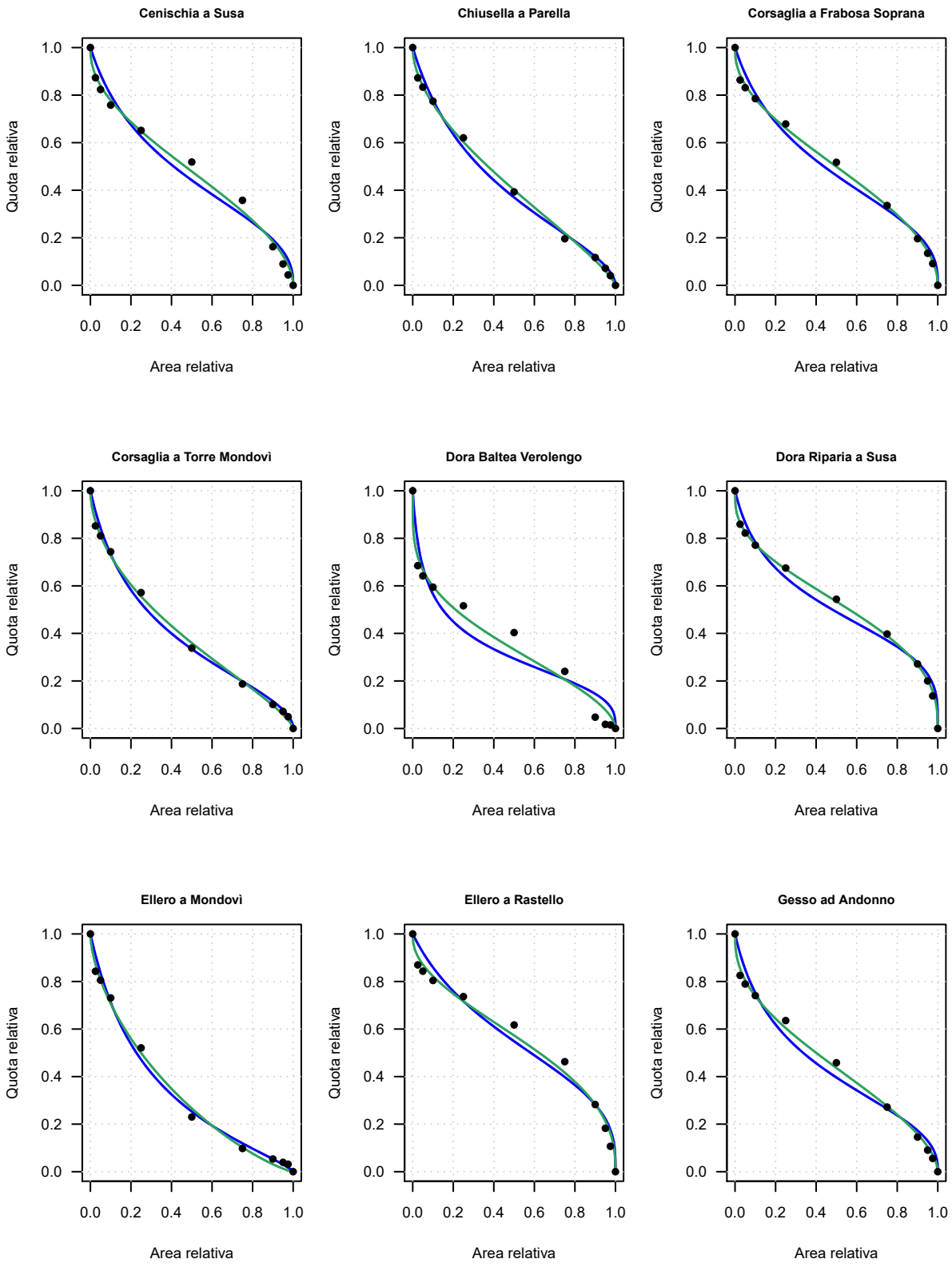

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

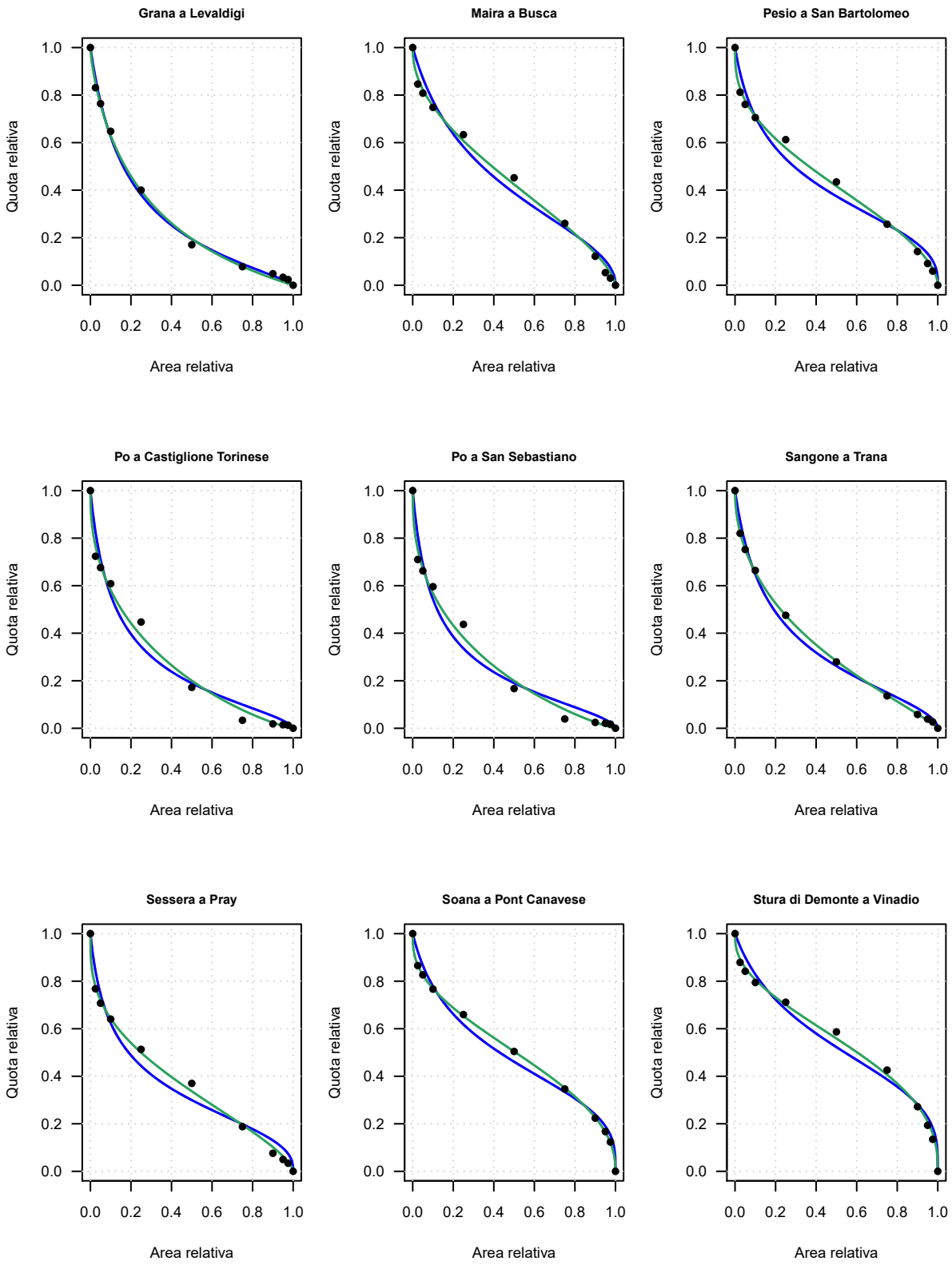

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

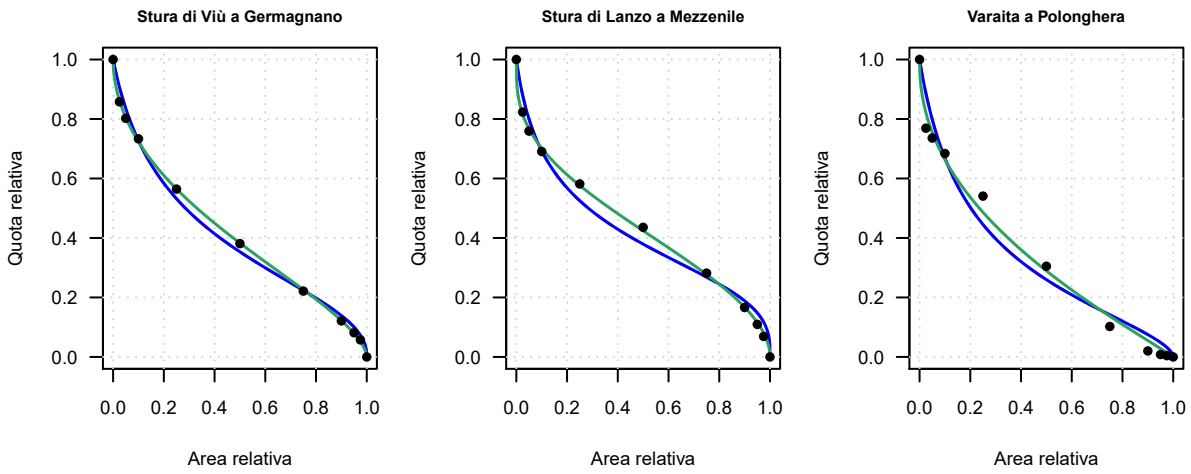

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

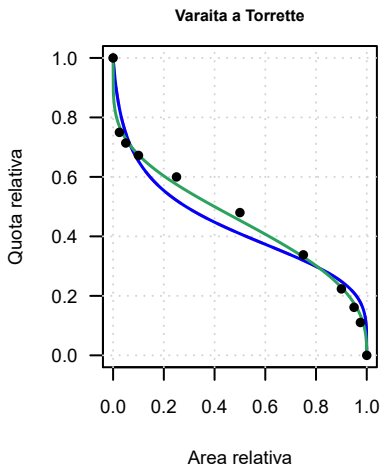

Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Stura di Viù a Germagnano
Stura di Lanzo a Mezzenile
Varaita a Polonghera
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


Varaita a Torrette
Quota relativa
Area relativa
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

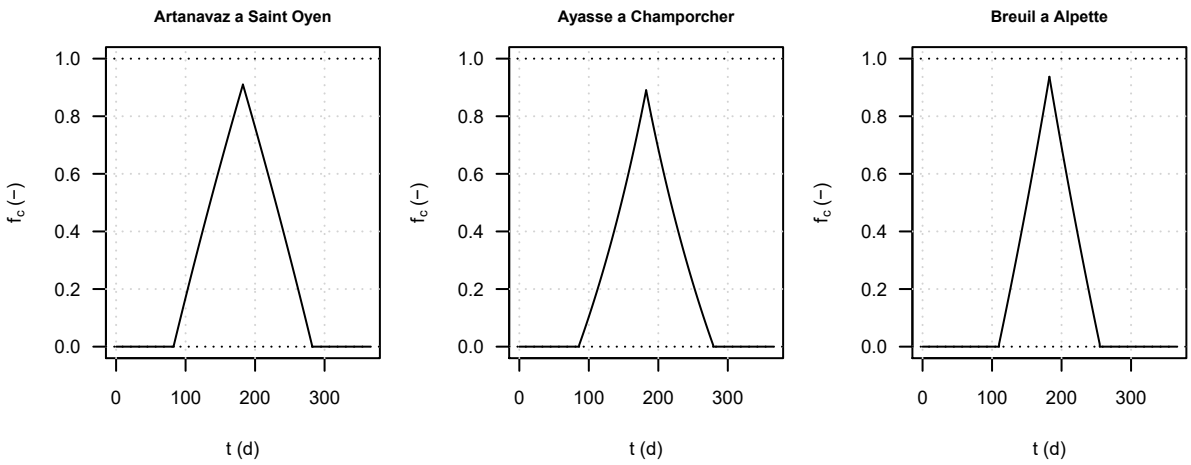
ALLEGATO E – Fattore contribuente

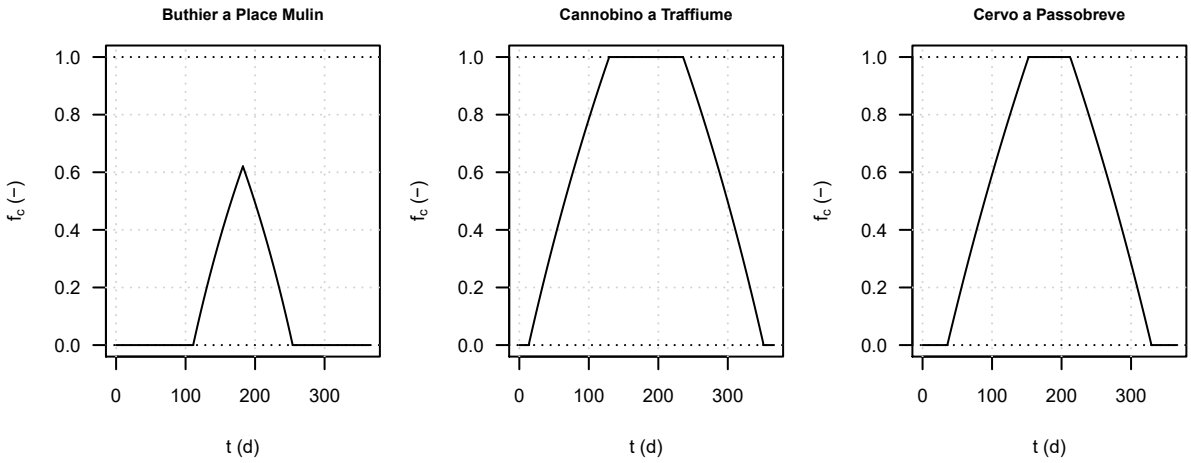
In questa sezione si riportano i risultati grafici dell'andamento del fattore contribuente f_c durante l'anno solare. In particolare, l'allegato è distinto in tre sottosezioni, a seconda della funzione di modellazione della curva ipsometrica adottata:

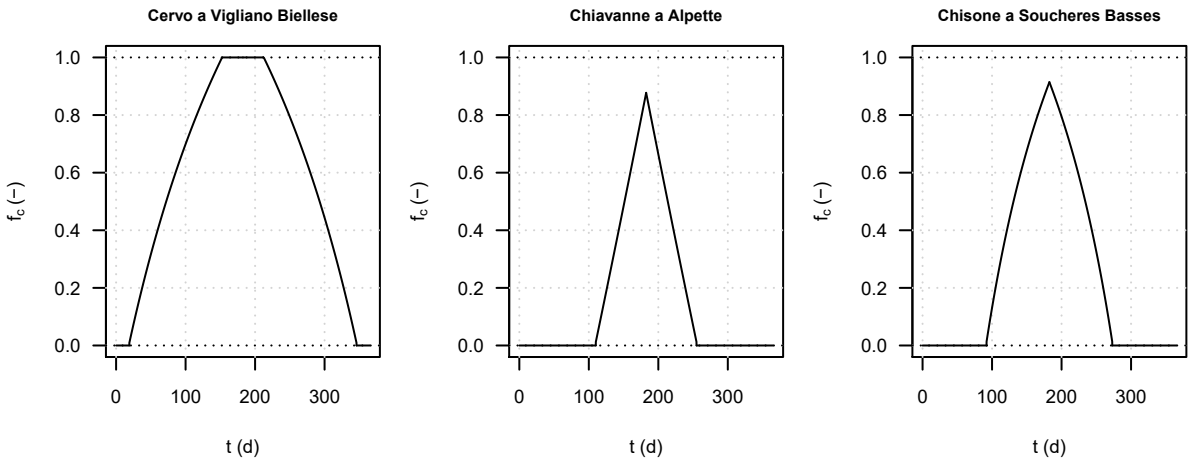
- Modellazione semplificata ad un parametro
- Modellazione con funzione di Strahler
- Confronto dei risultati

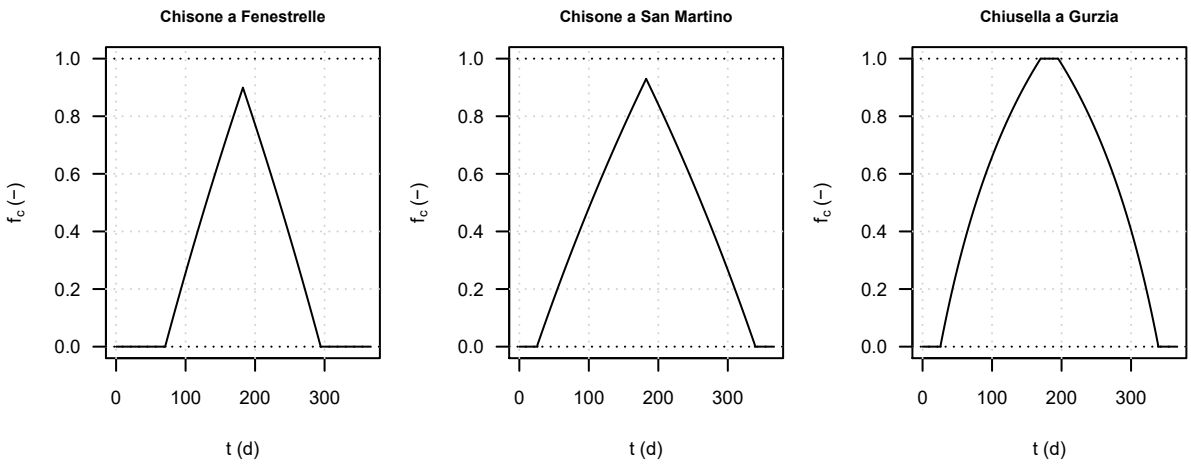
ALLEGATO E.1 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro

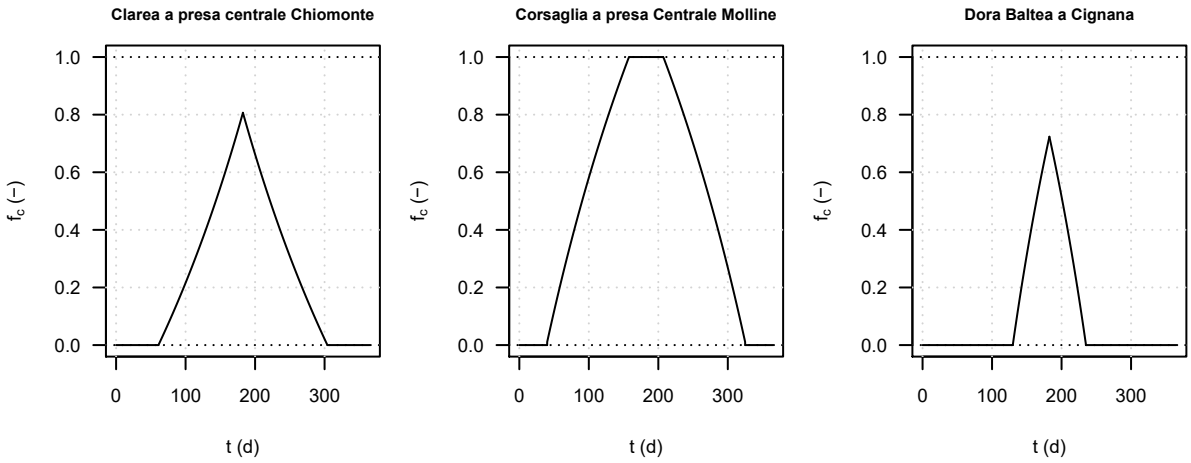
Di seguito si riportano le rappresentazioni dell'andamento del fattore contribuente f_c a seguito della modellazione della curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro, per tutti i 121 bacini idrografici oggetto di studio.

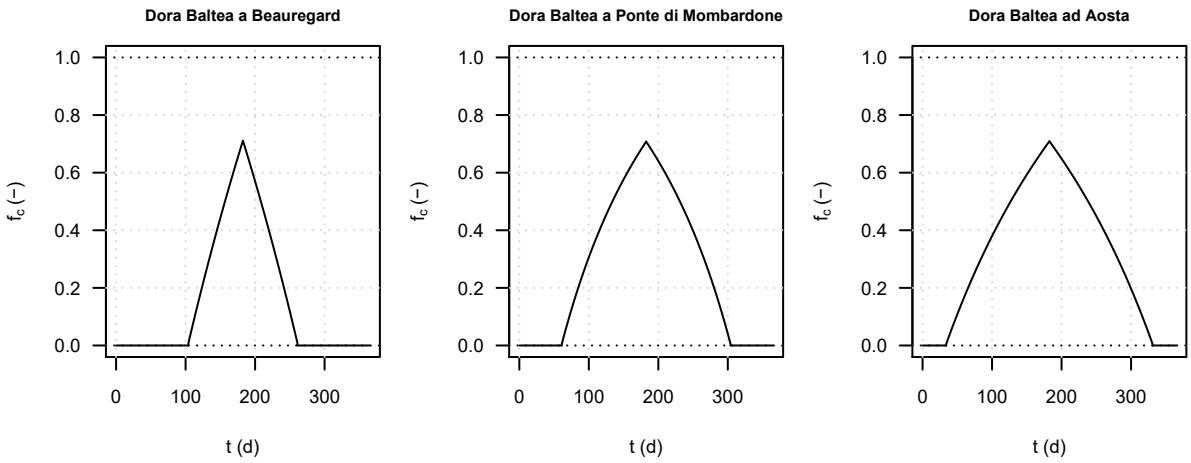

Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

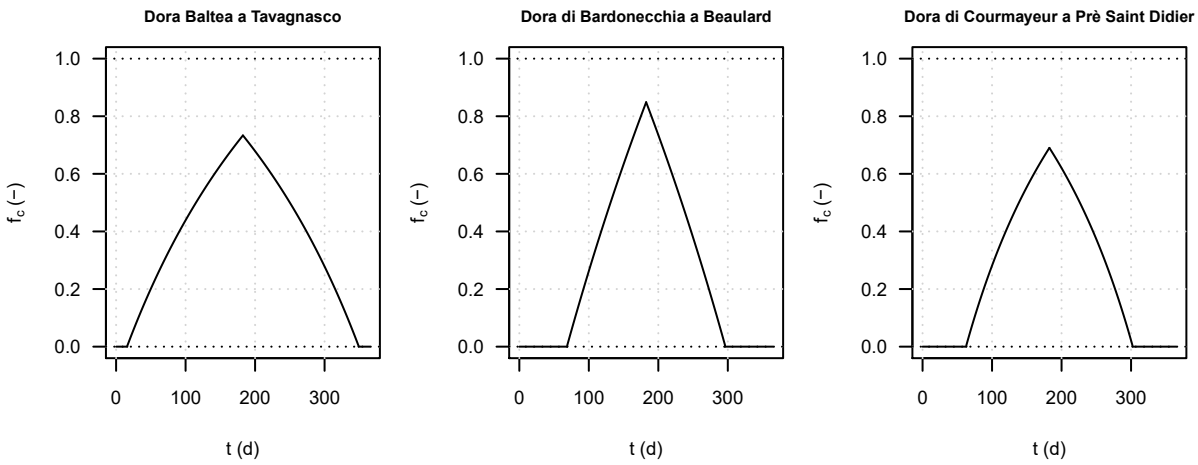

Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

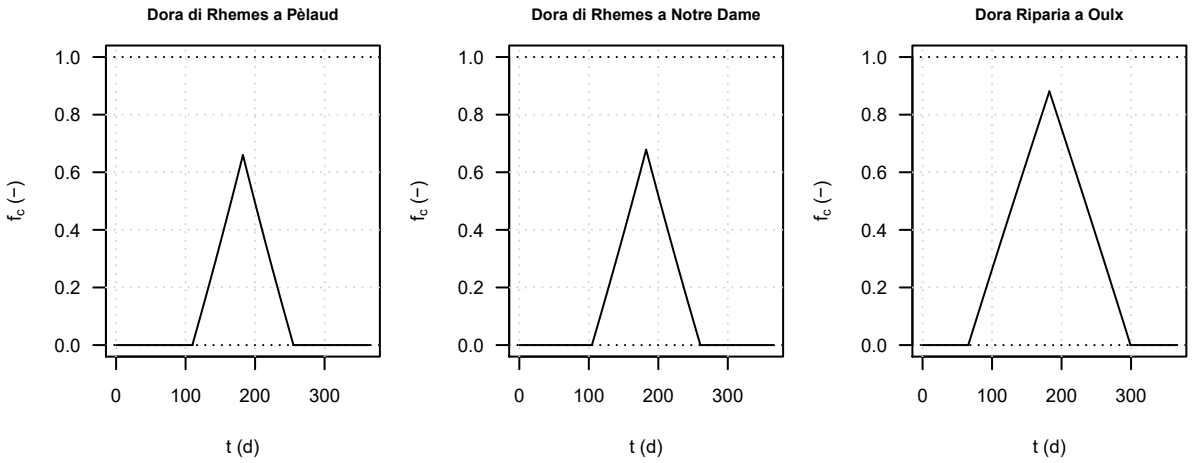

Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

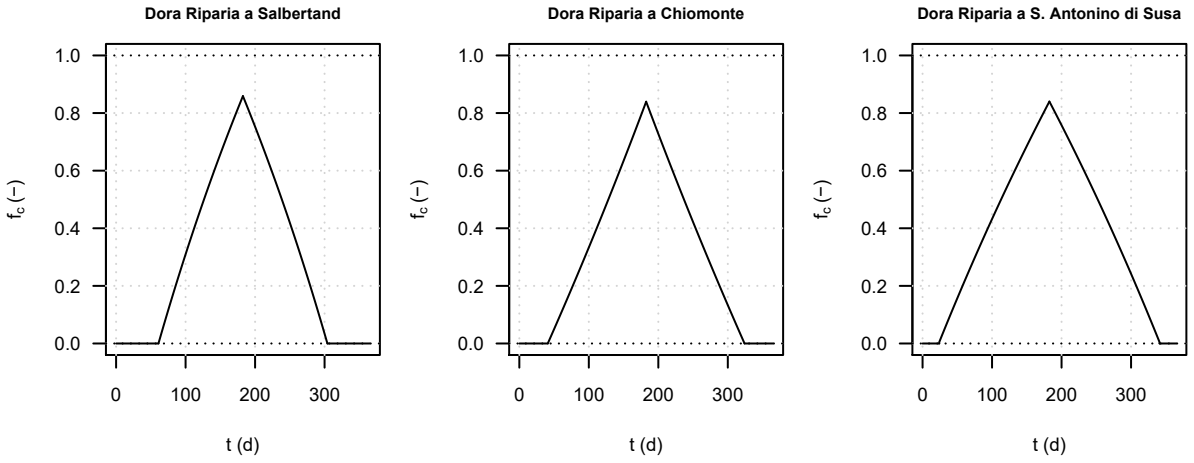

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

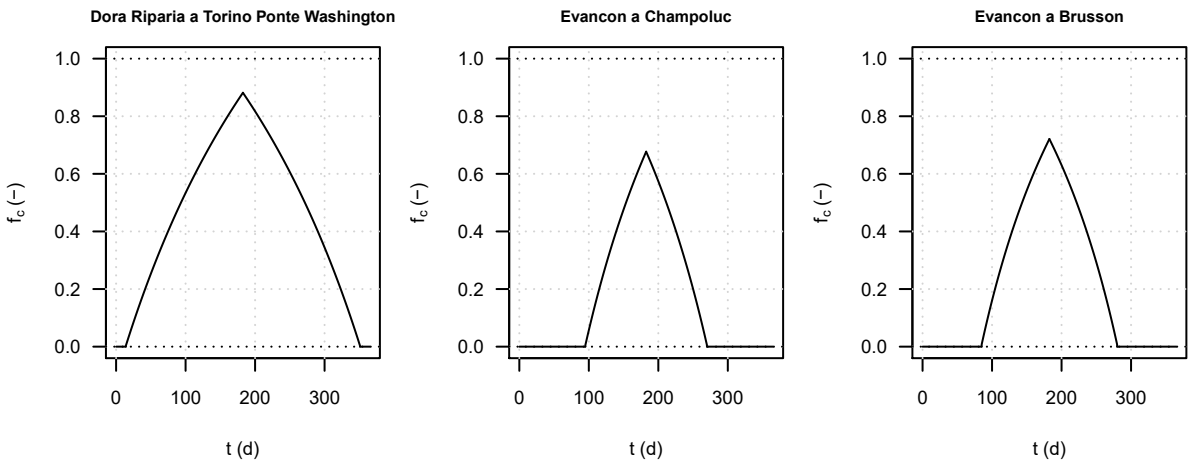

Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

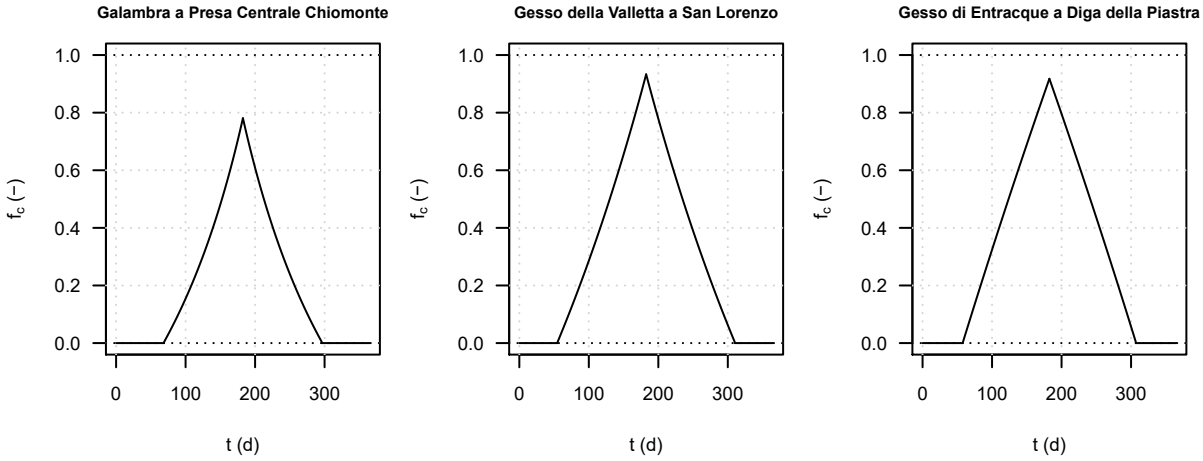

Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

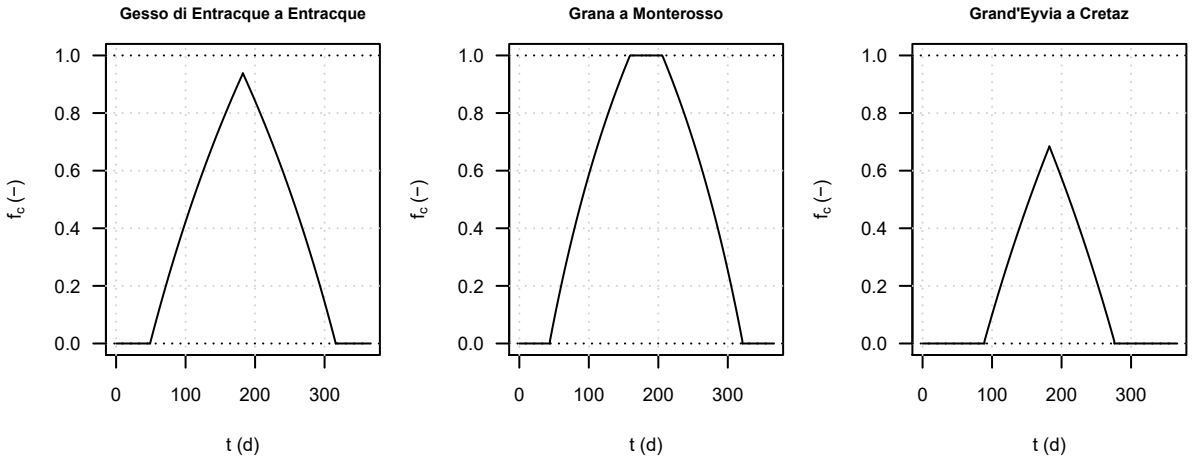

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

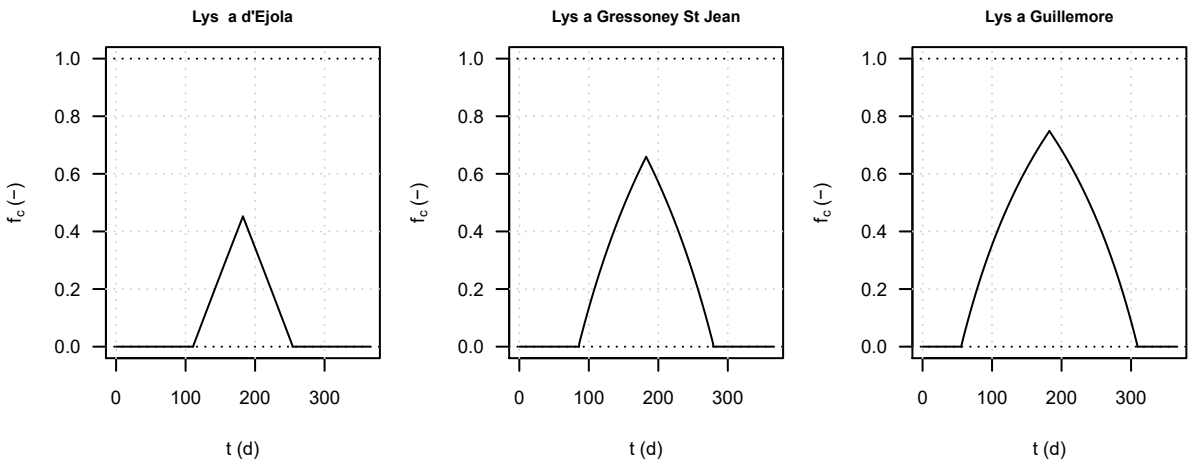

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

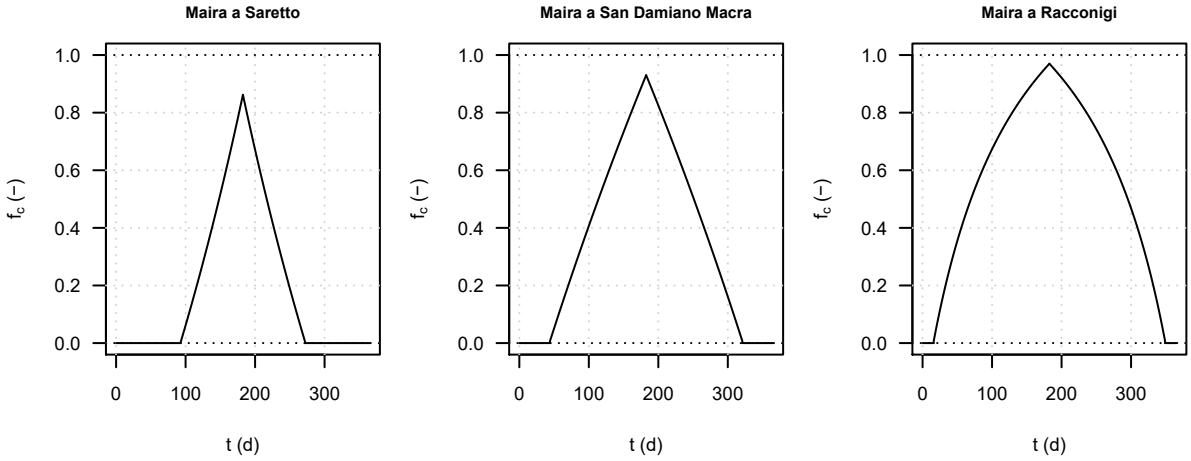

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

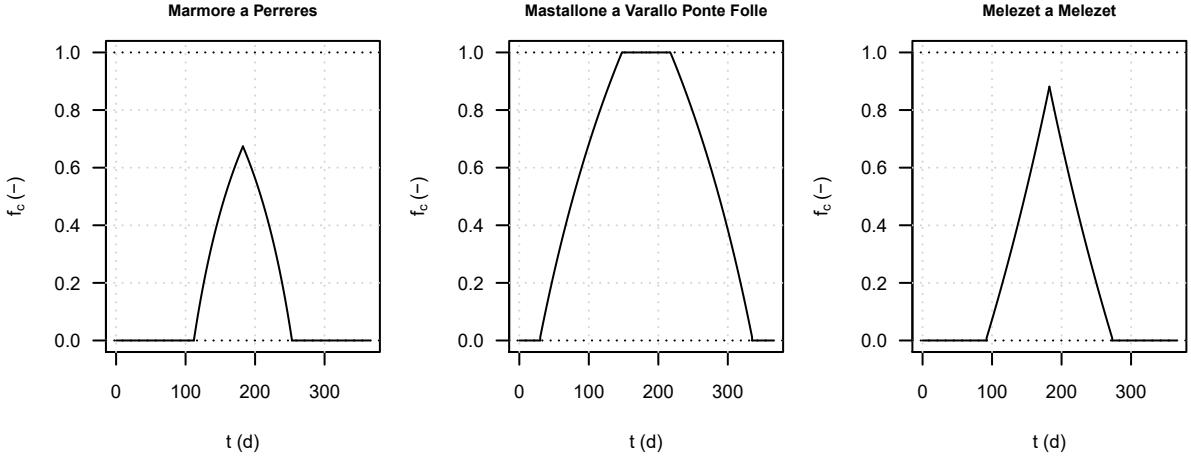

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

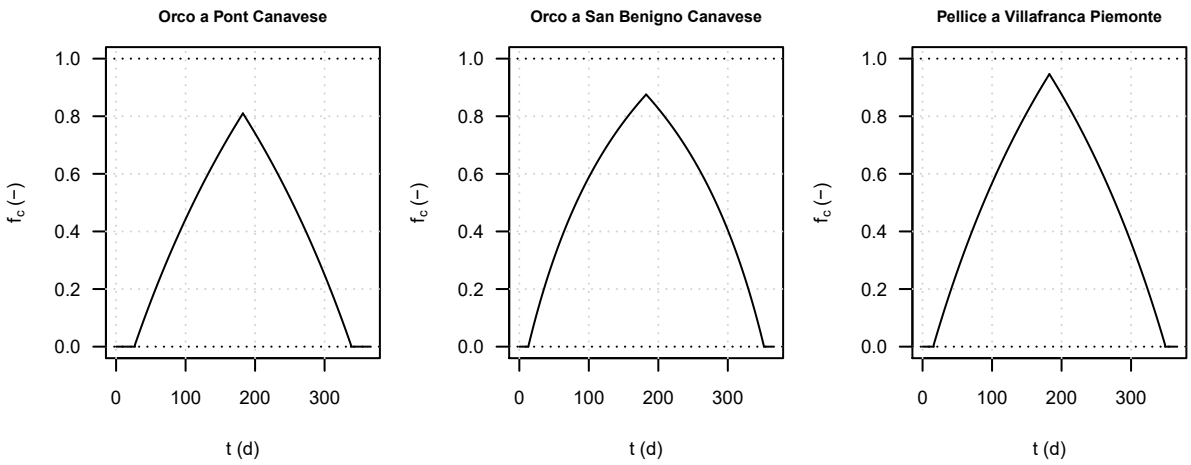

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

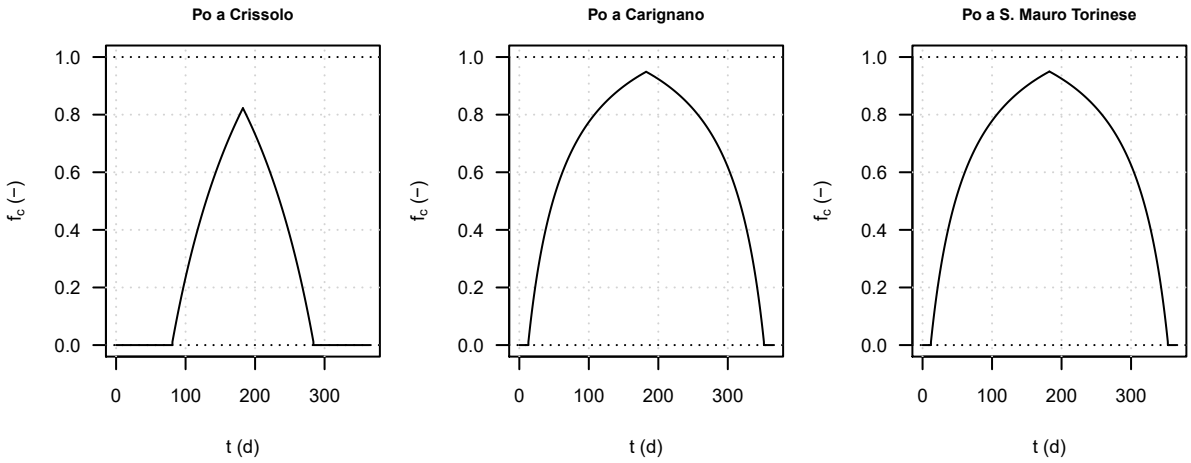

Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

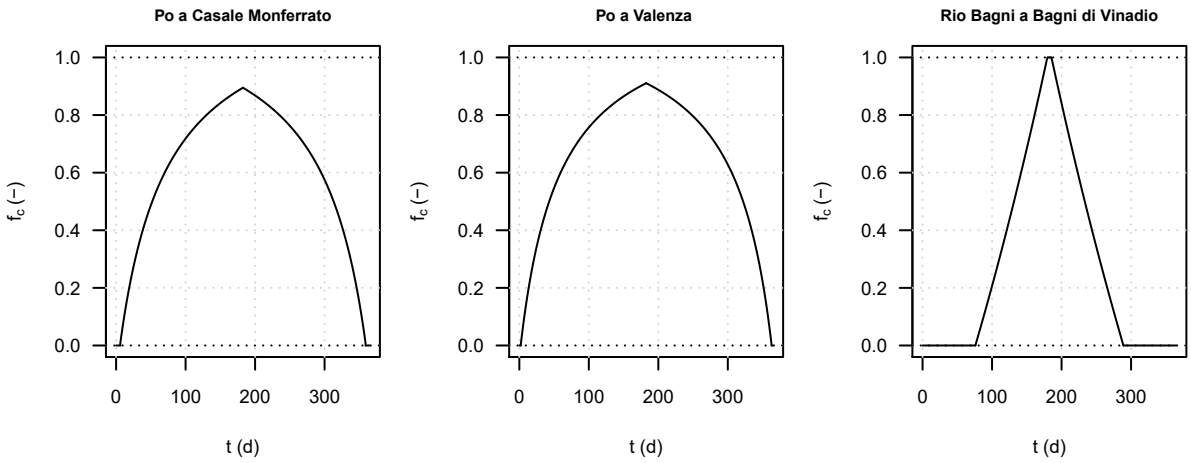

Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

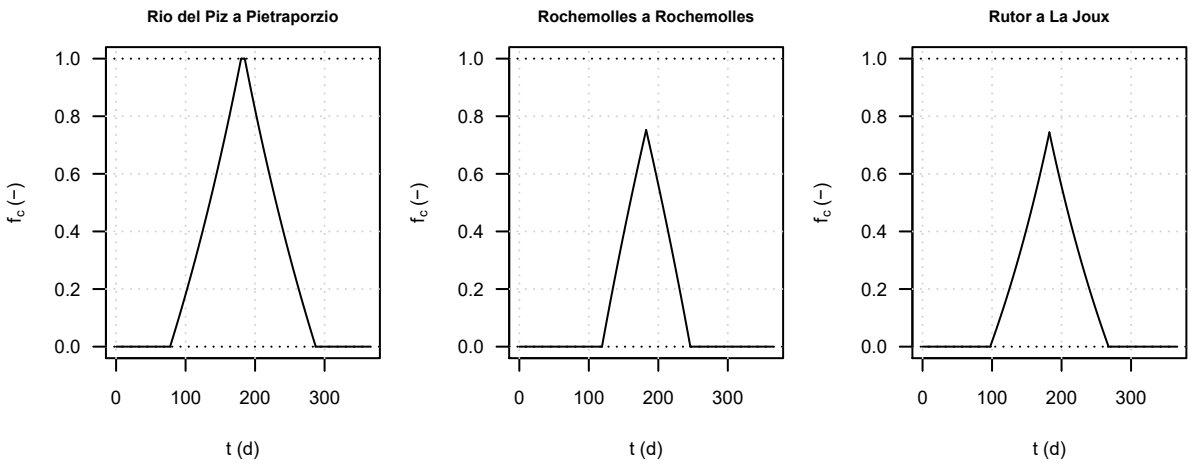

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

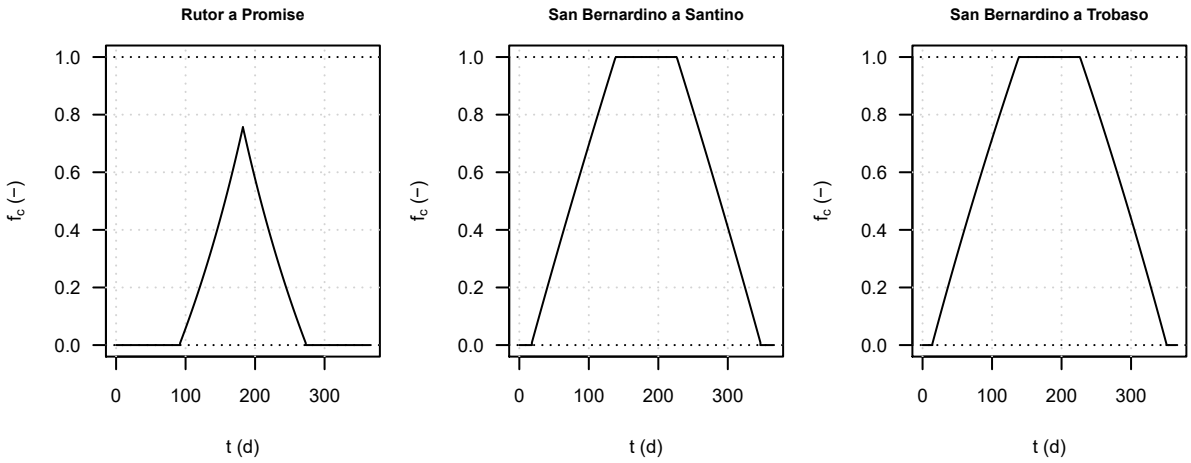

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

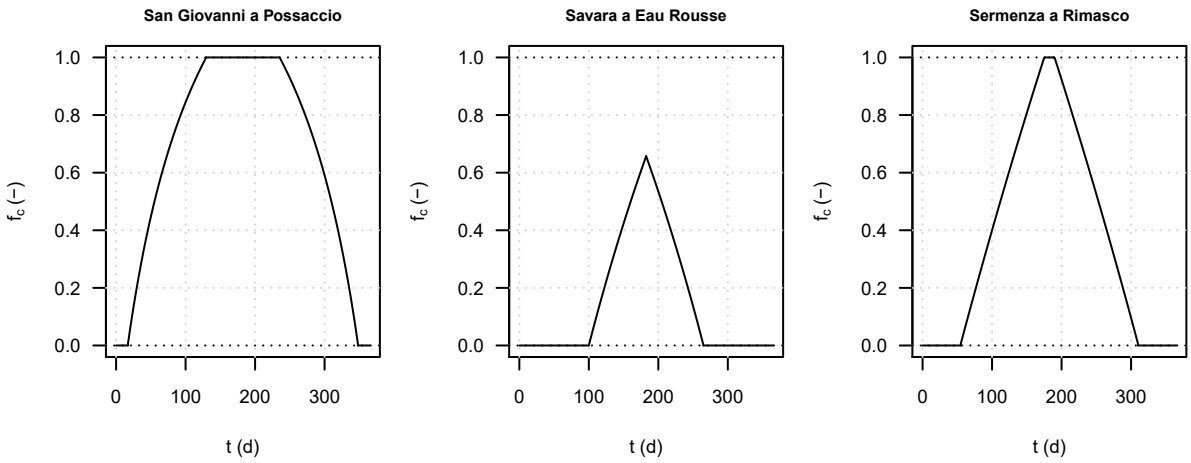

Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

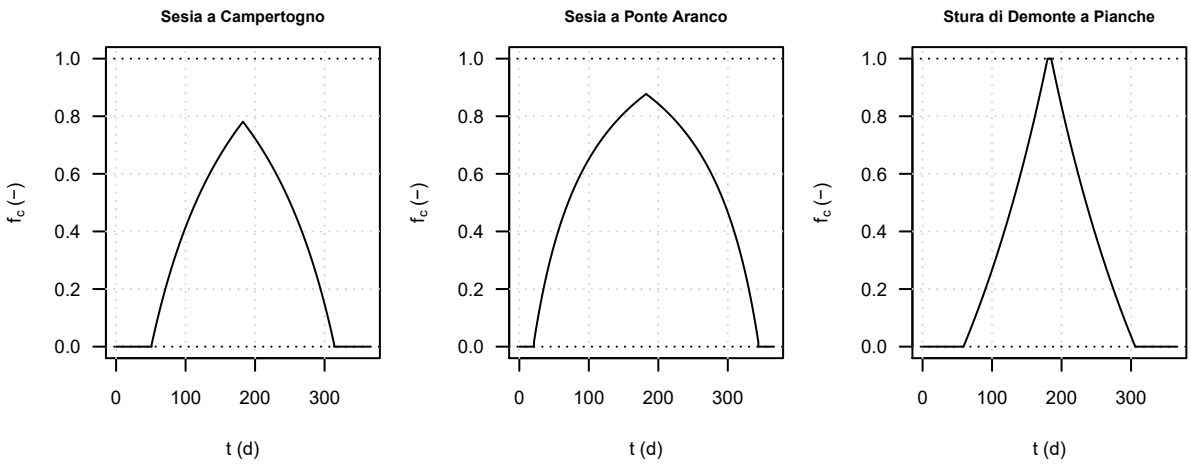

Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

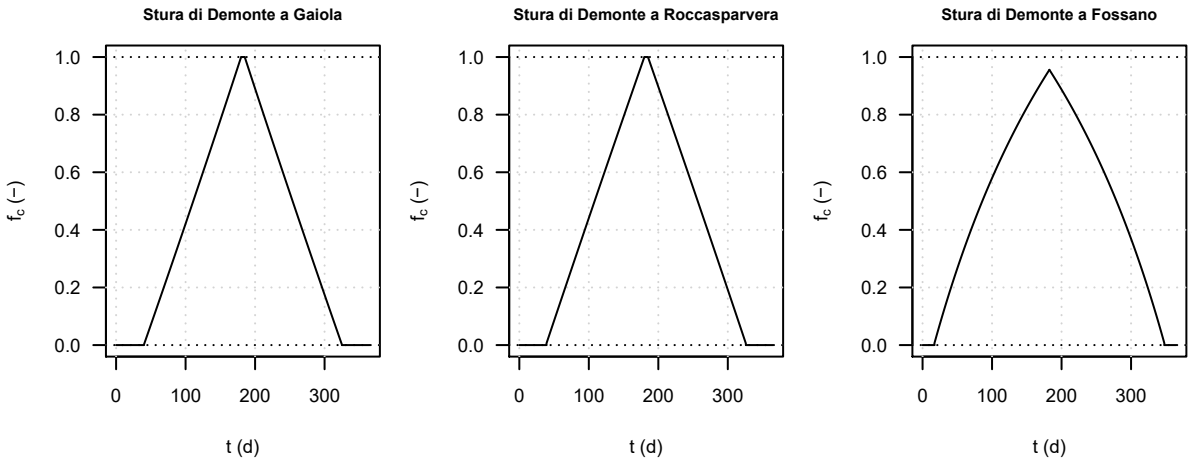

Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

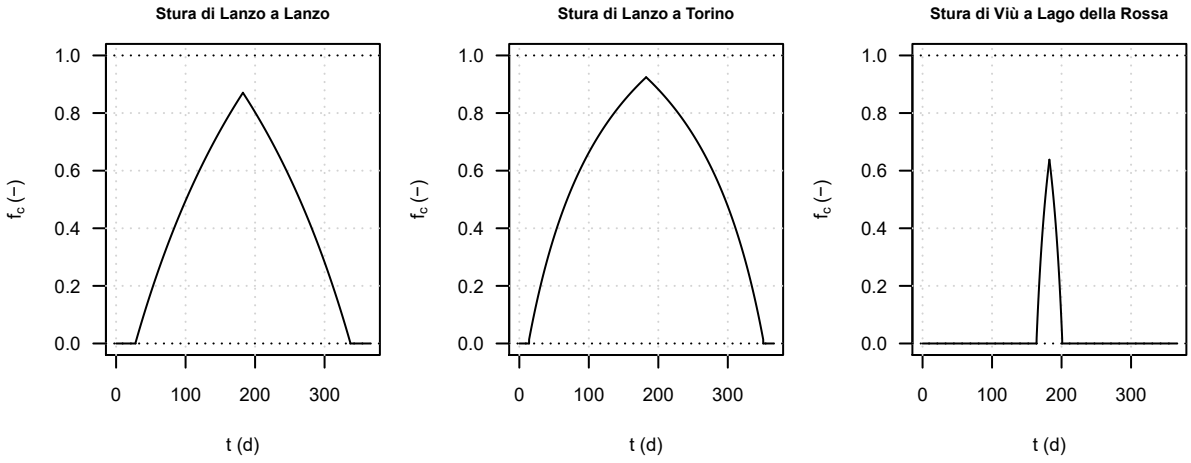

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

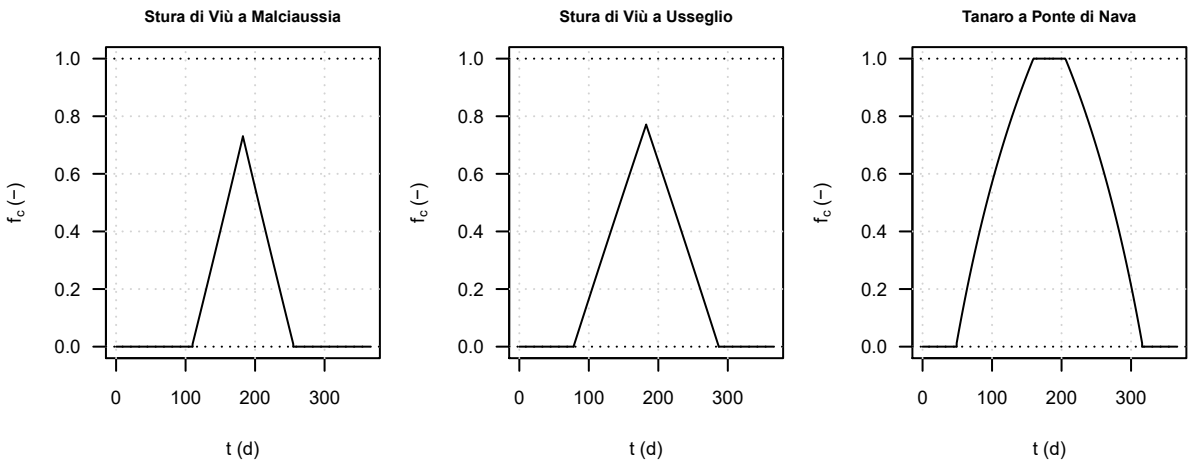

Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

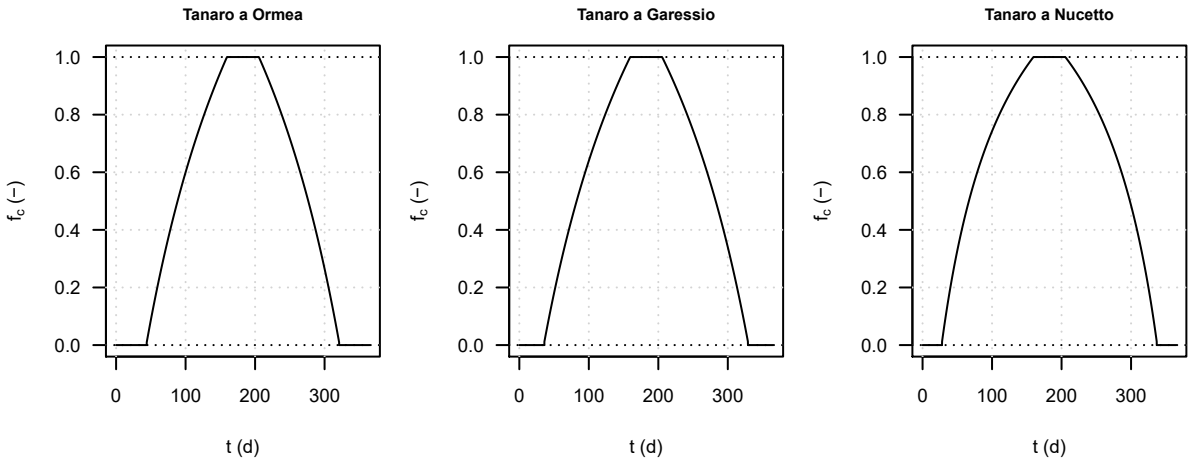

San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

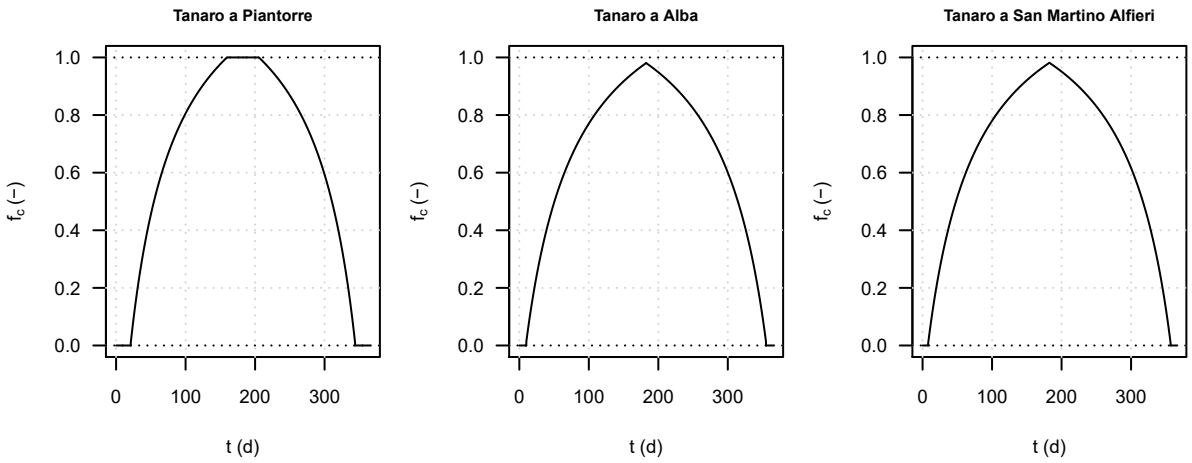

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

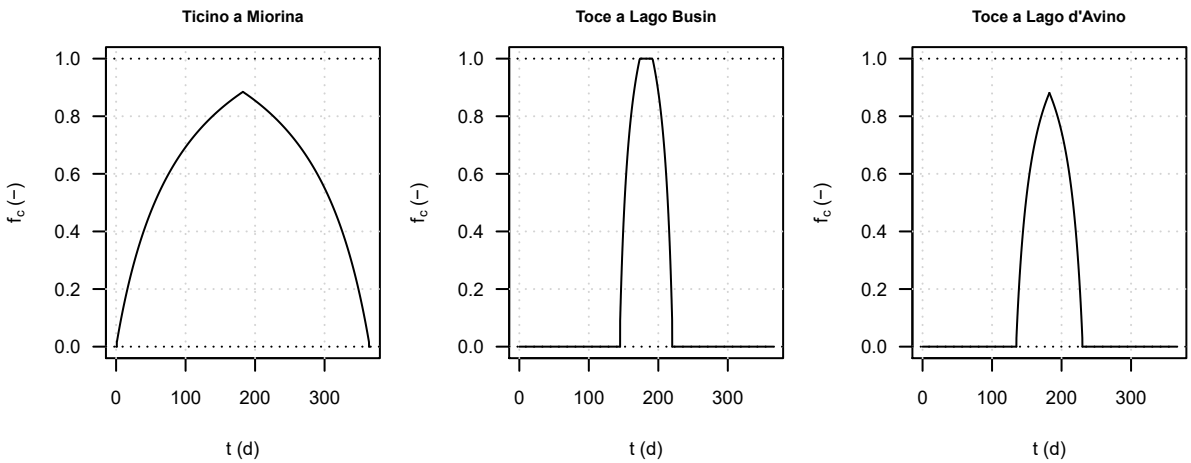

Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

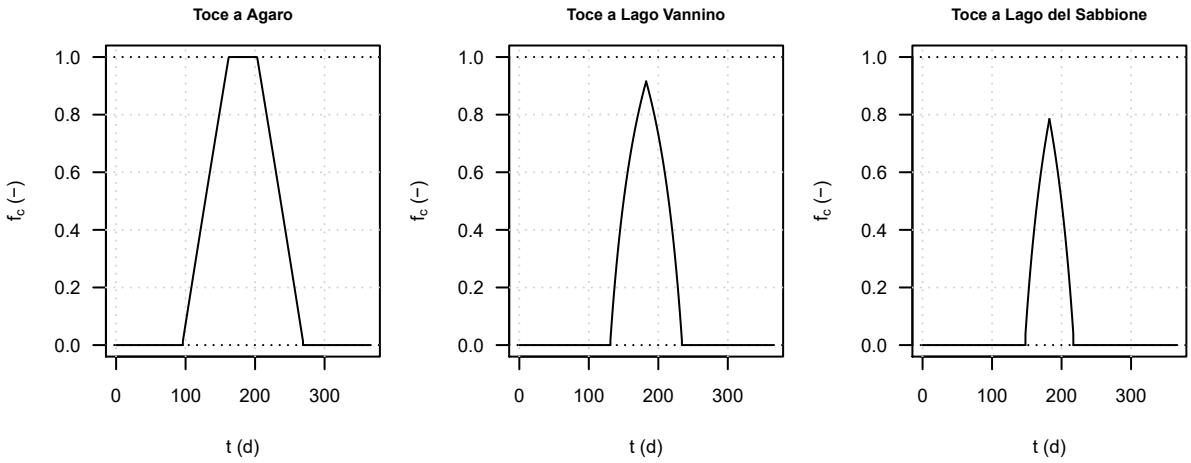

Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

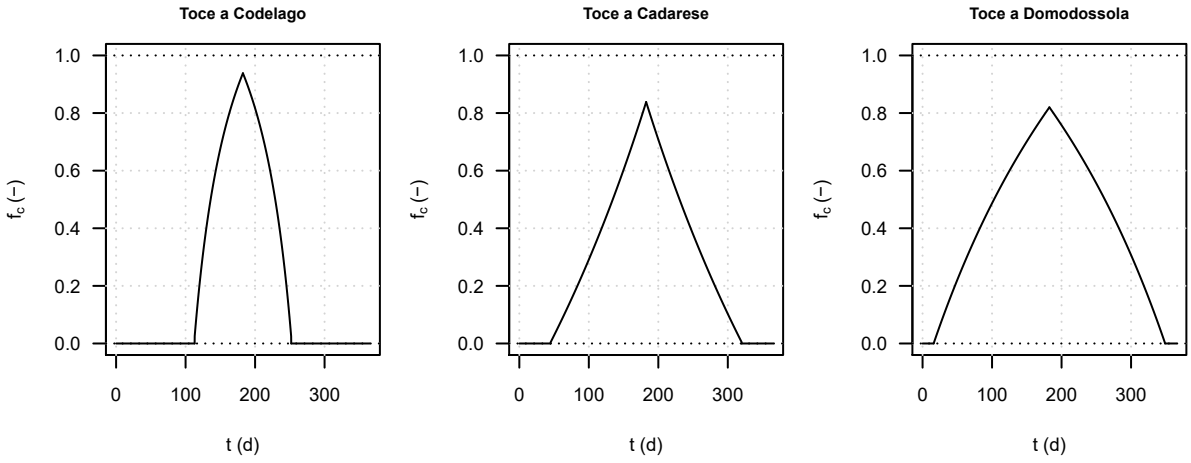

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

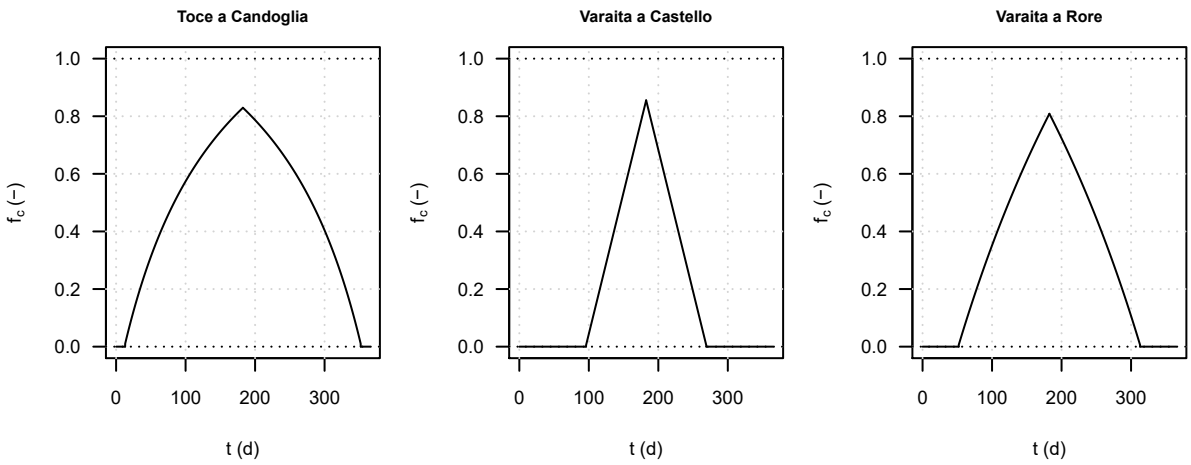

Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

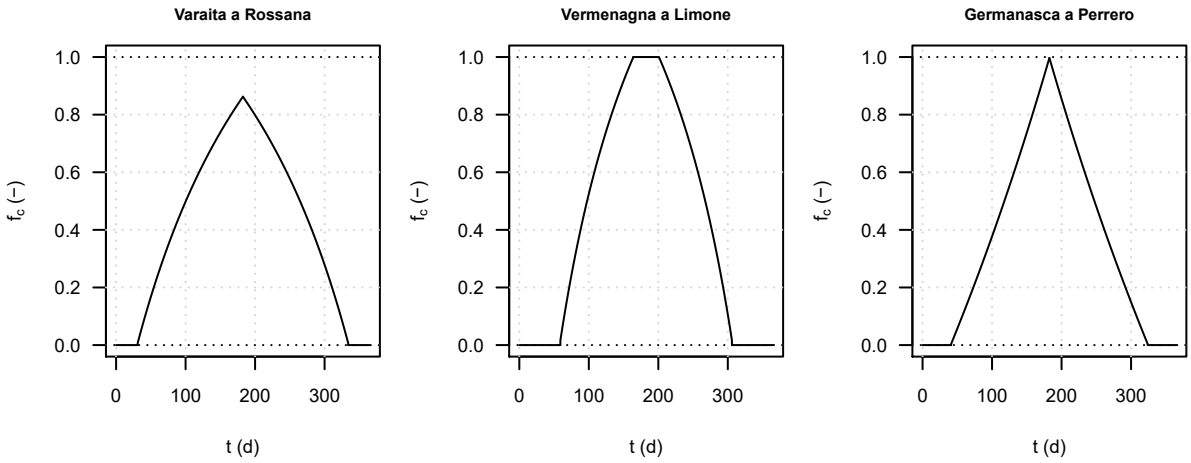

Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

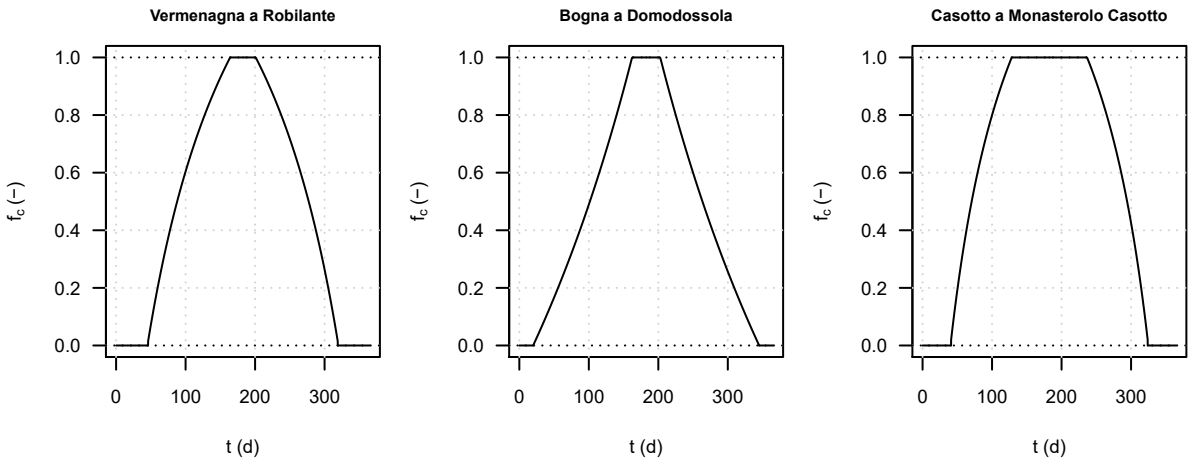

Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

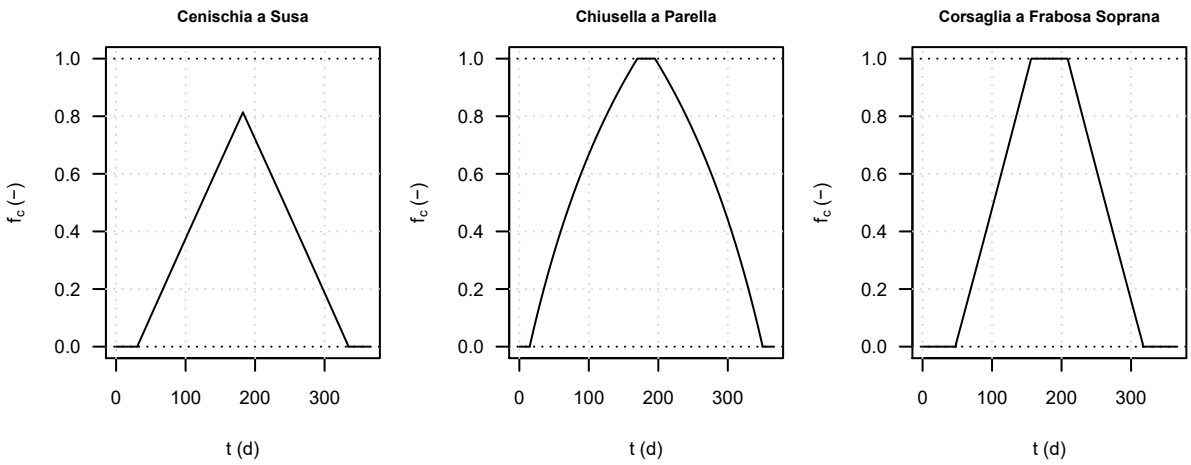

Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

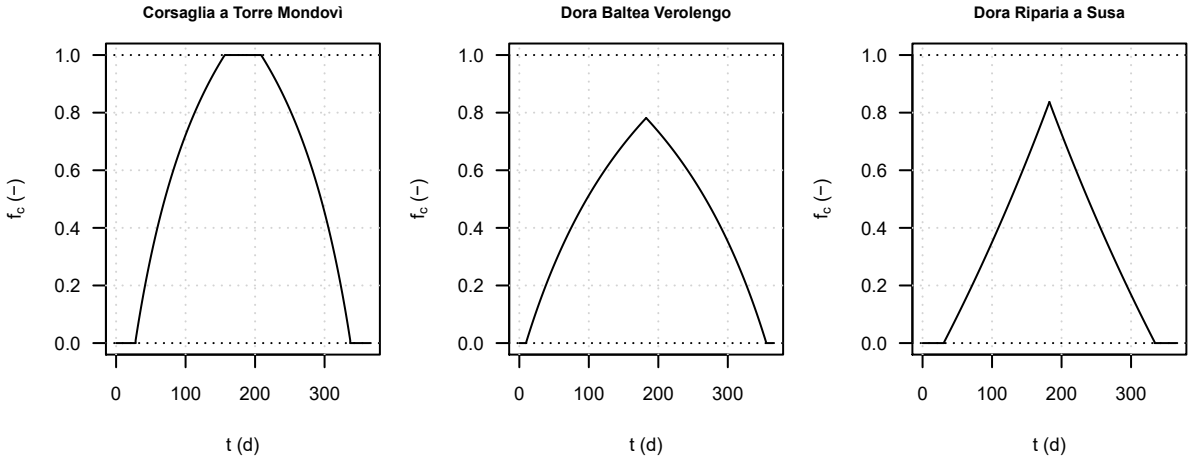

Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

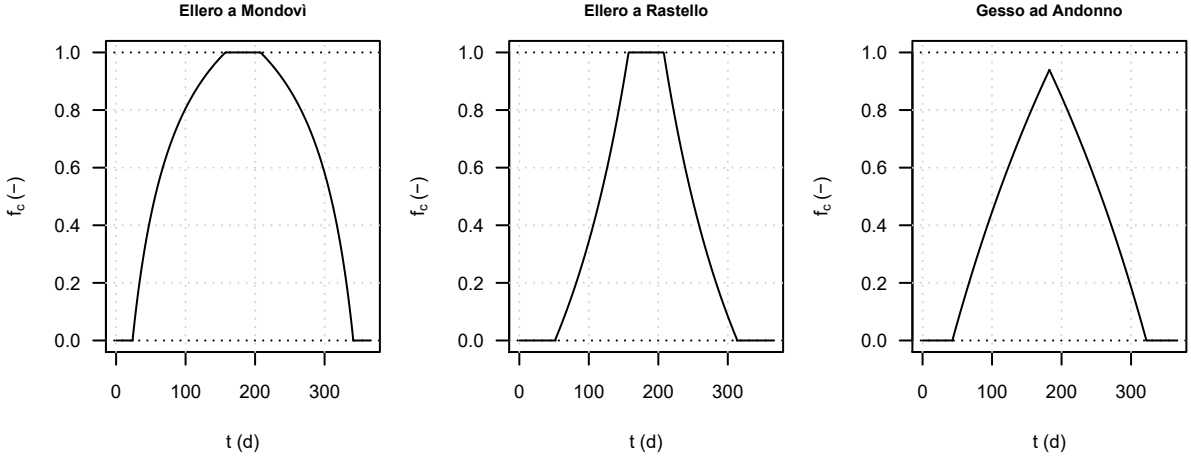

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

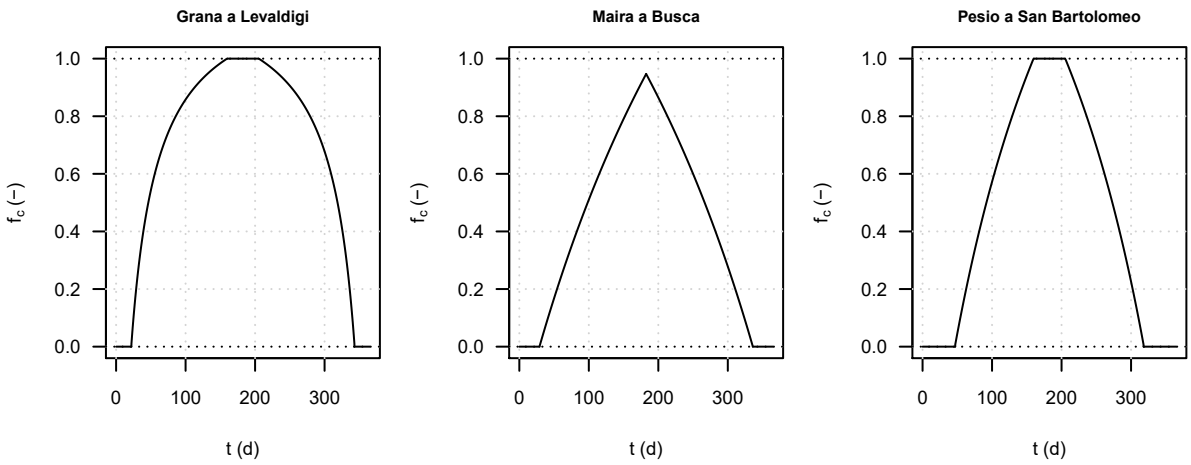

Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

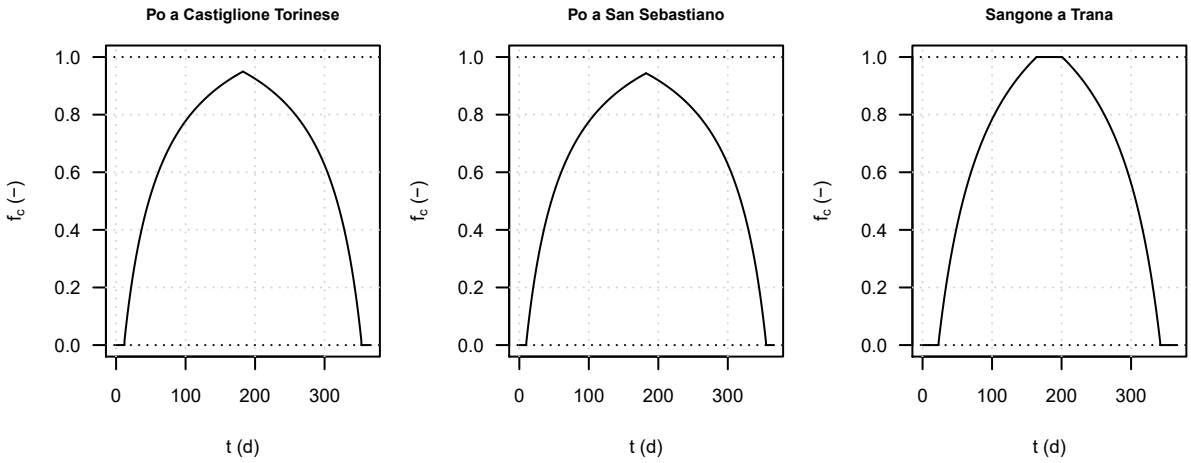

Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

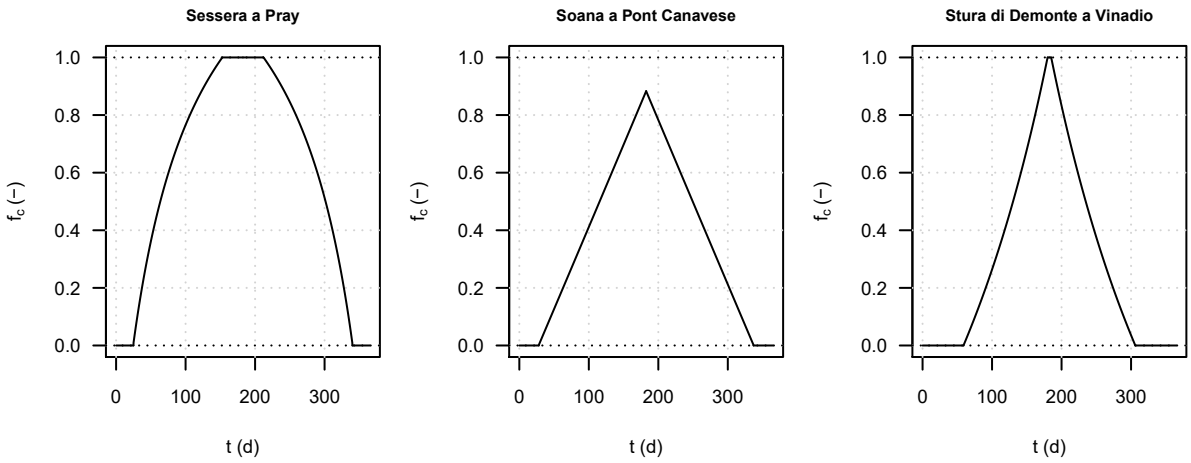

Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

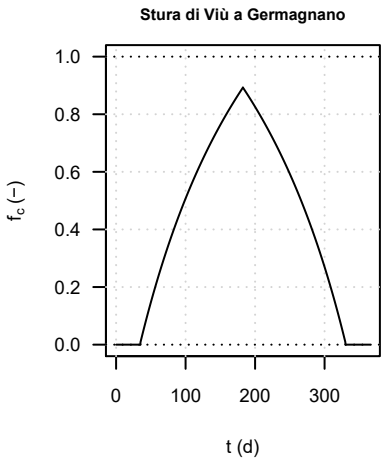

Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

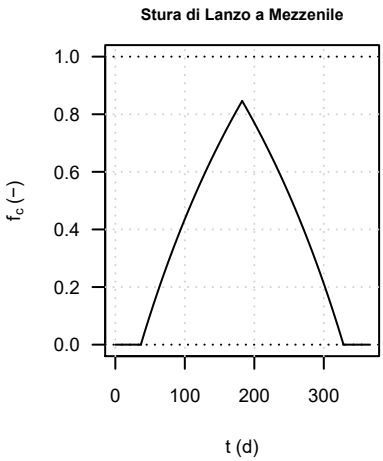

Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

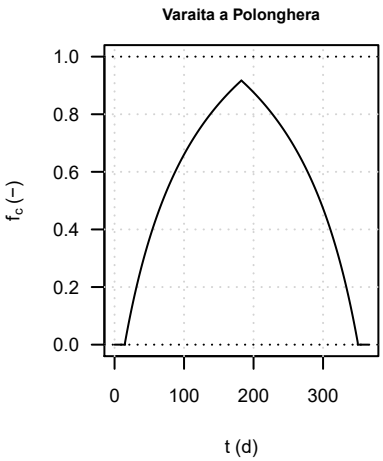

Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

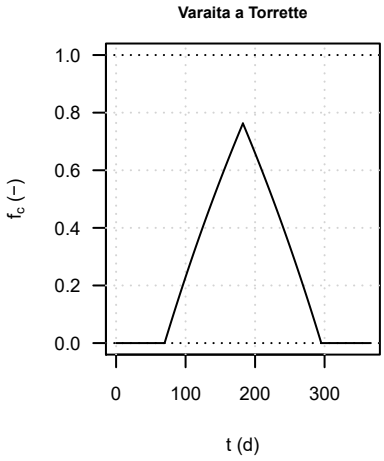

Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300


Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300


Stura di Viù a Germagnano
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)

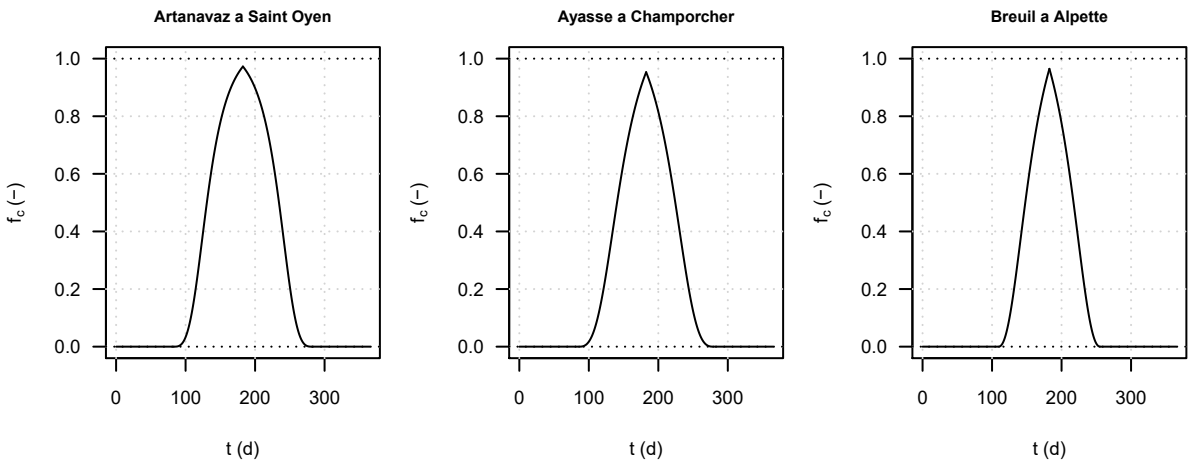

Stura di Lanzo a Mezzenile
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)

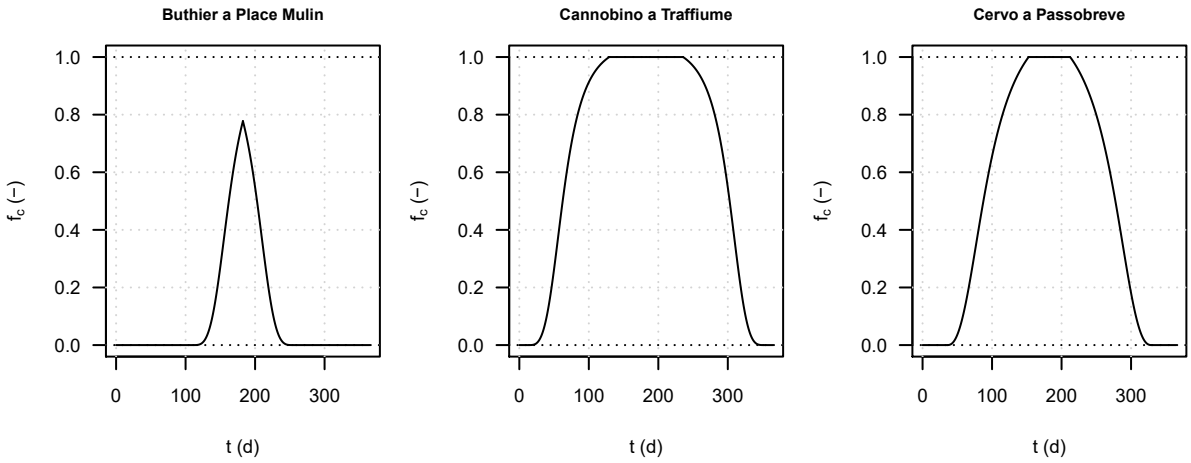

Varaita a Polonghera
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)

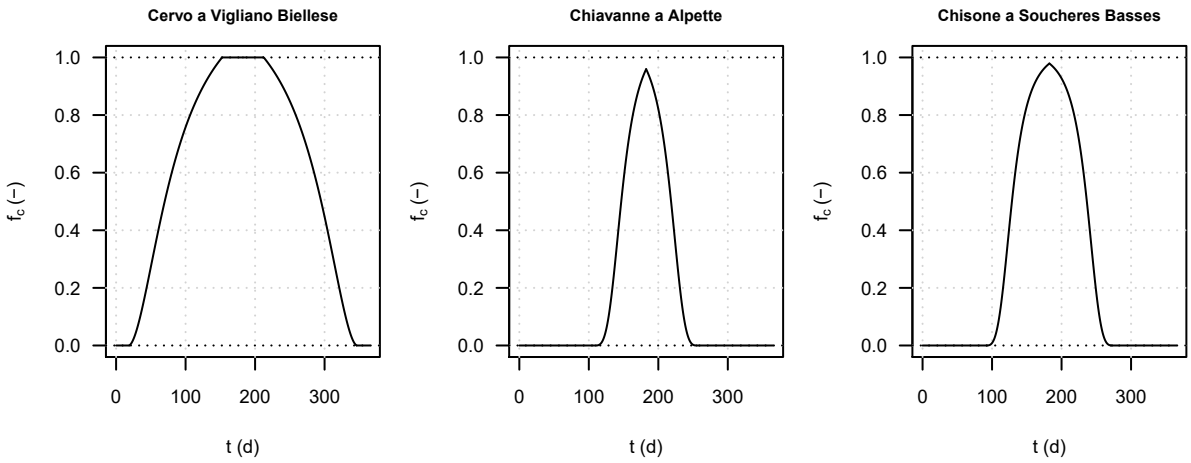

Varaita a Torrette
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)

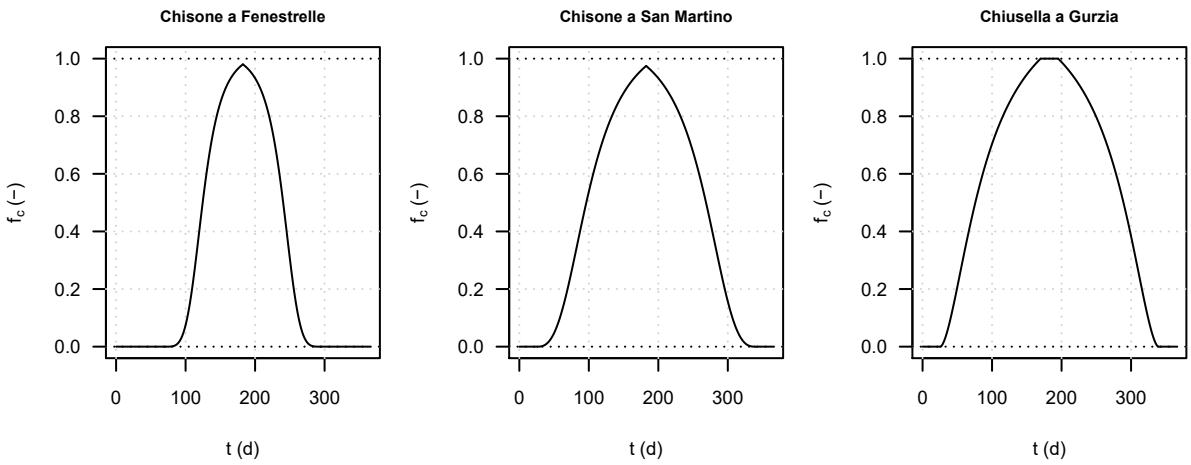
ALLEGATO E.2 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler

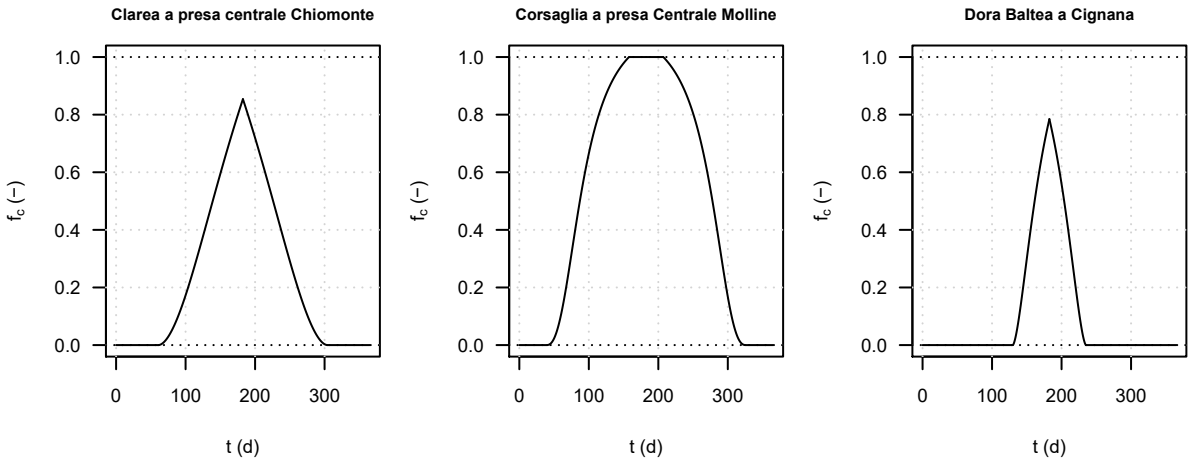
Di seguito si riportano le rappresentazioni dell'andamento del fattore contribuente f_c a seguito della modellazione della curva ipsometrica con la funzione di Strahler, per tutti i 121 bacini idrografici oggetto di studio.

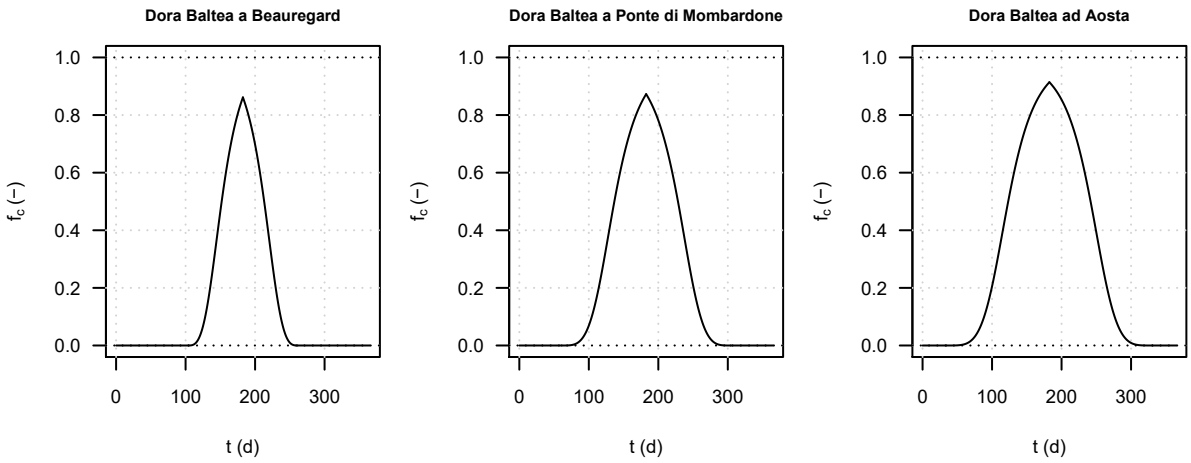

Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

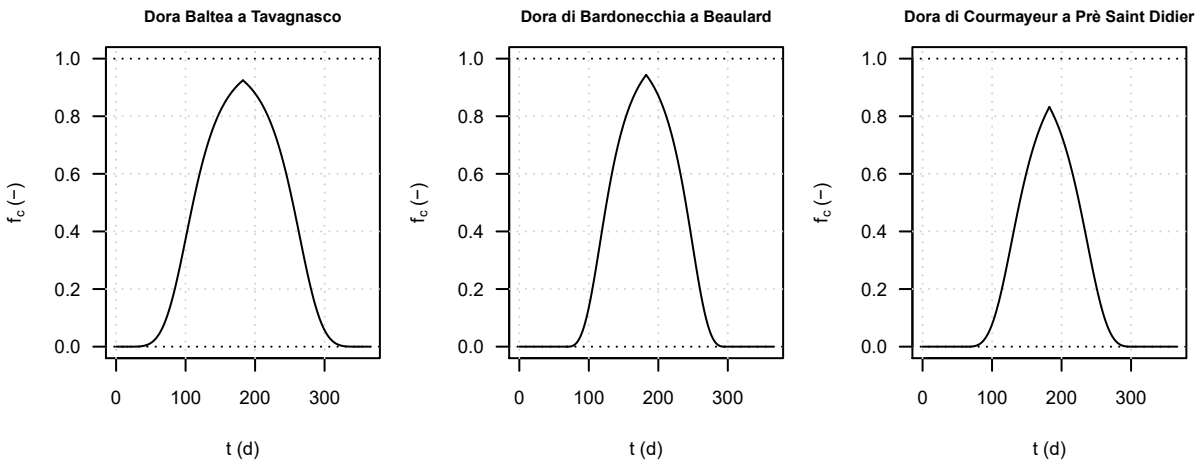

Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

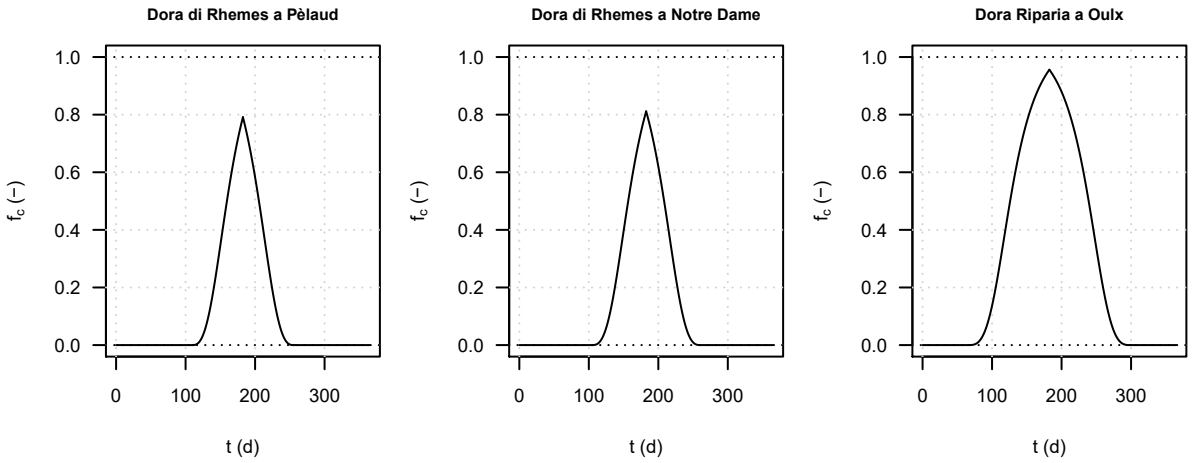

Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

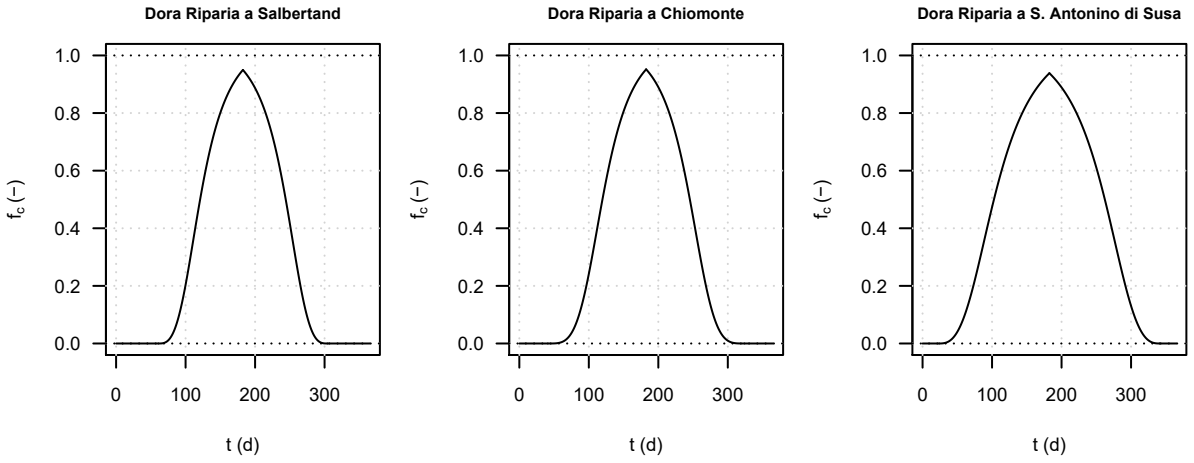

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

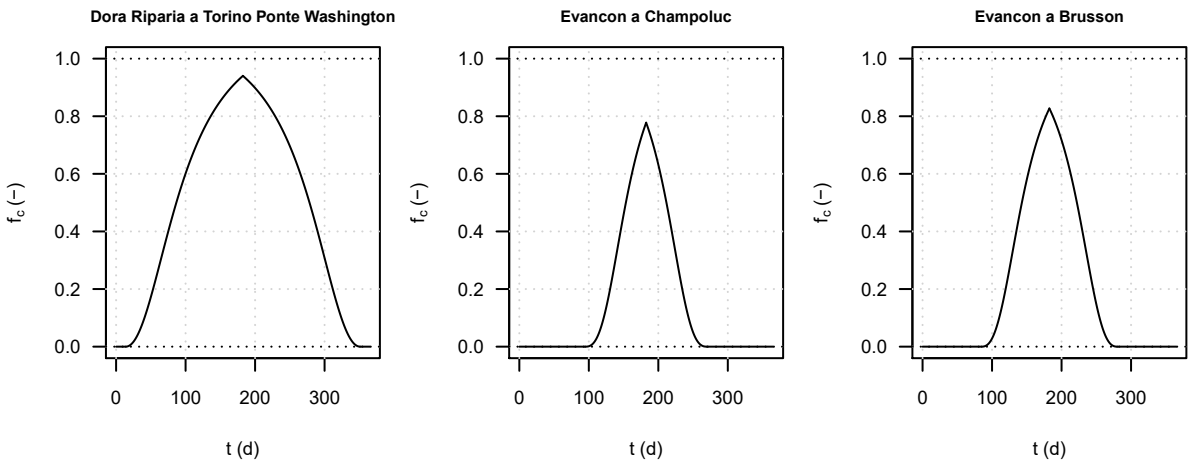

Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

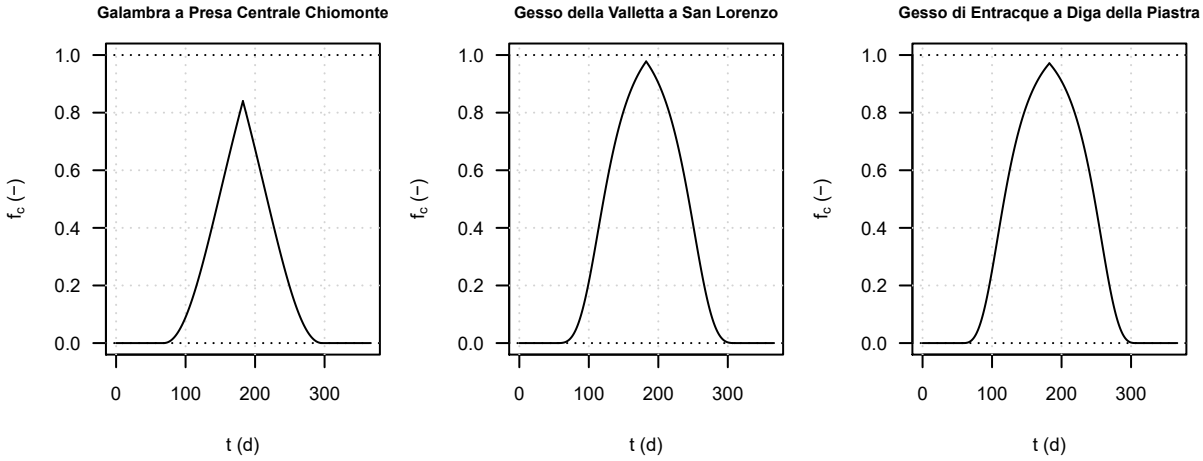

Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

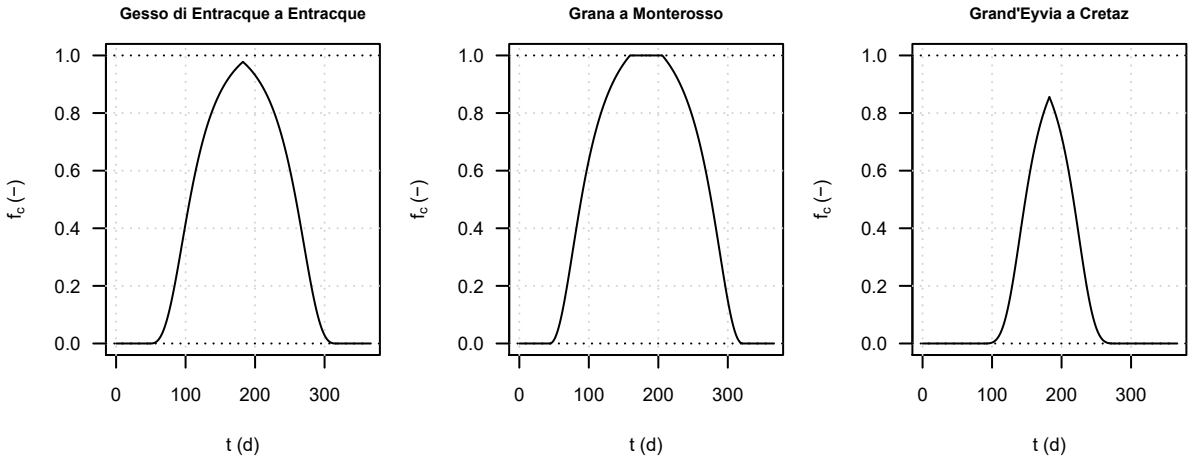

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

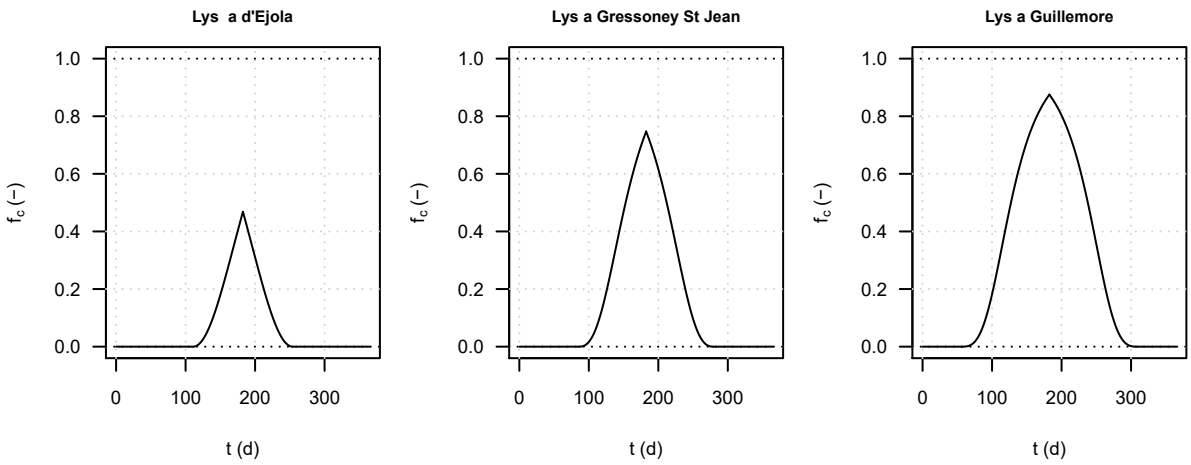

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

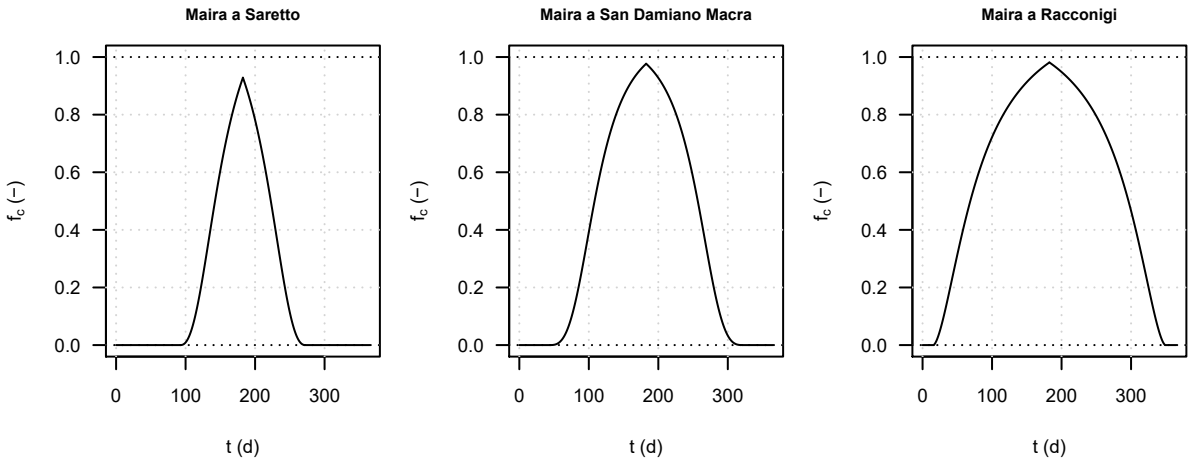

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

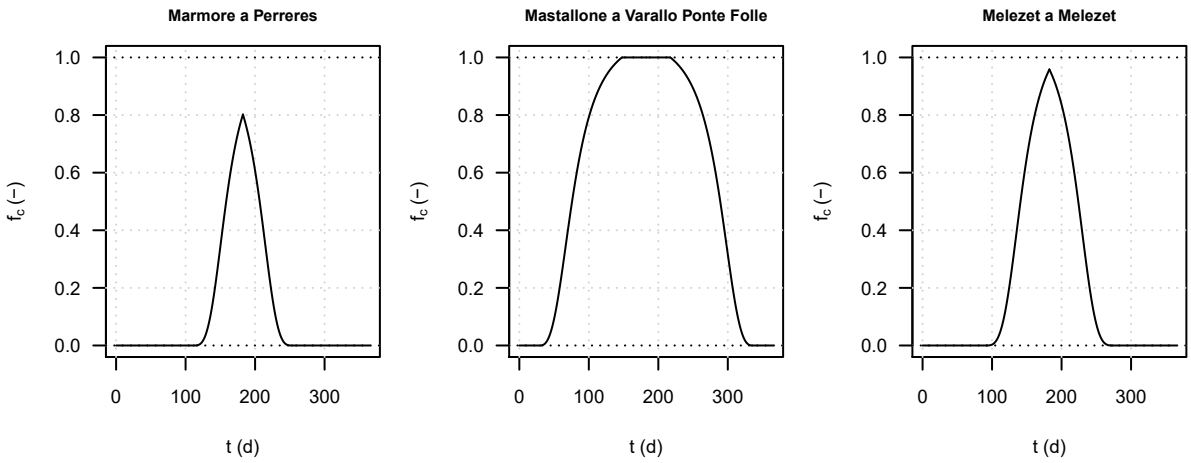

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

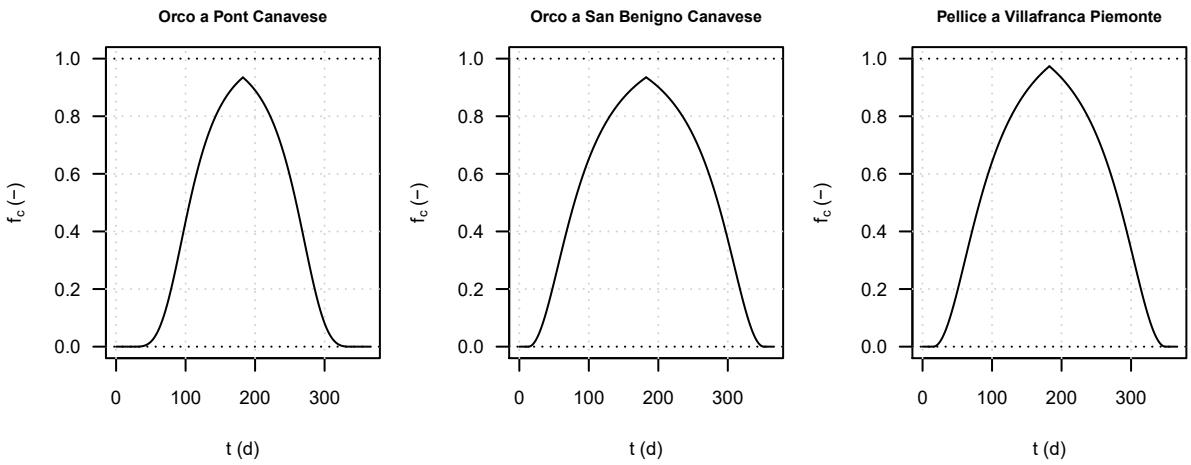

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

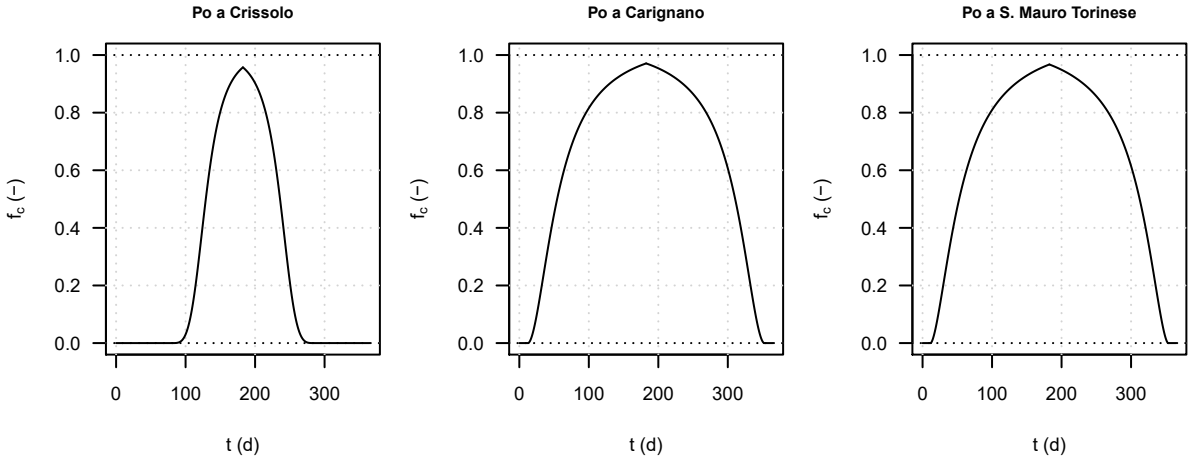

Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

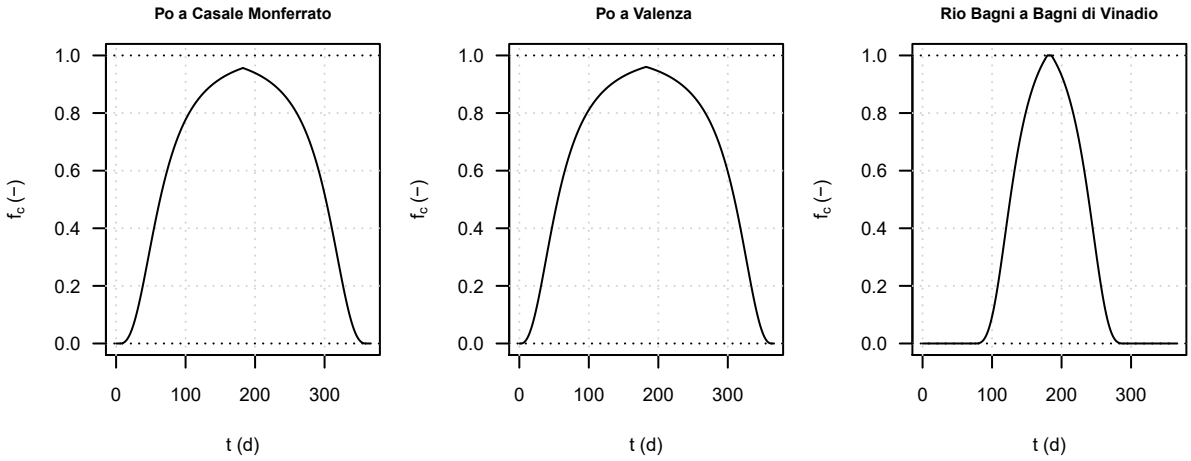

Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

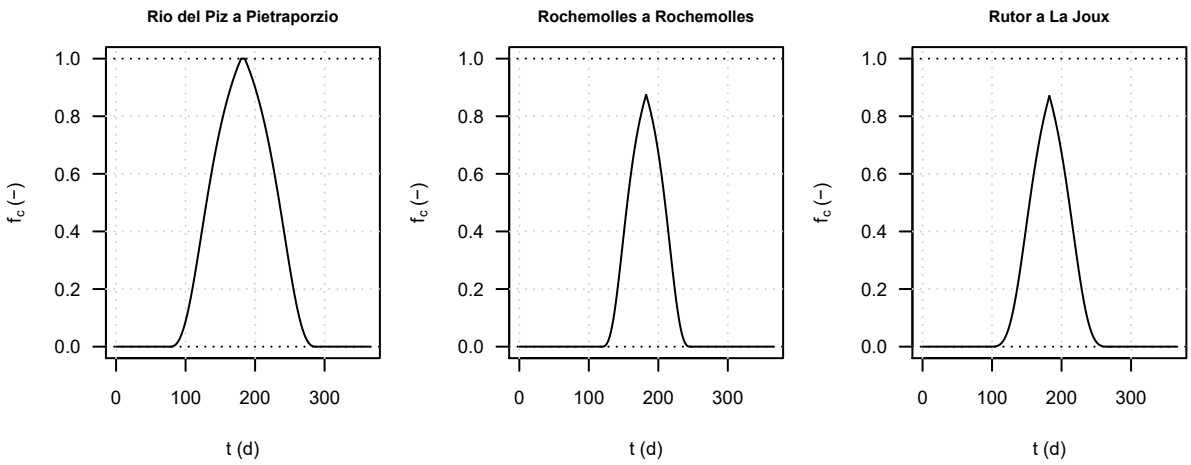

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

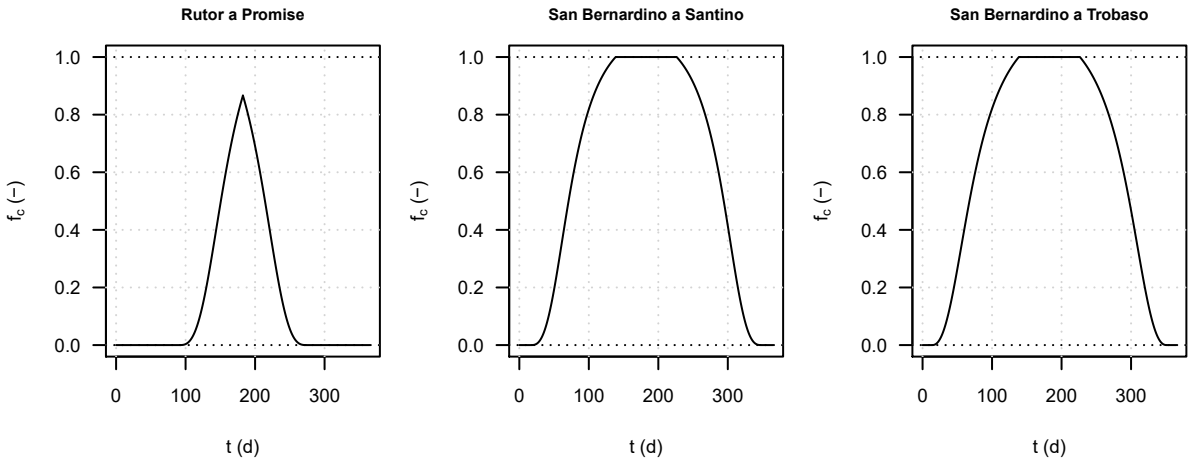

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

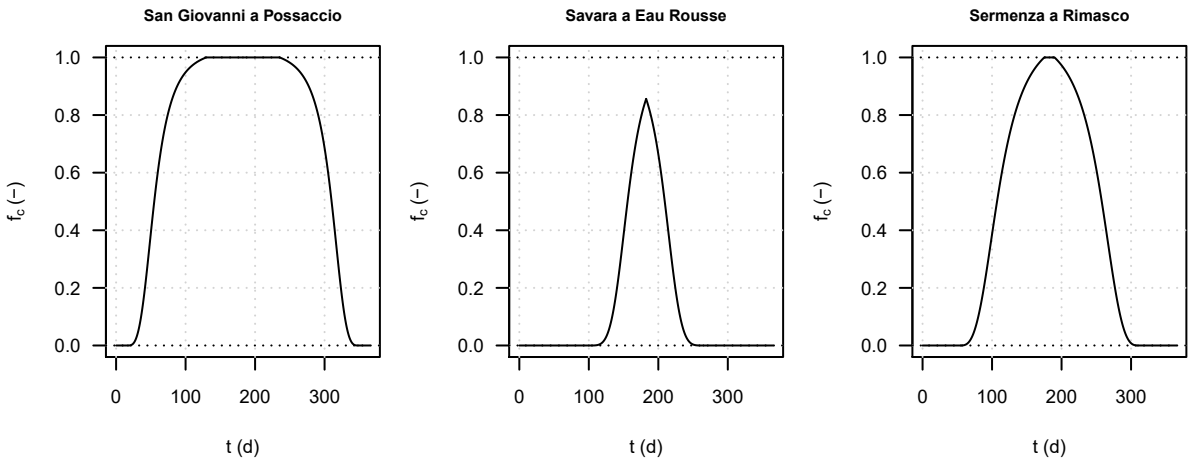

Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

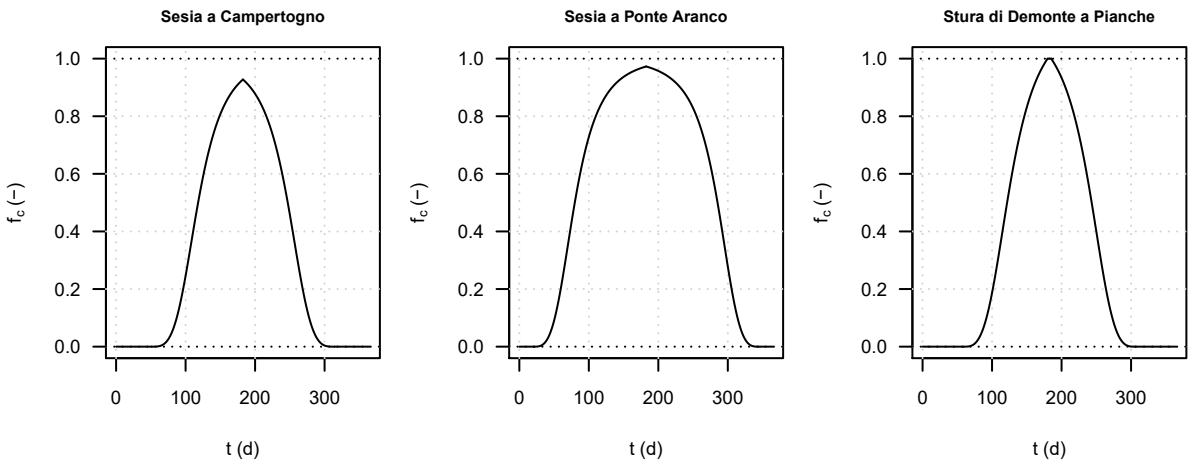

Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

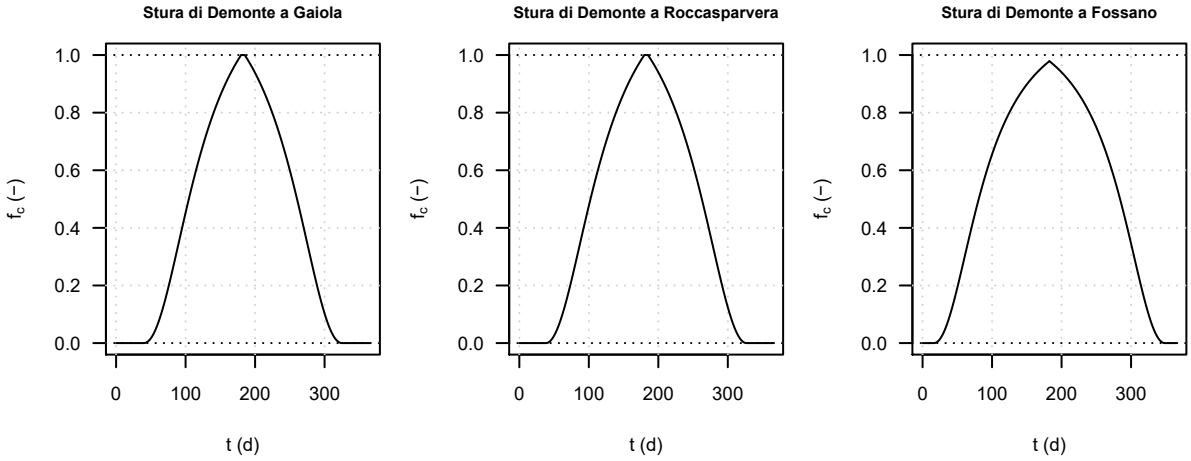

Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

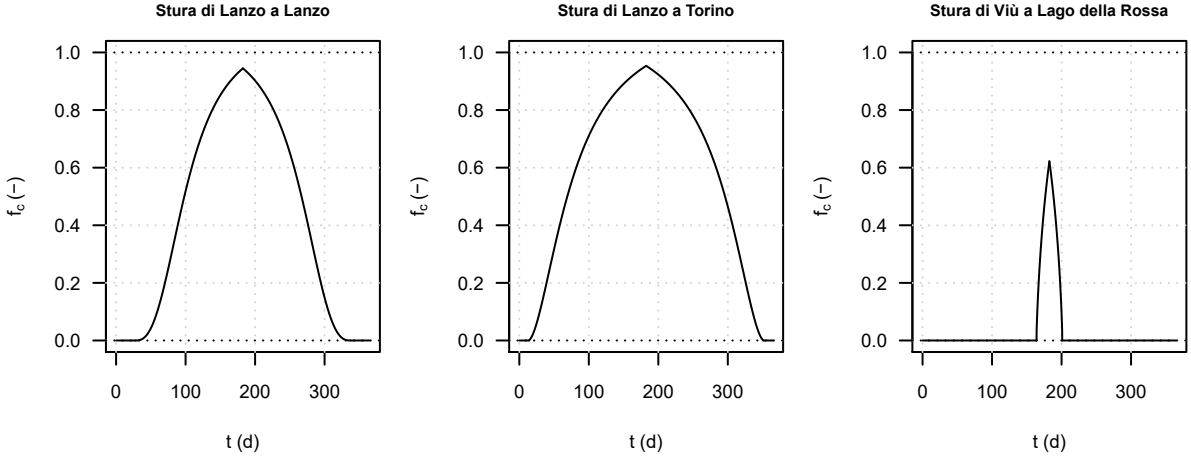

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

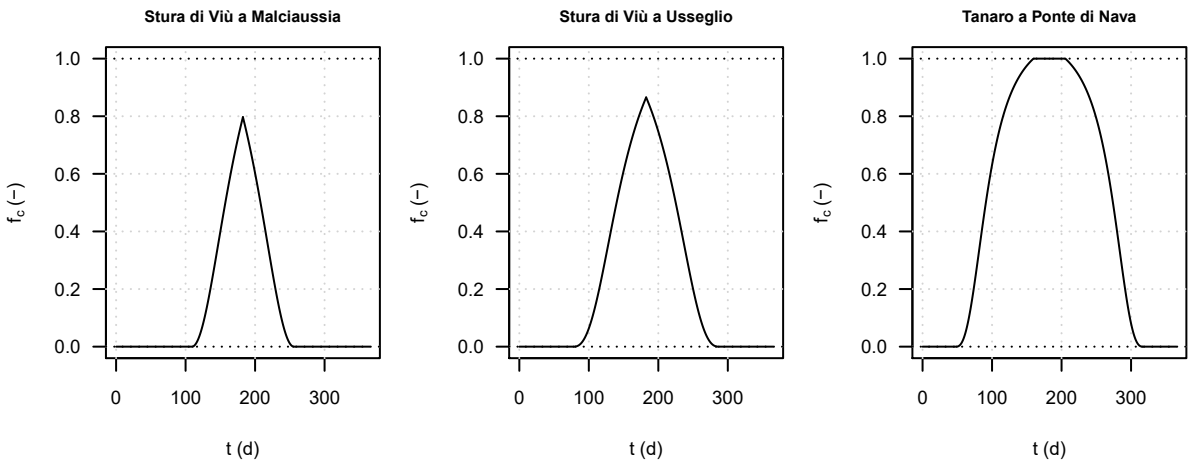

Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

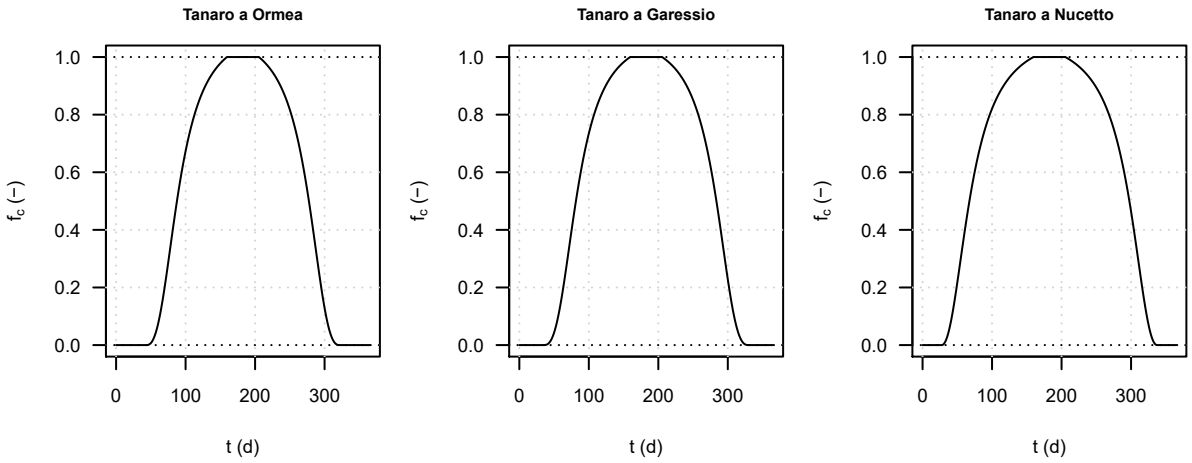

San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

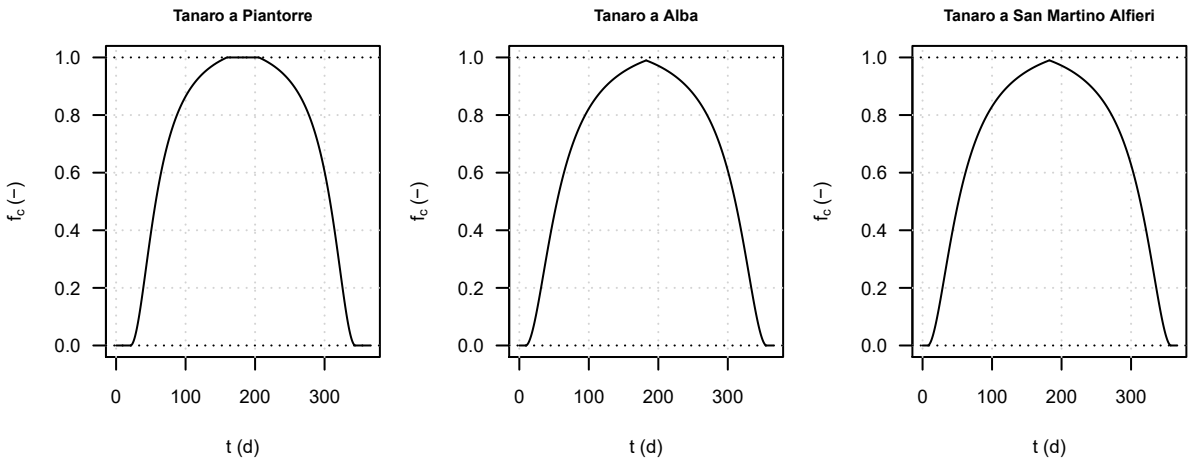

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

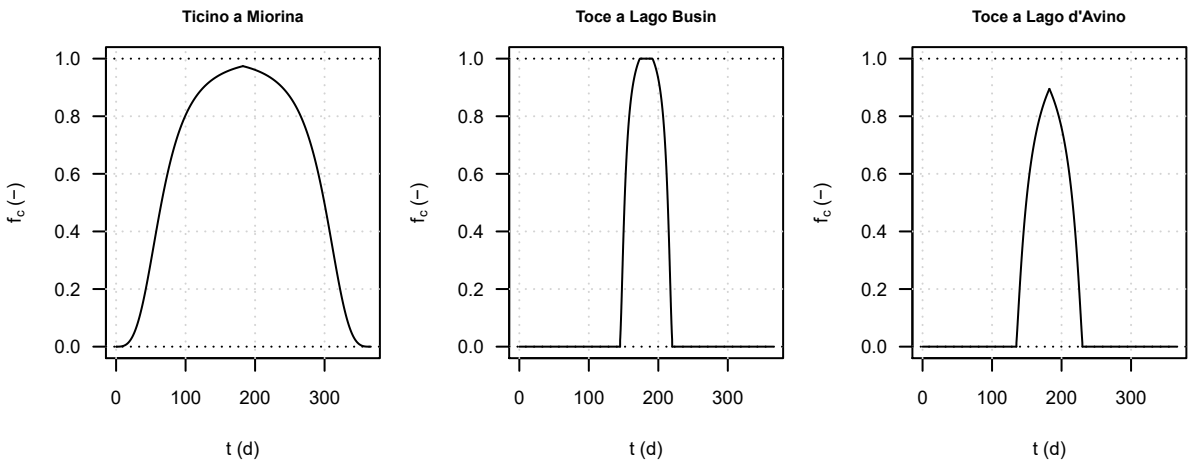

Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

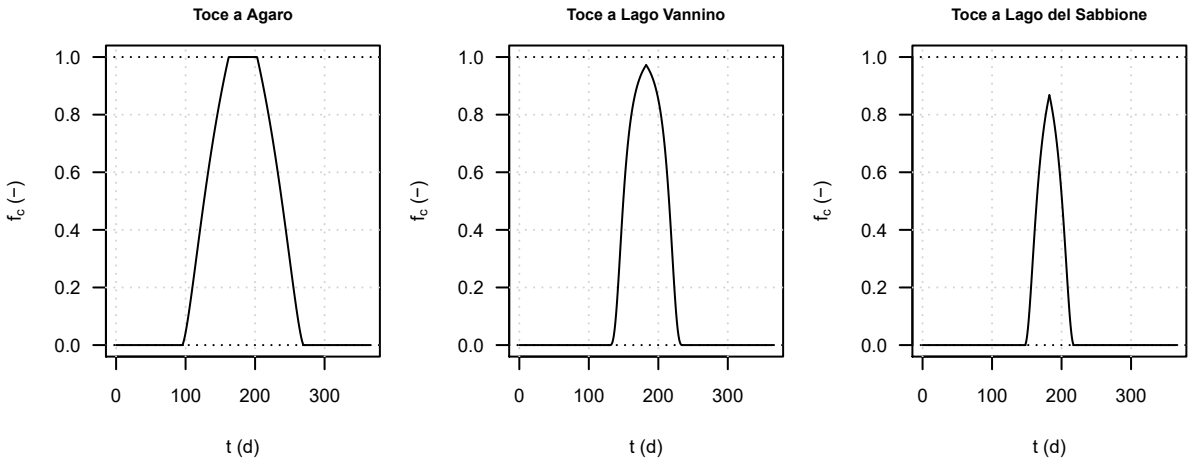

Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

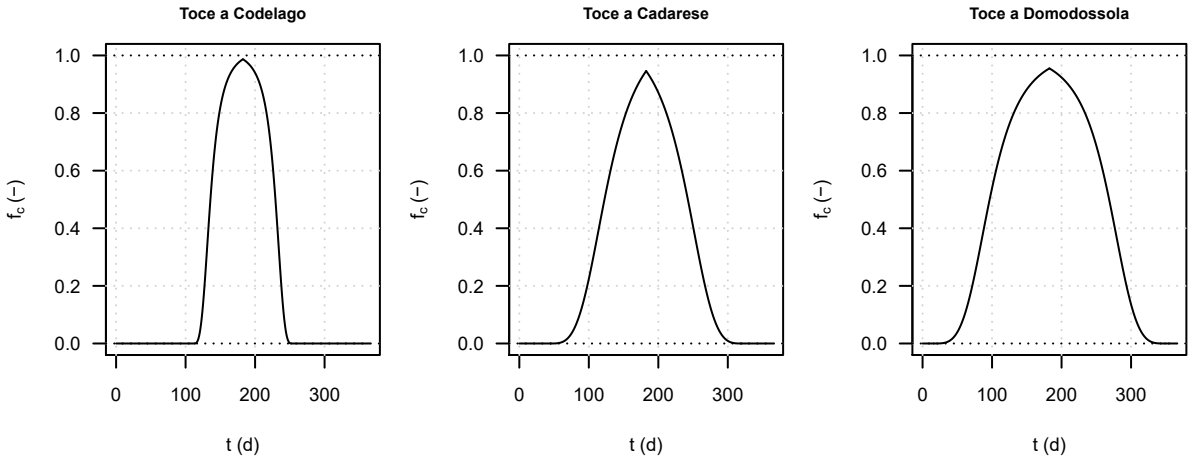

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

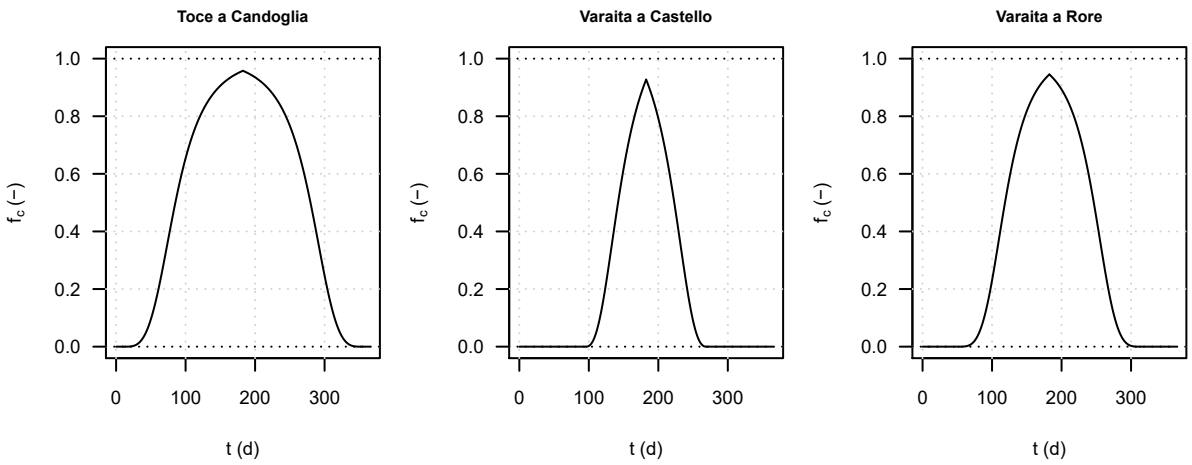

Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

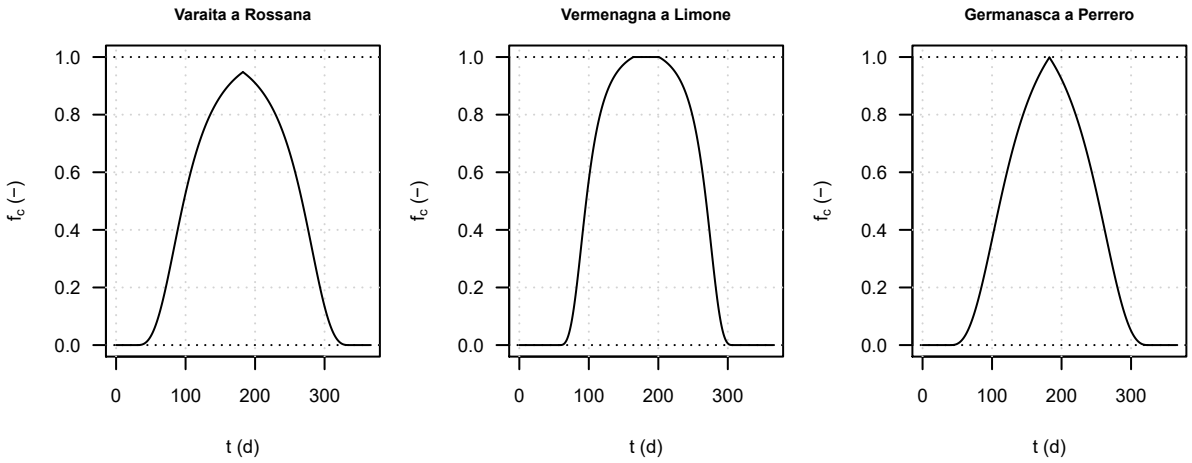

Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

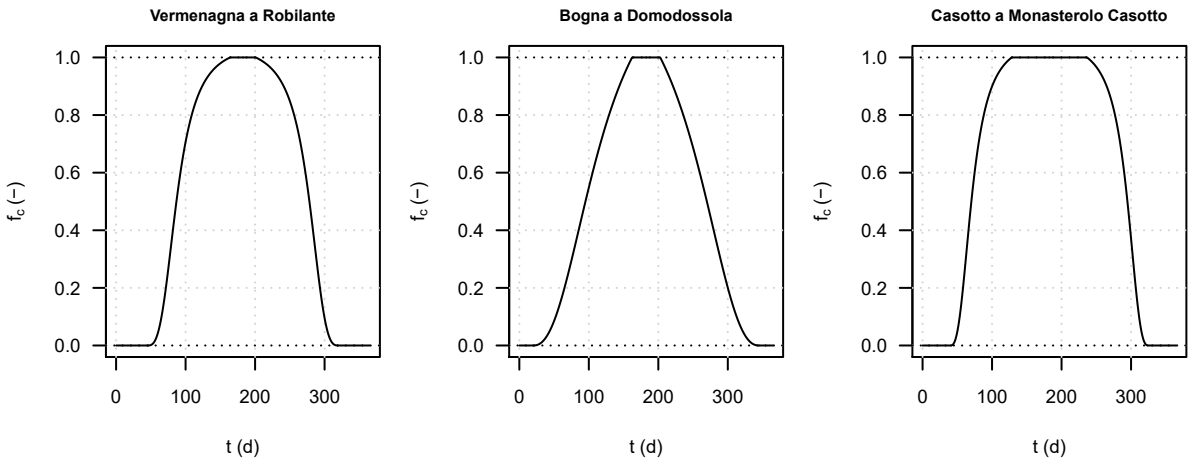

Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

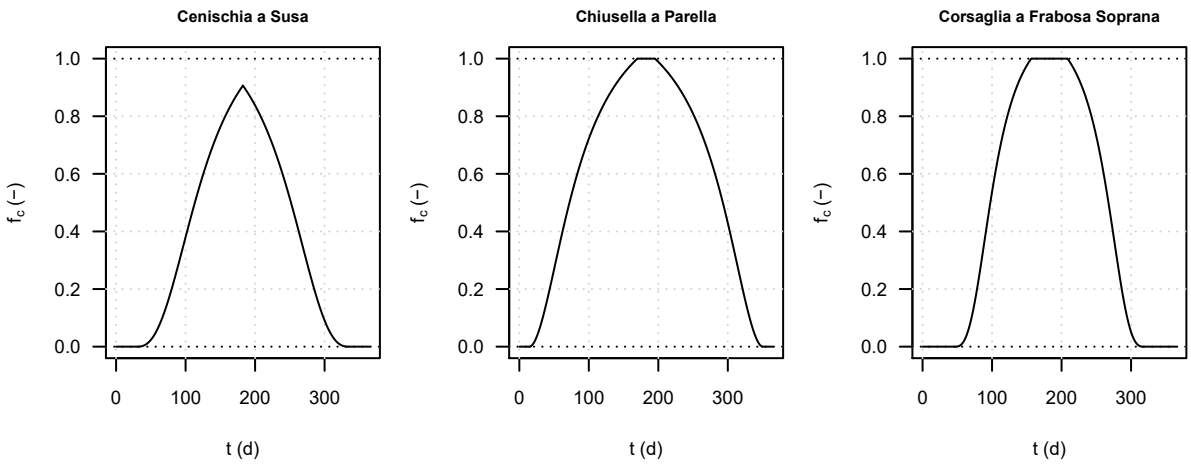

Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

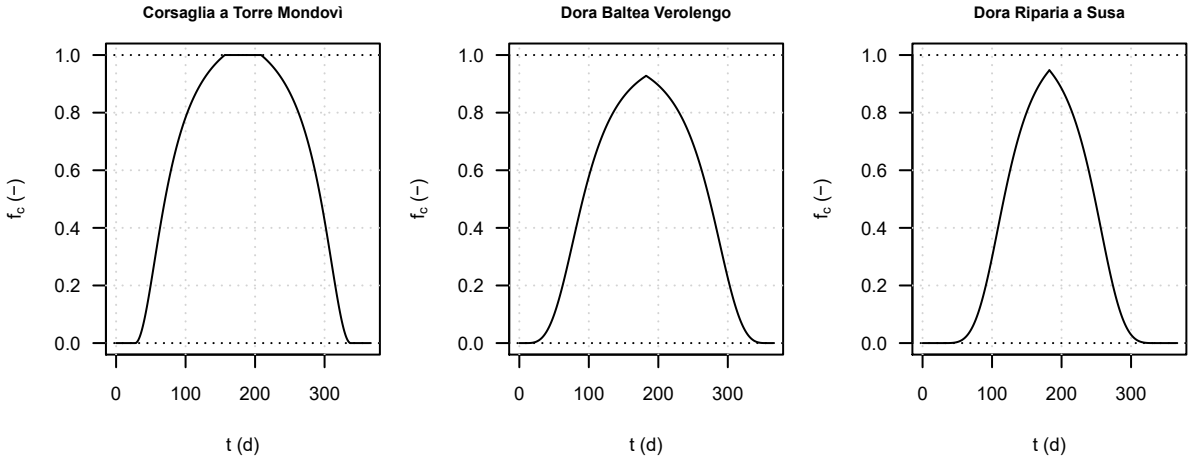

Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

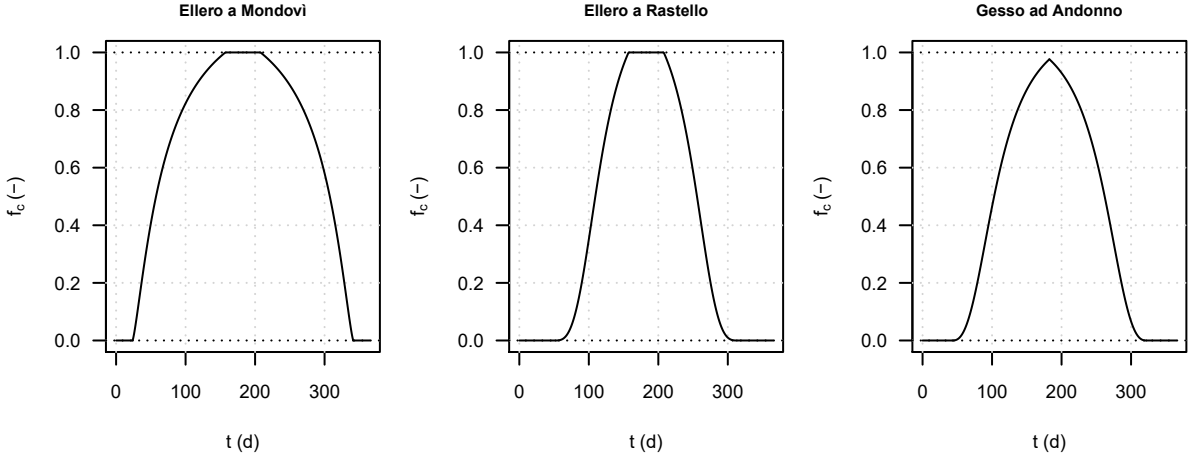

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

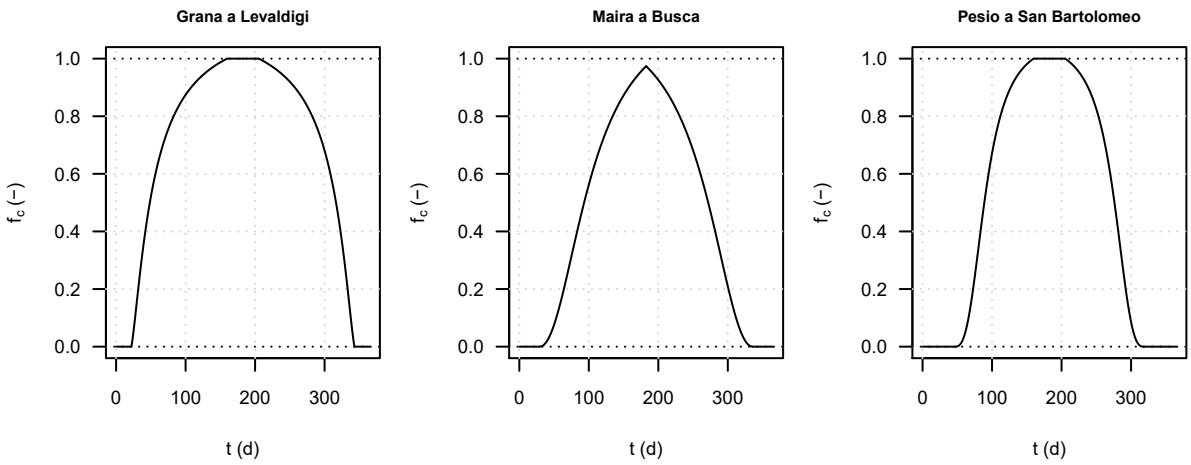

Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

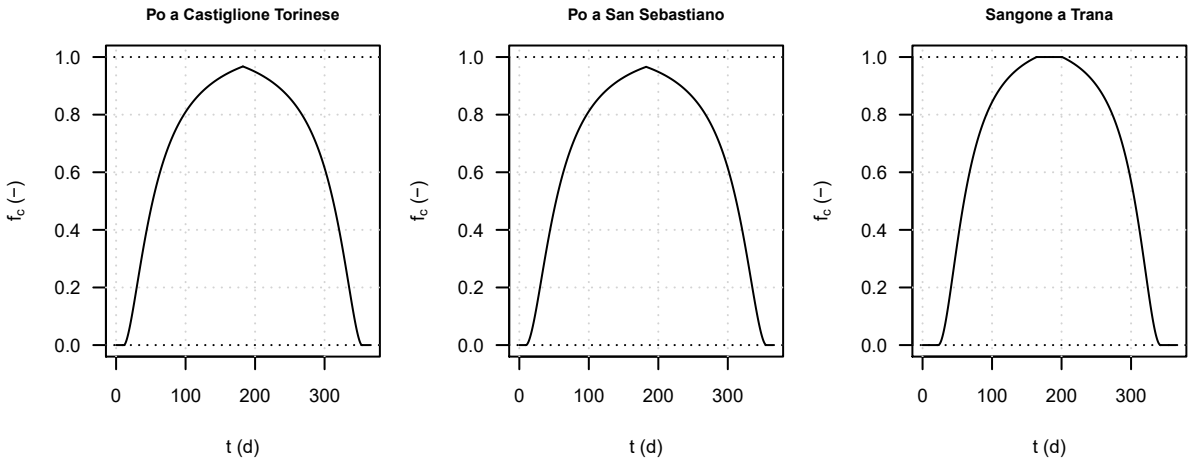

Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

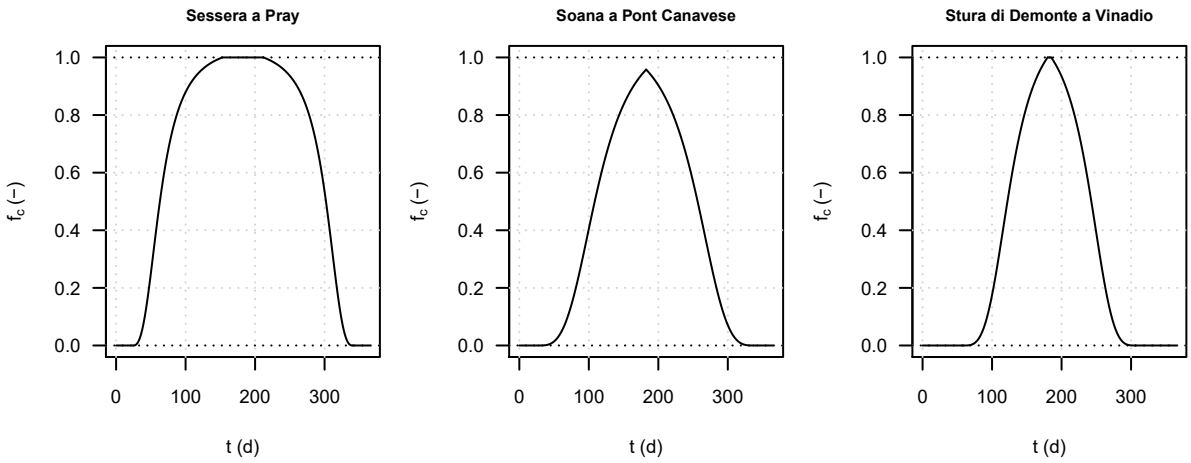

Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

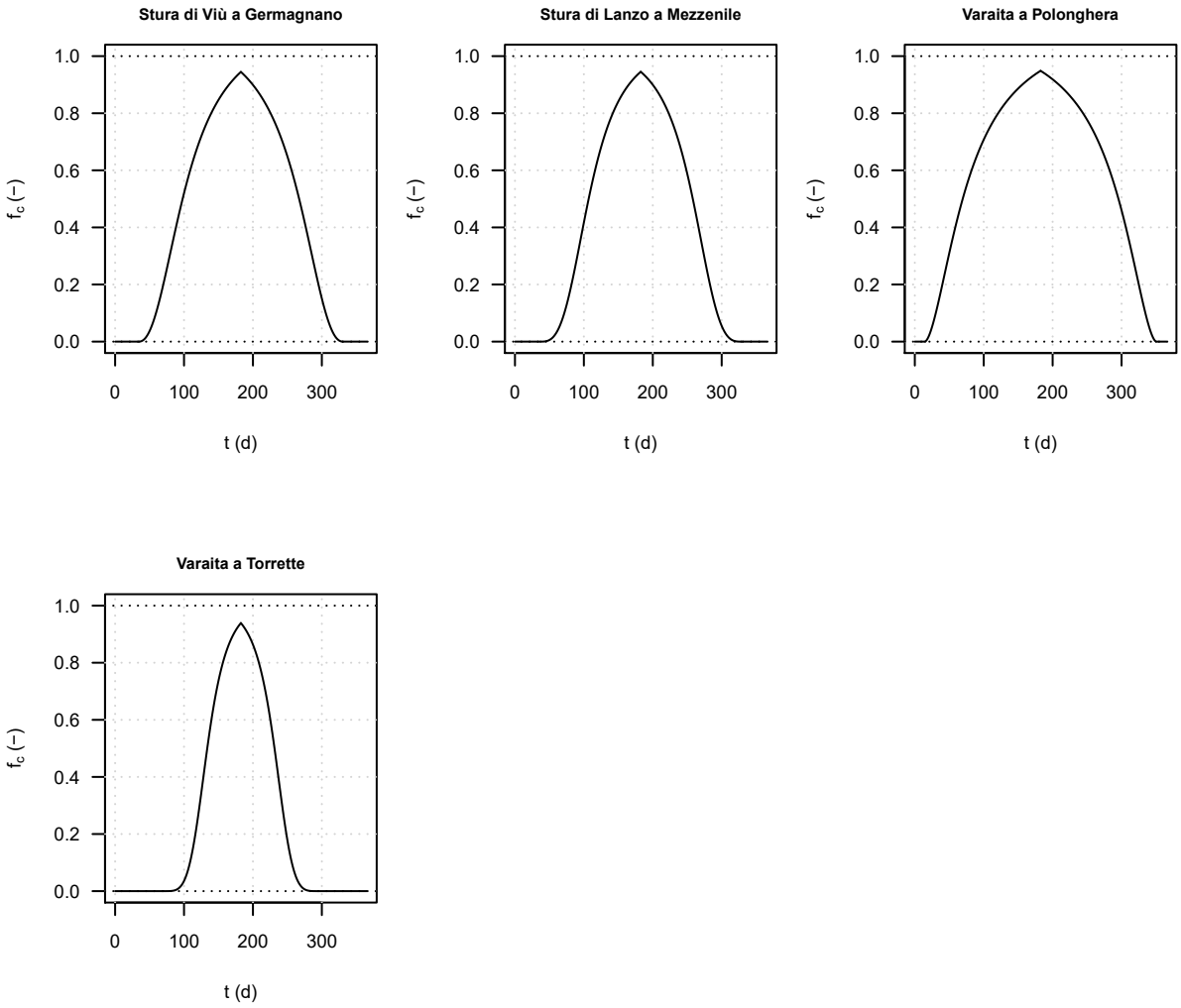

Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300


Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300


Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

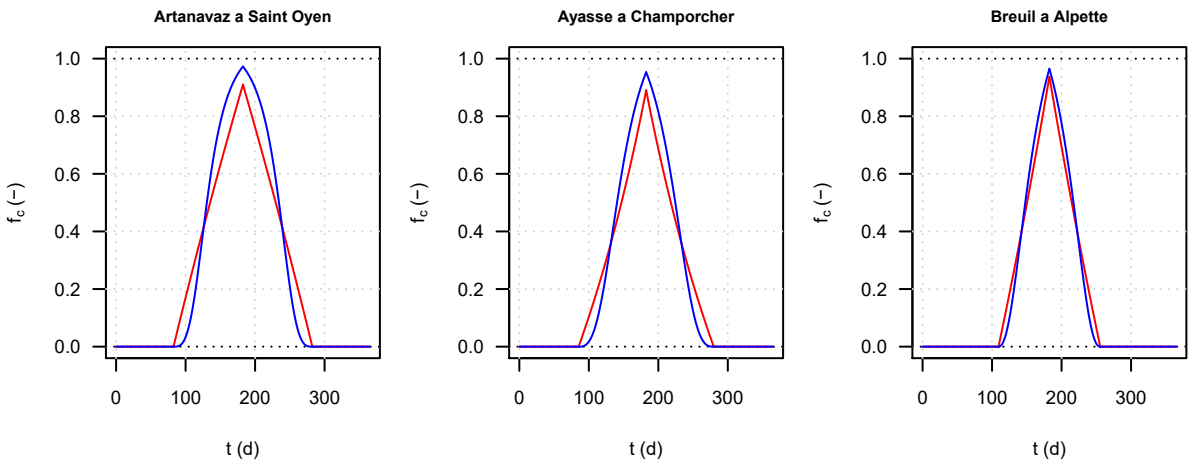

Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

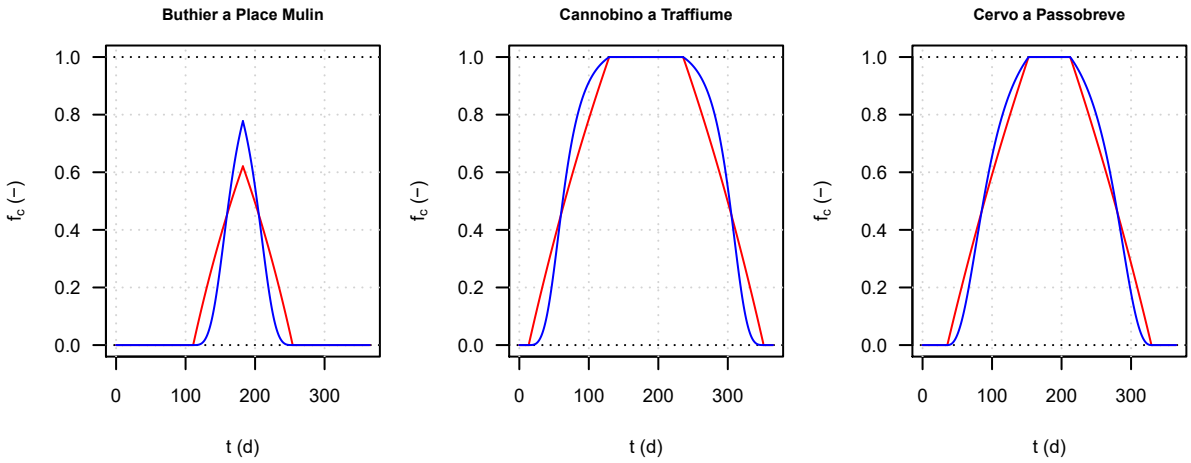

Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

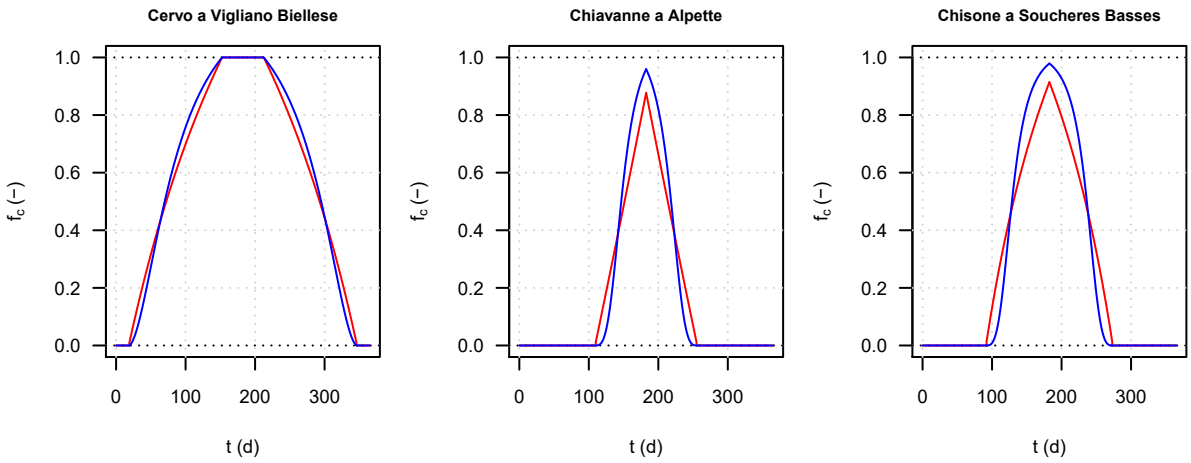

Stura di Viù a Germagnano
Stura di Lanzo a Mezzenile
Varaita a Polonghera
Varaita a Torrette
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

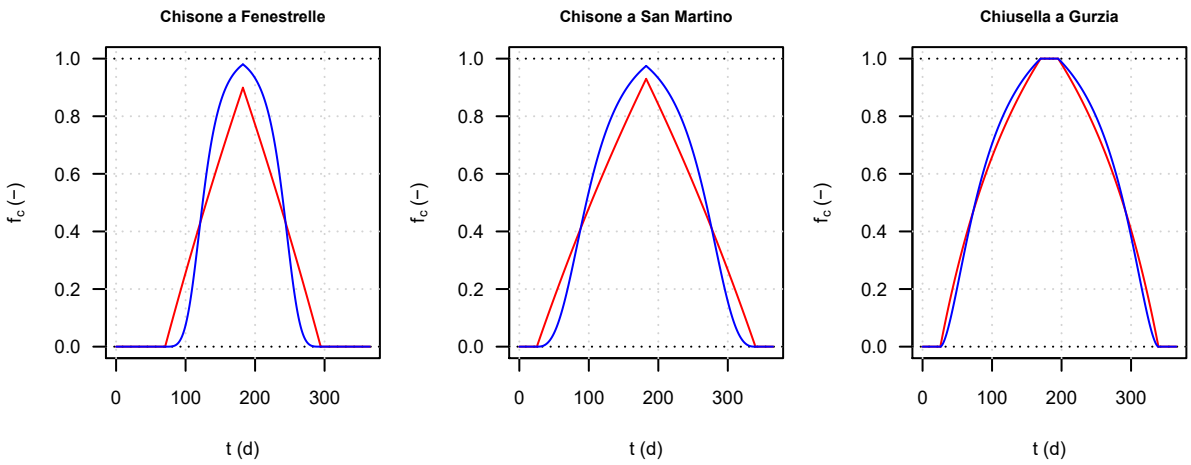
ALLEGATO E.3 – Confronto dei risultati

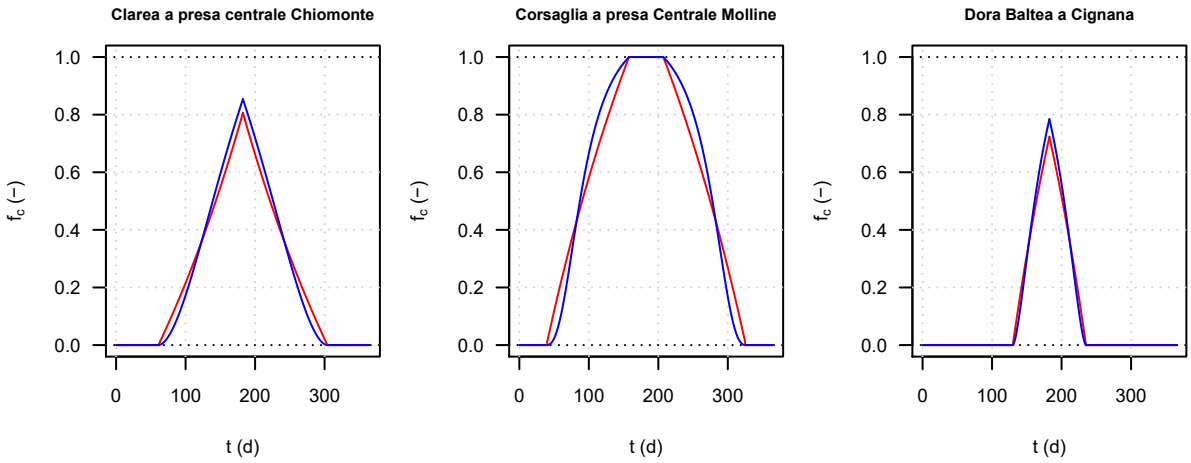
In questa sezione si riportano le rappresentazioni del confronto dell'andamento del fattore contribuente f_c a seguito della modellazione della curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro e la funzione di Strahler, per tutti i 121 bacini idrografici oggetto di studio. In particolare, in colore rosso vengono raffigurati i risultati del fattore contribuente ottenuti mediante la modellazione della curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro, ed in colore blu i risultati derivanti dalla funzione di Strahler.

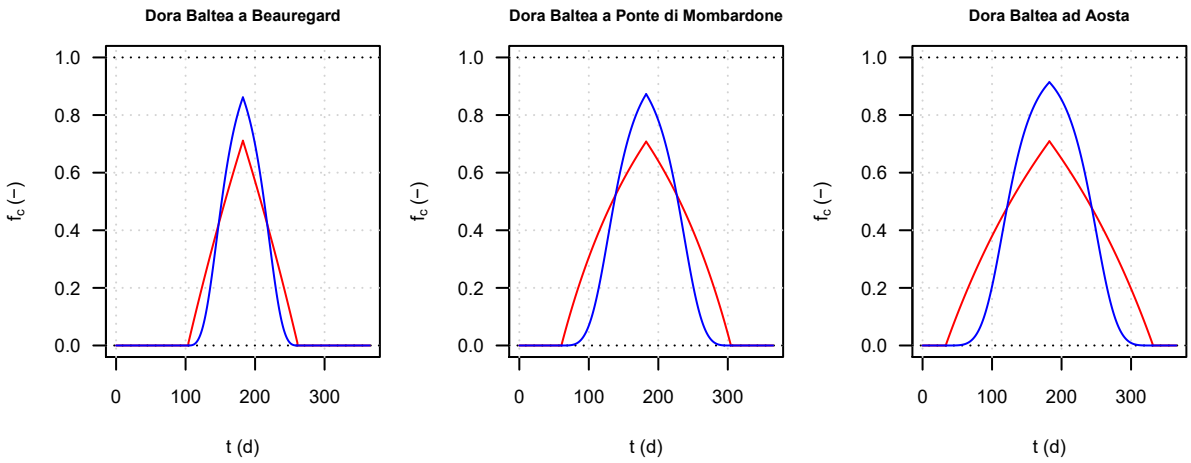

Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

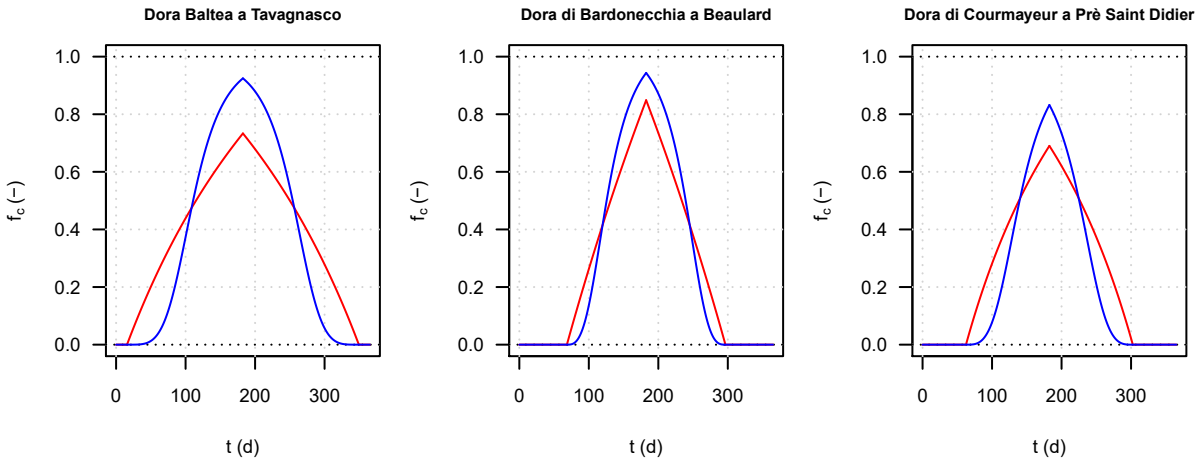

Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

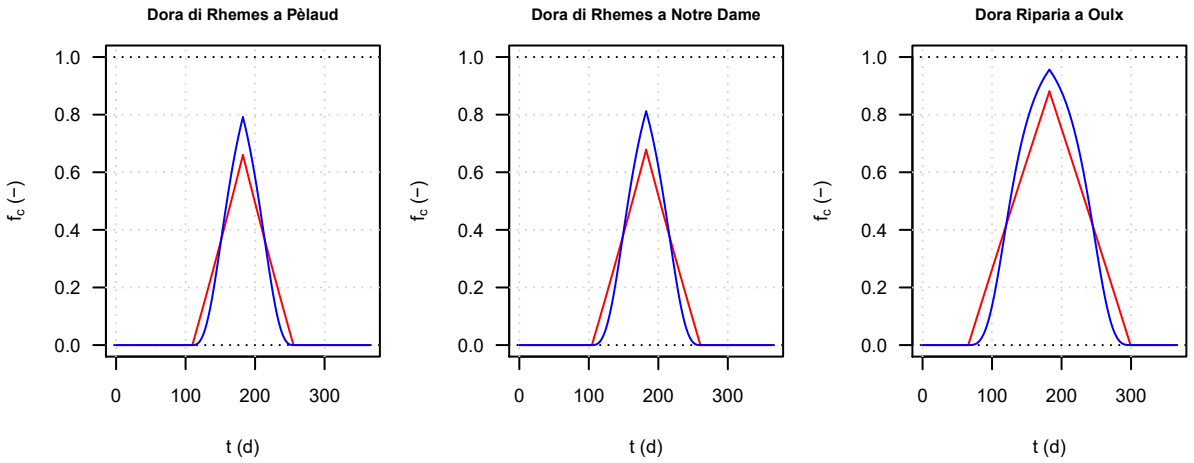

Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

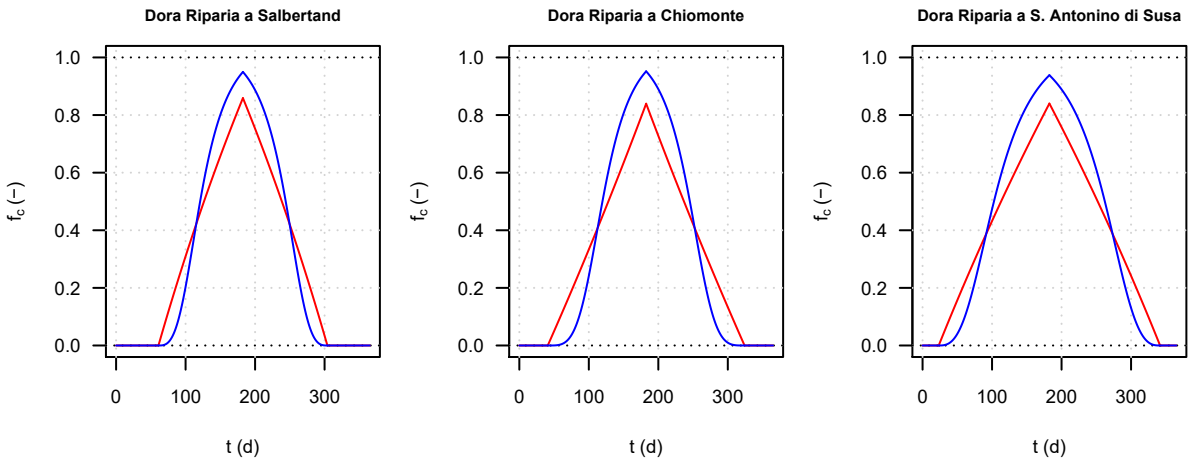

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

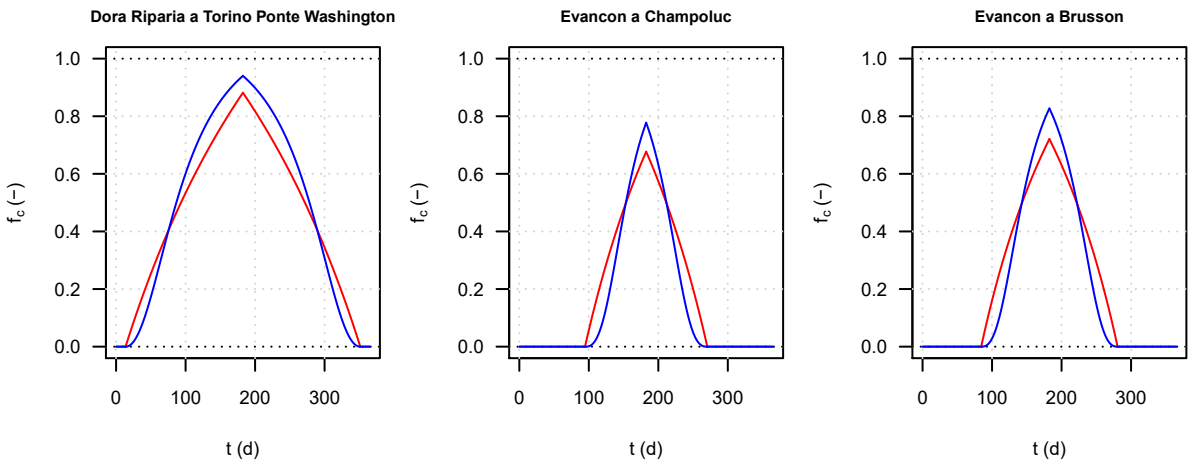

Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

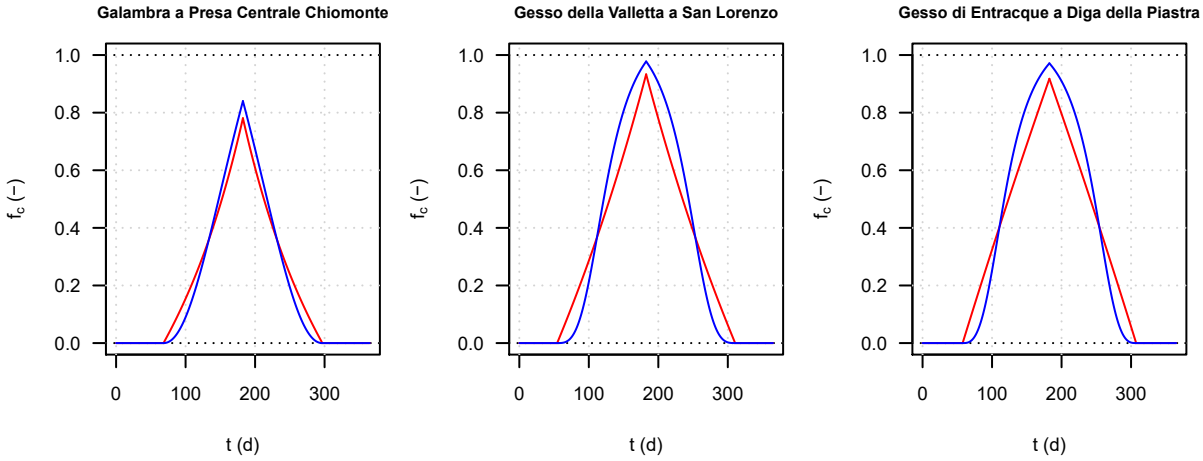

Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

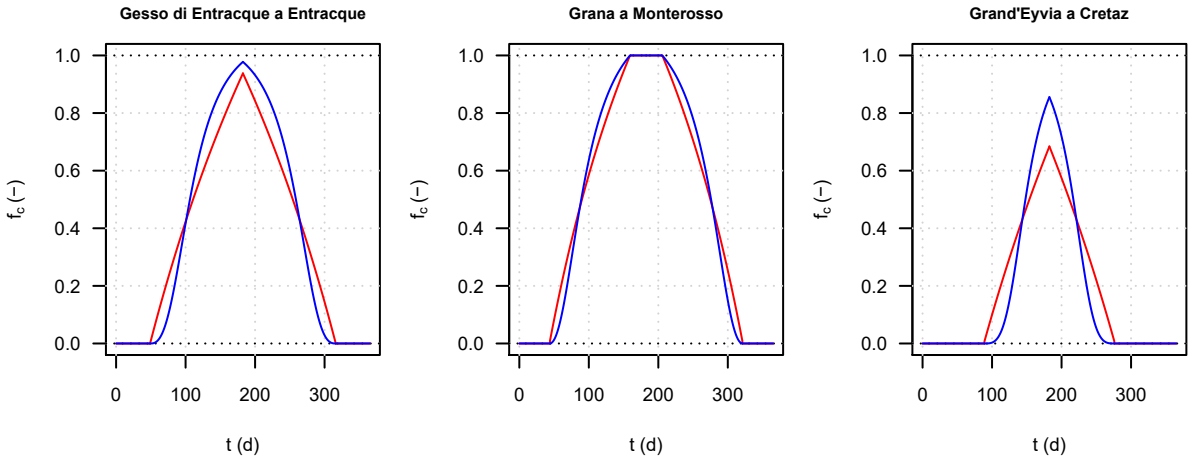

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

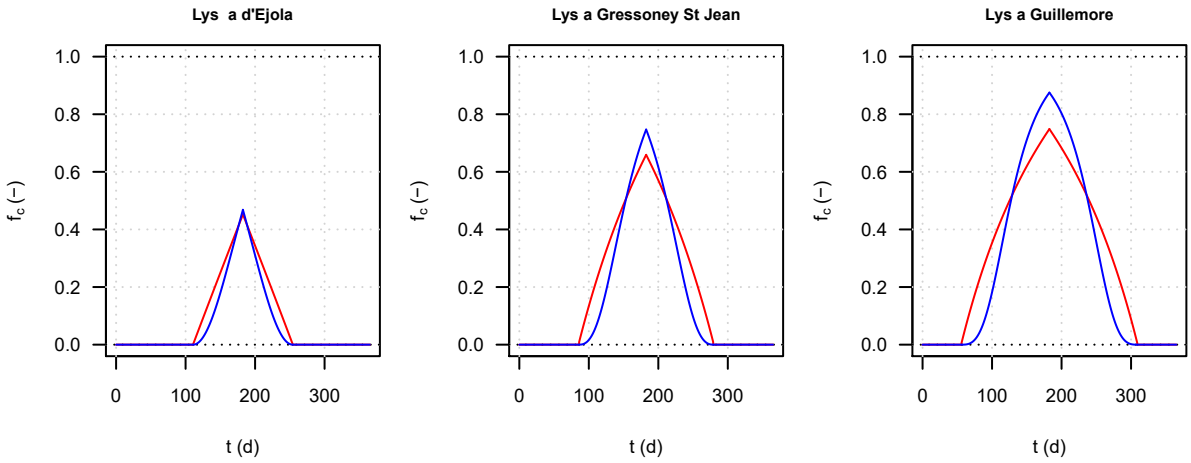

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

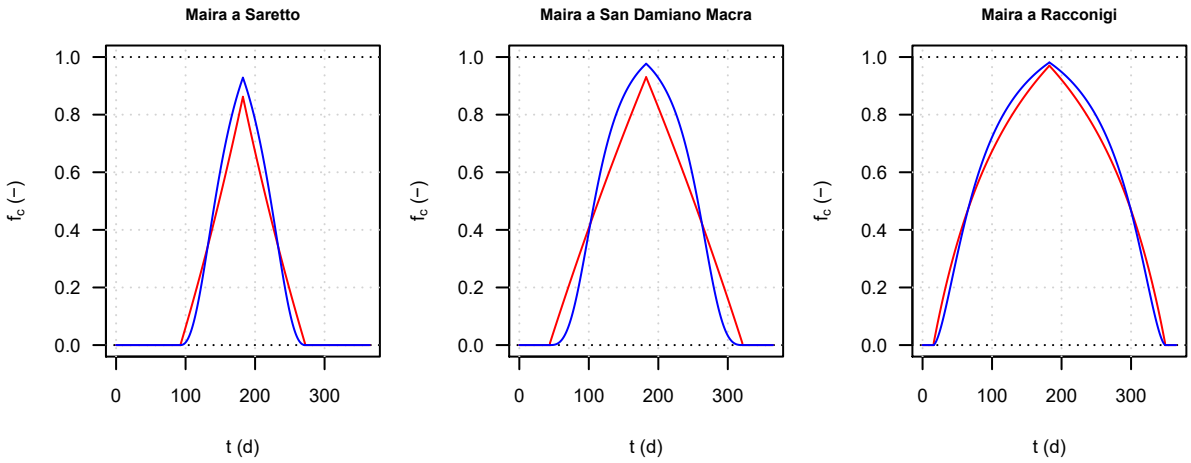

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

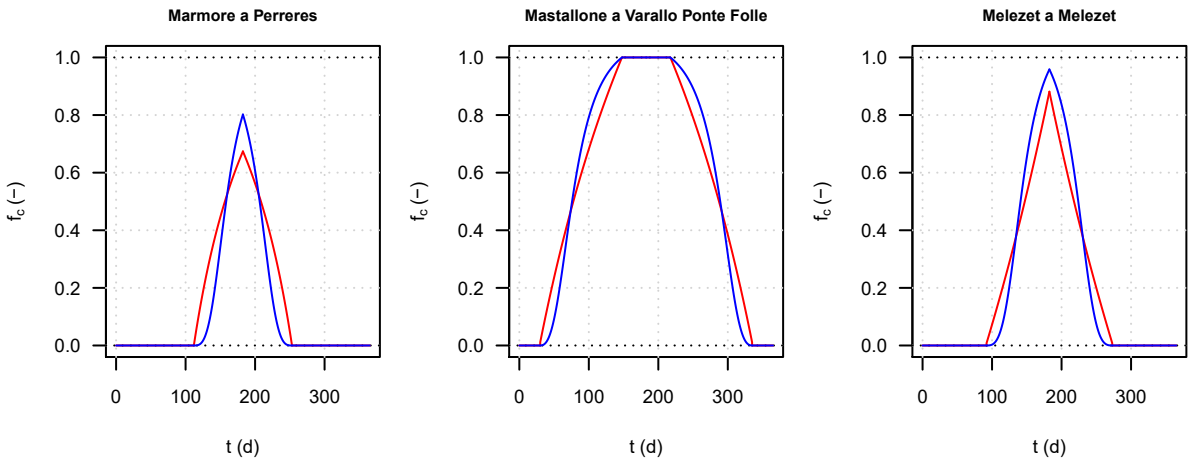

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

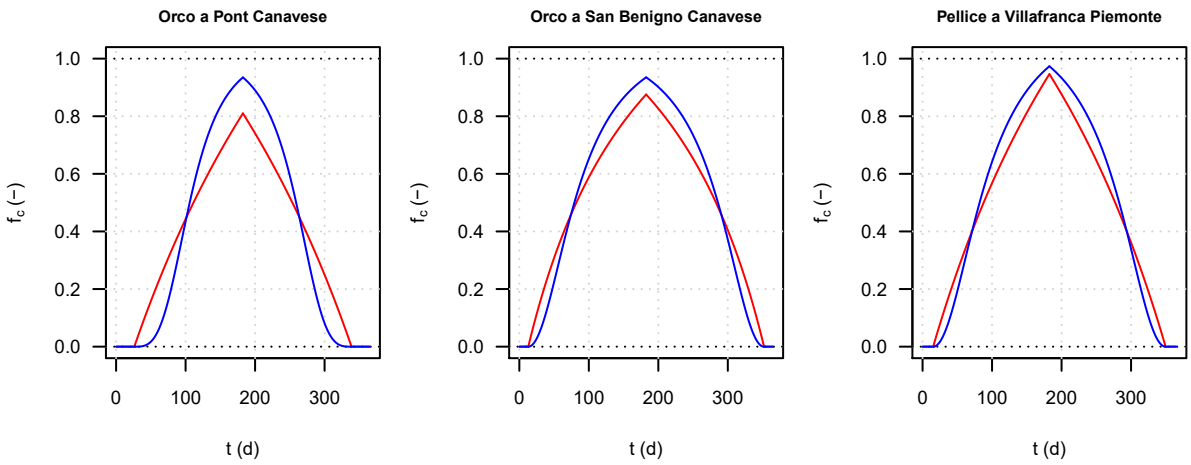

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

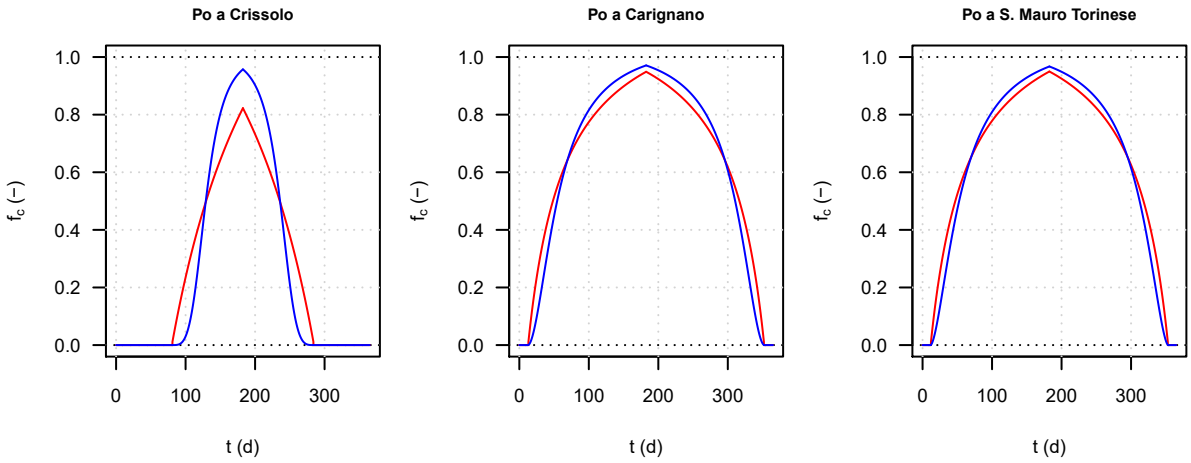

Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

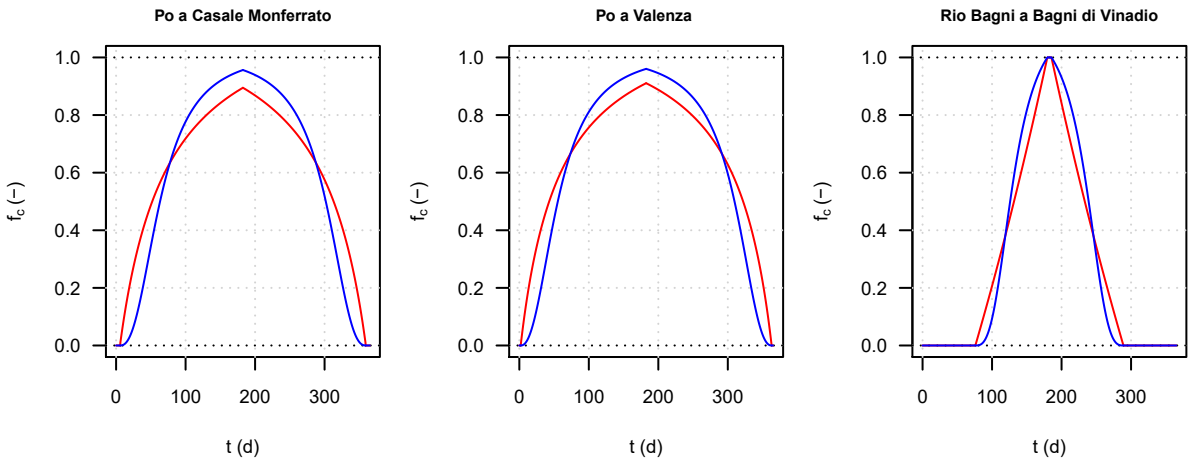

Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

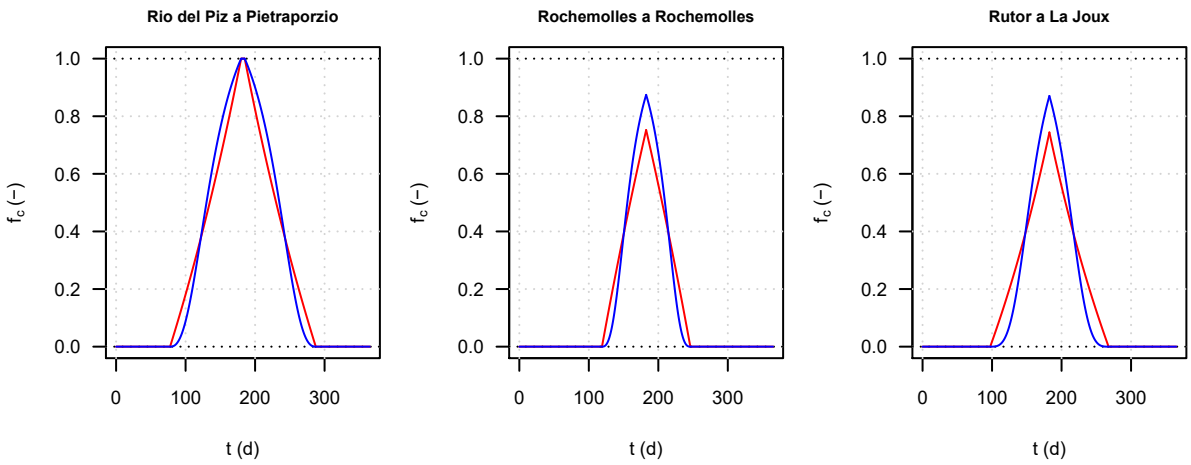

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

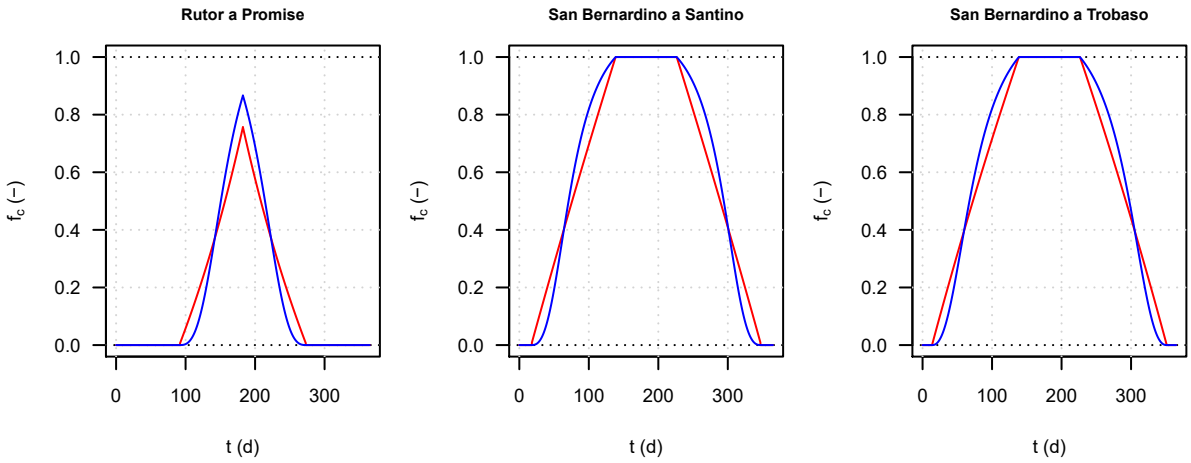

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

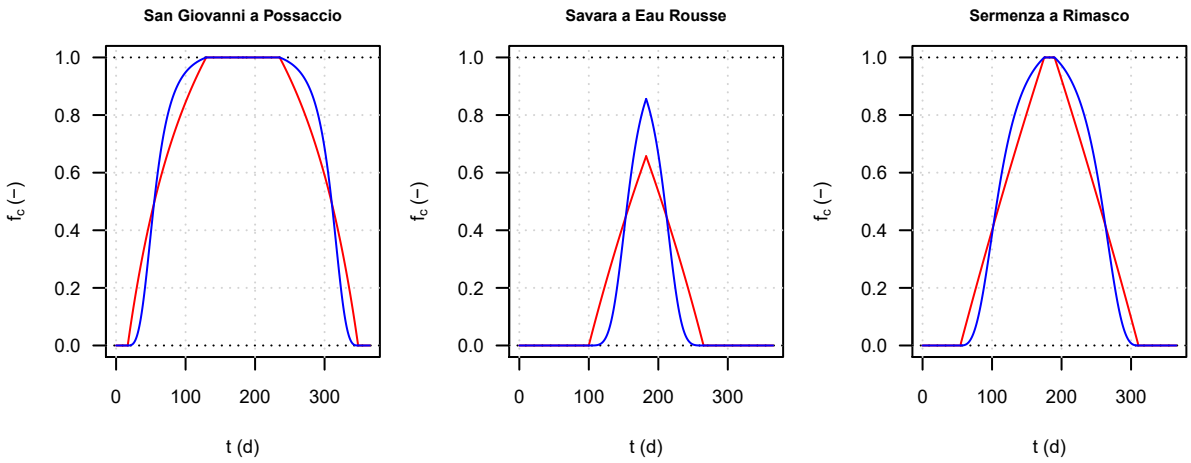

Orco a Pont Canavese
Orco a San Benigno Canavese
Pellice a Villafranca Piemonte
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

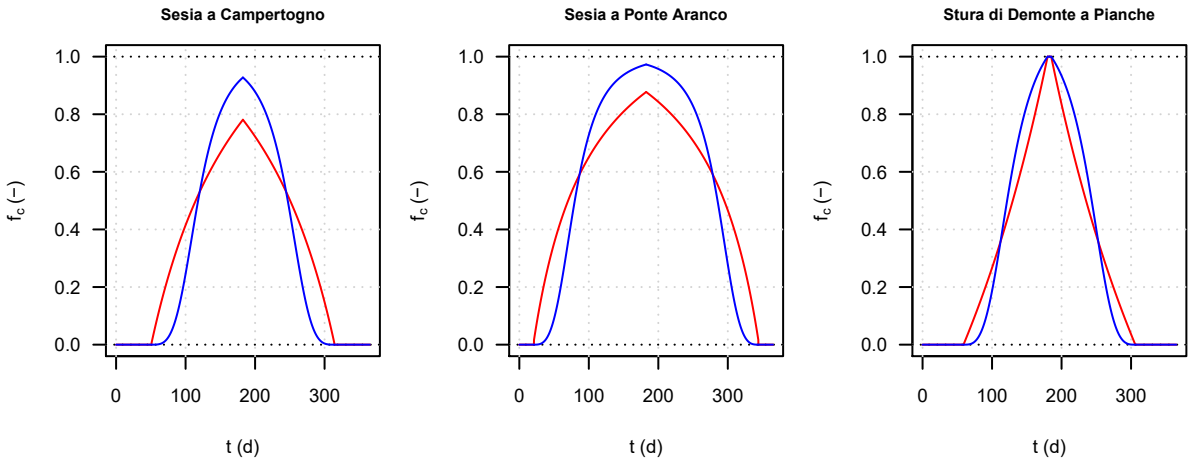

Po a Crissolo
Po a Carignano
Po a S. Mauro Torinese
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

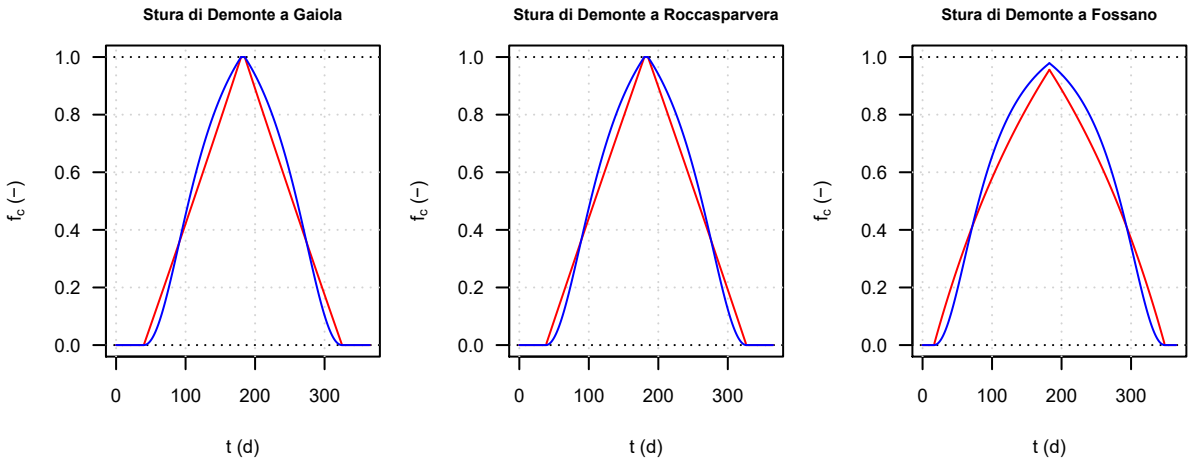

Po a Casale Monferrato
Po a Valenza
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

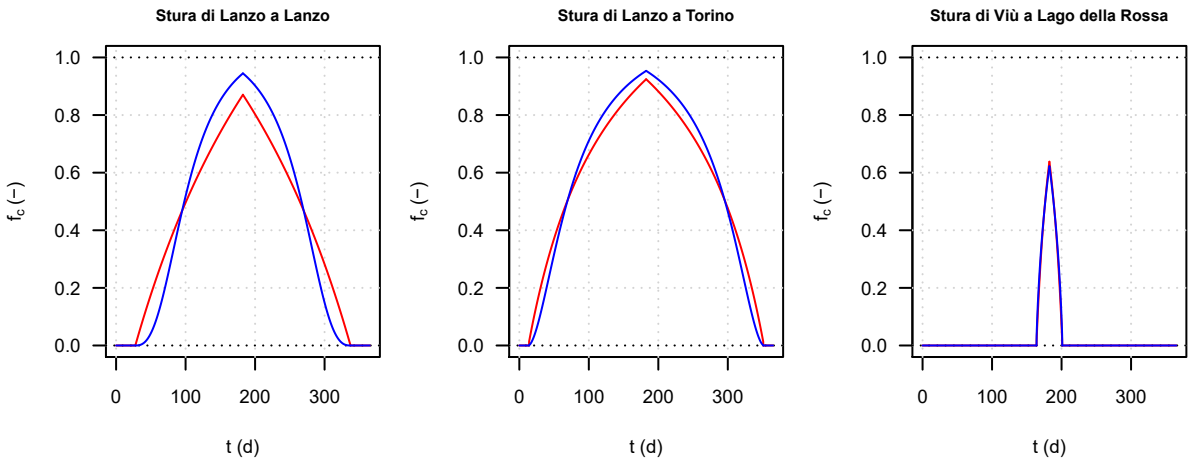

Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

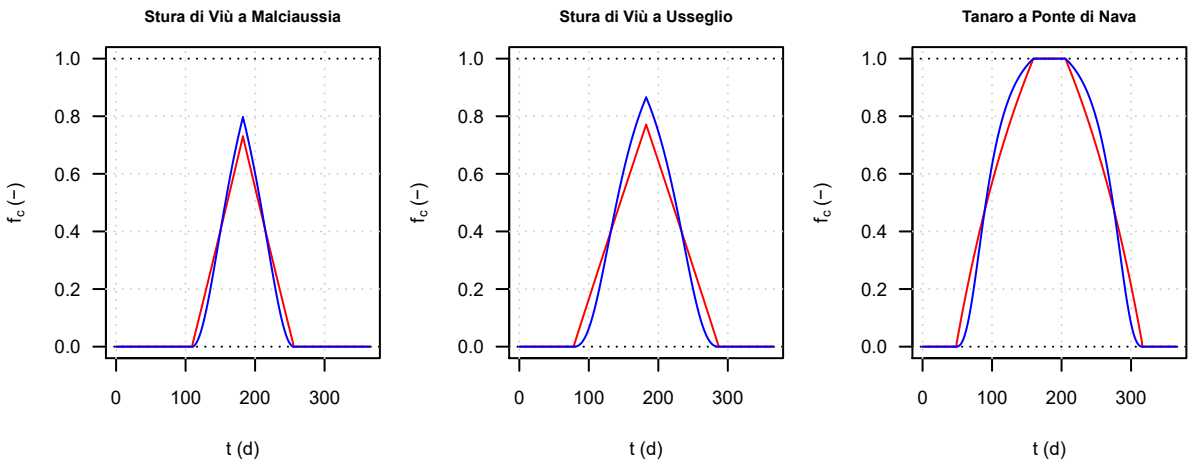

Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

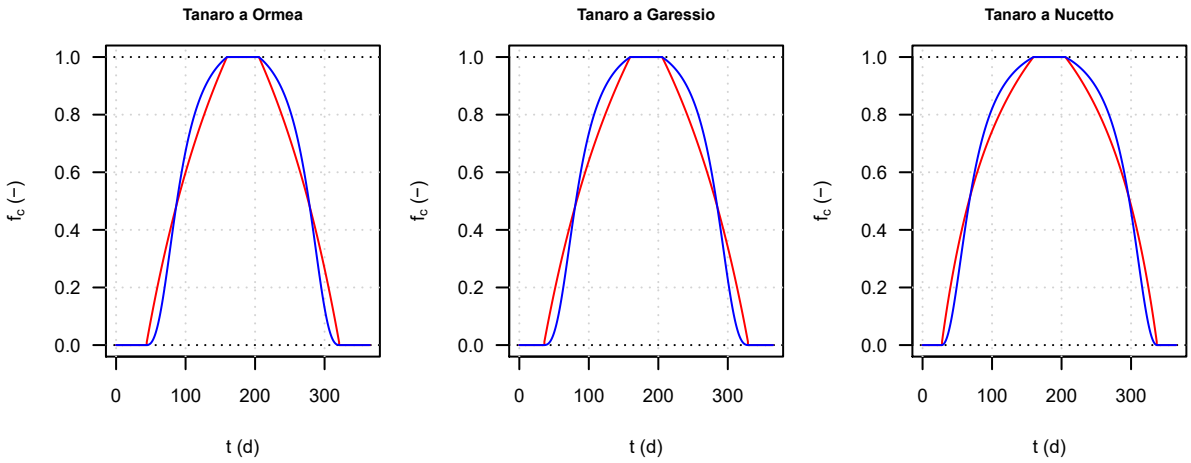

San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

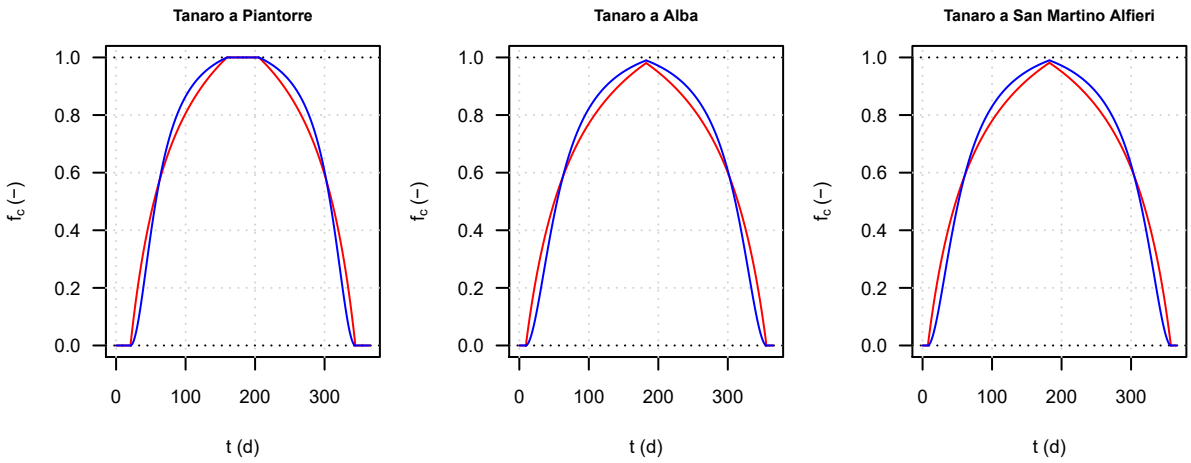

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

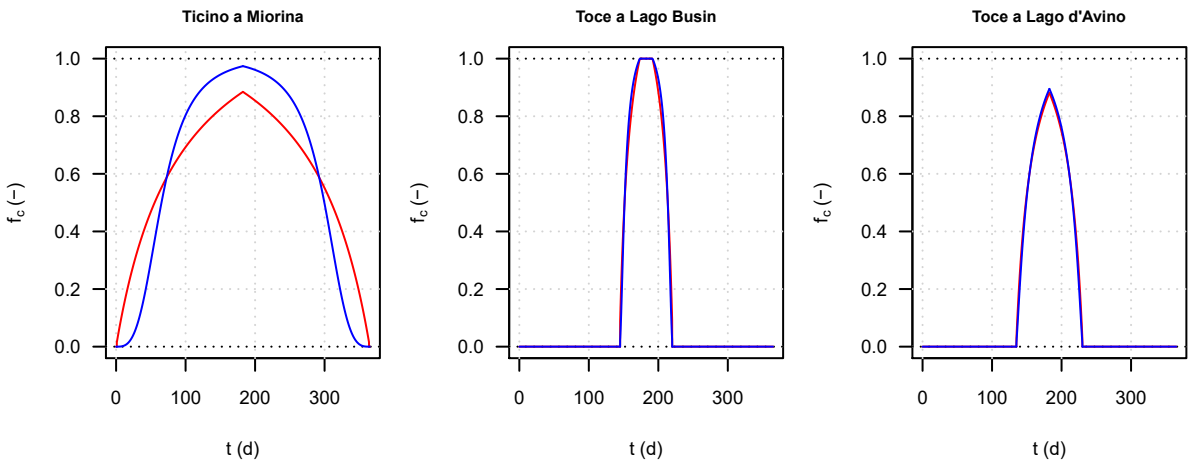

Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Demonte a Roccasparvera
Stura di Demonte a Fossano
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

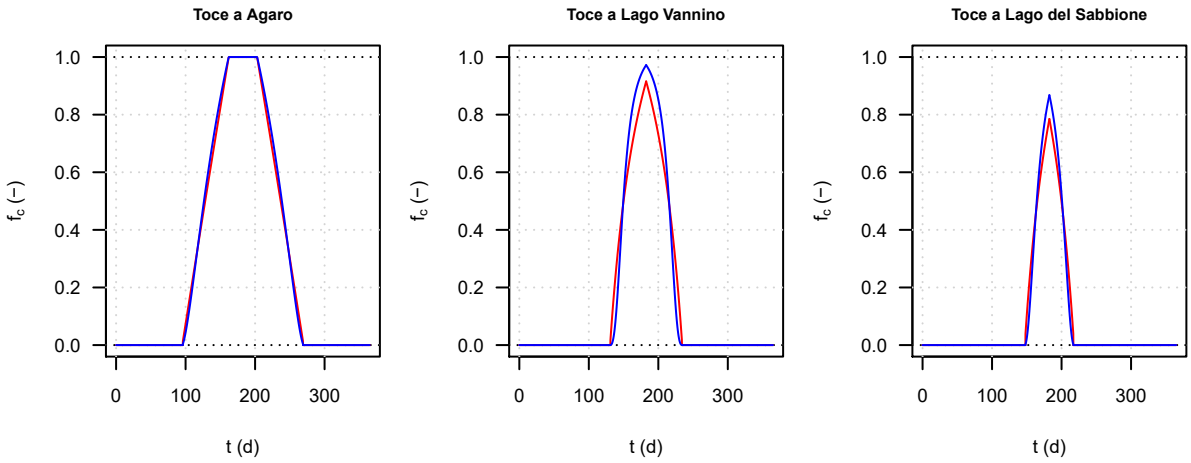

Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
Stura di Viù a Lago della Rossa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

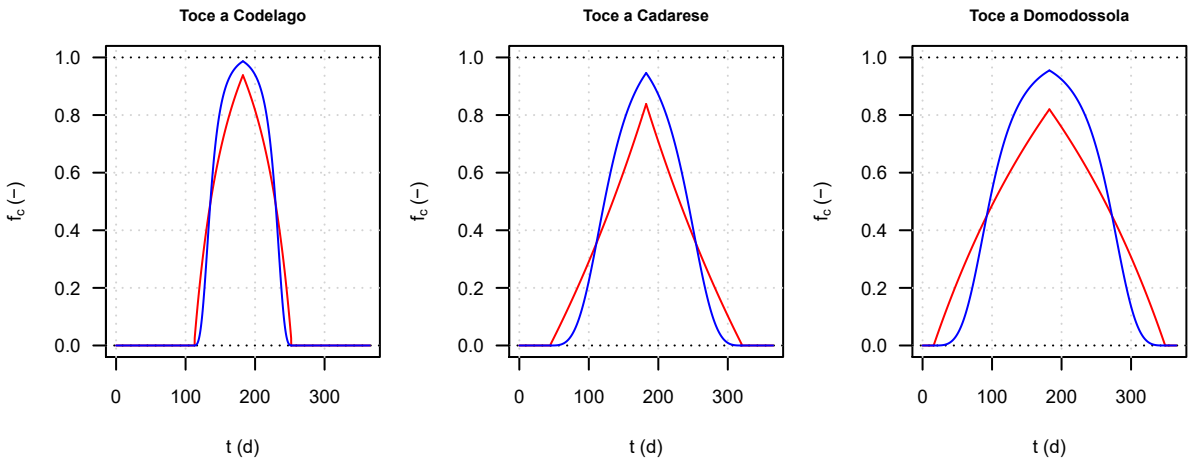

Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

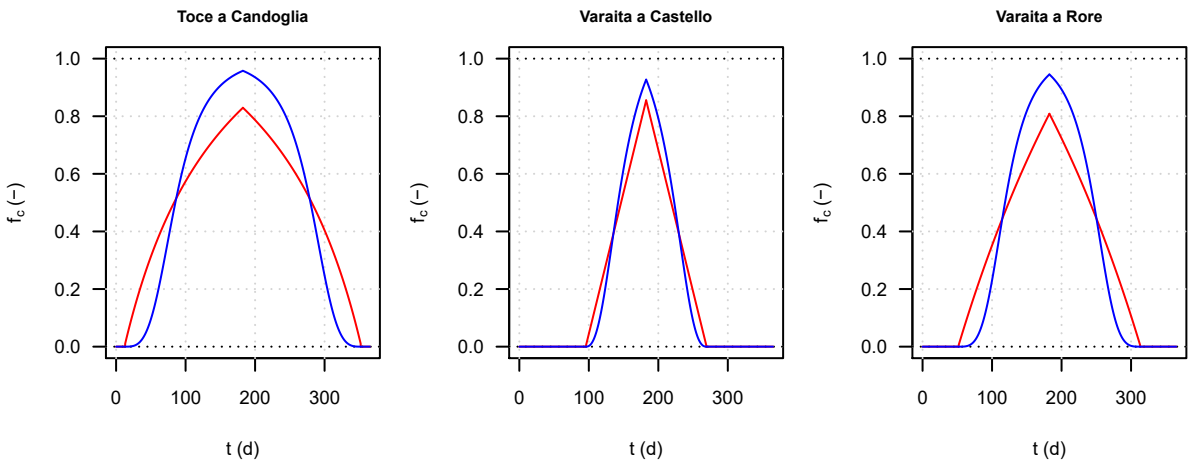

Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

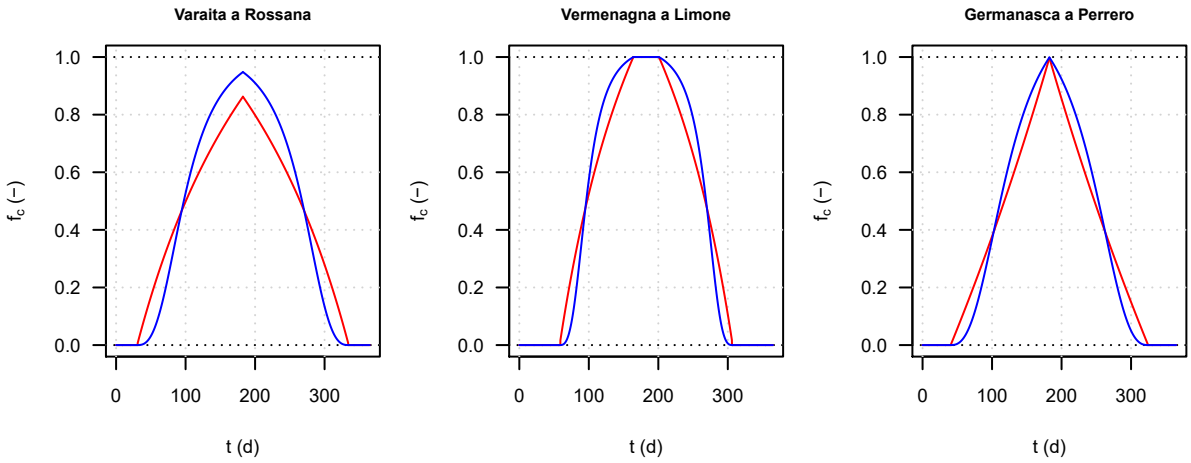

Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

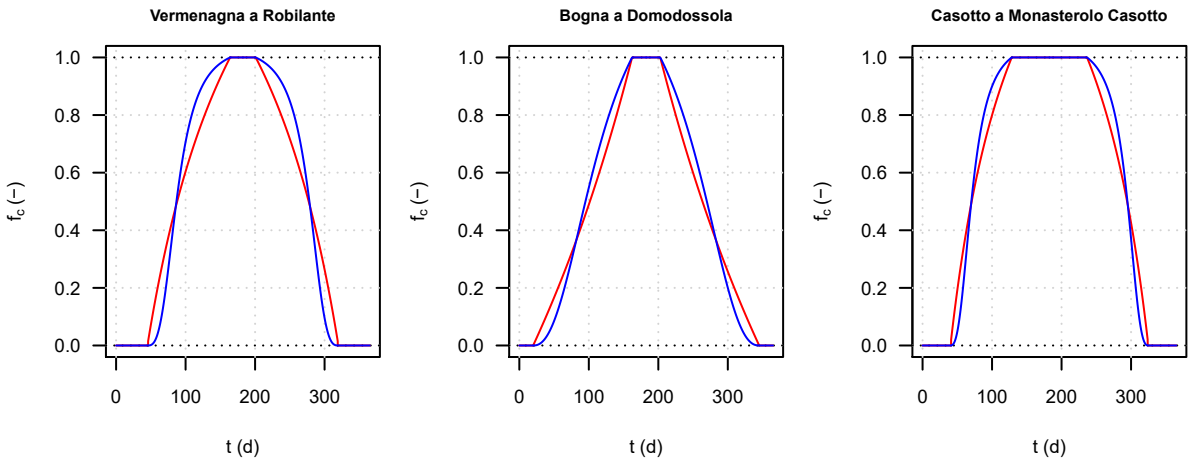

Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

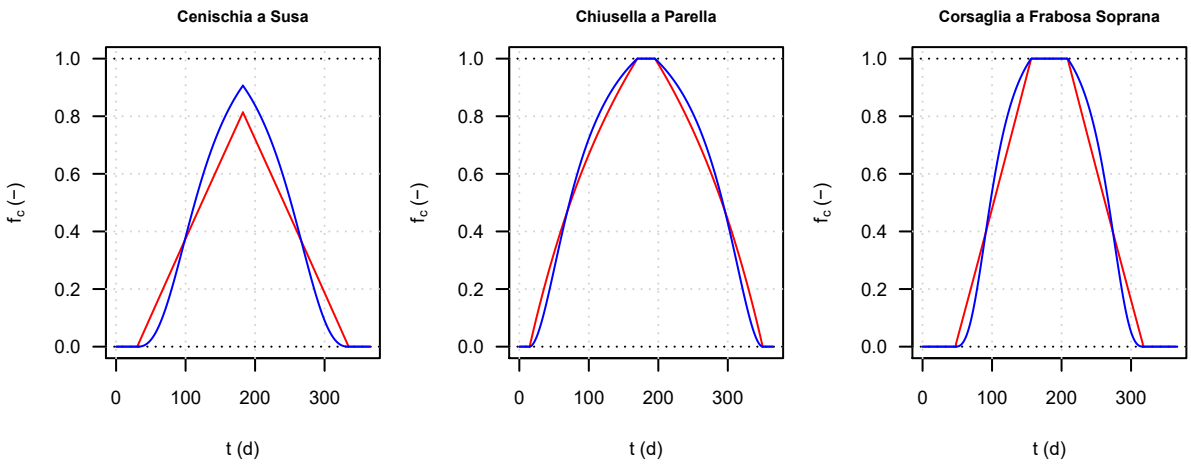

Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

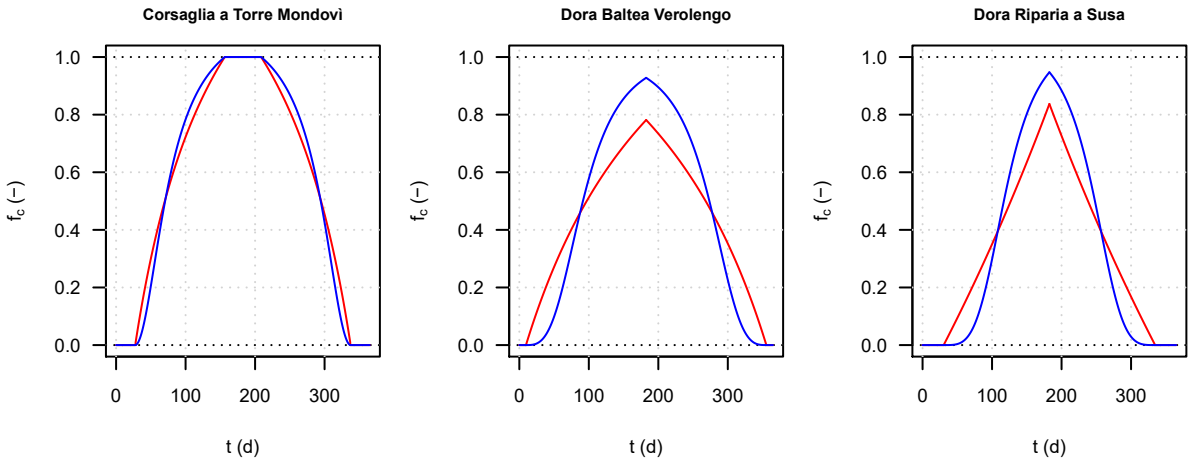

Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

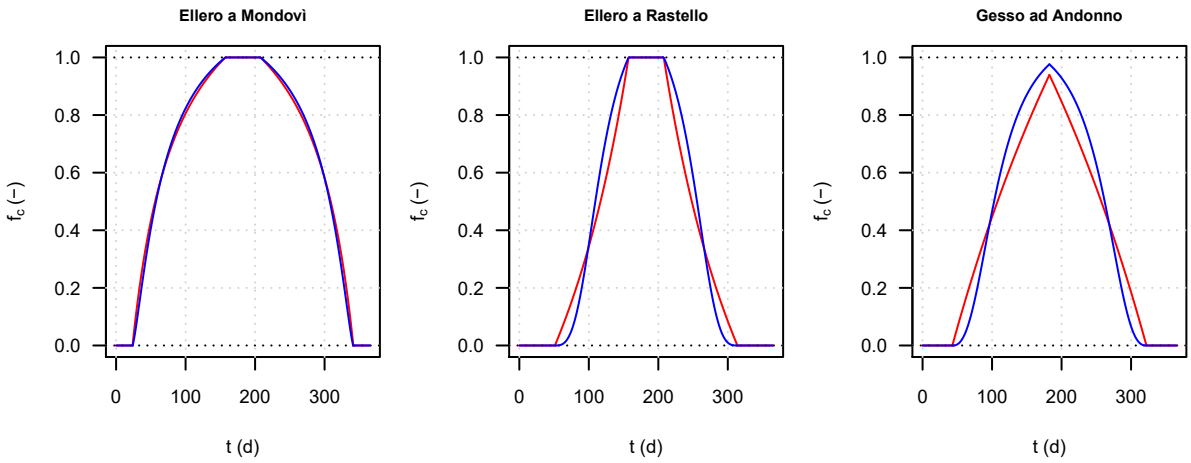

Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

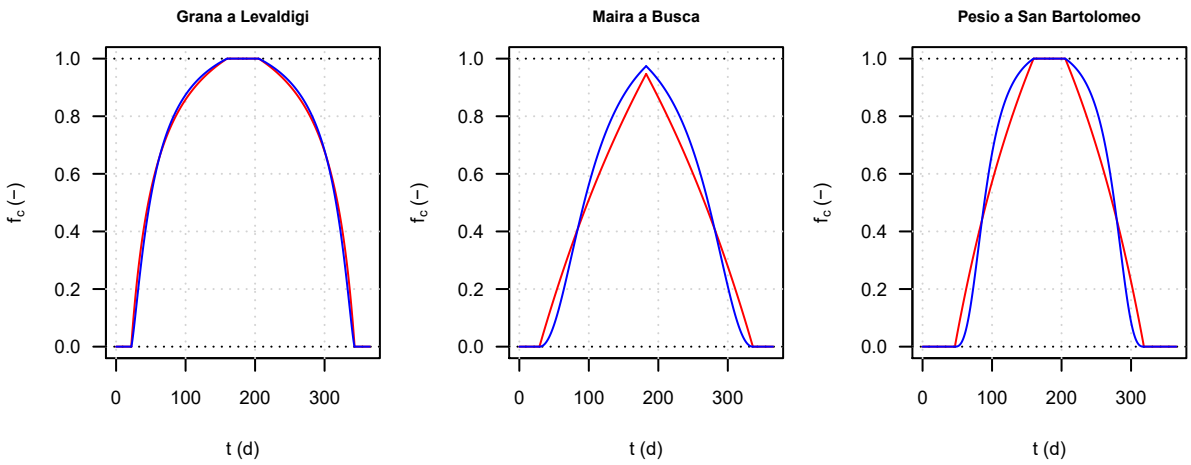

Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

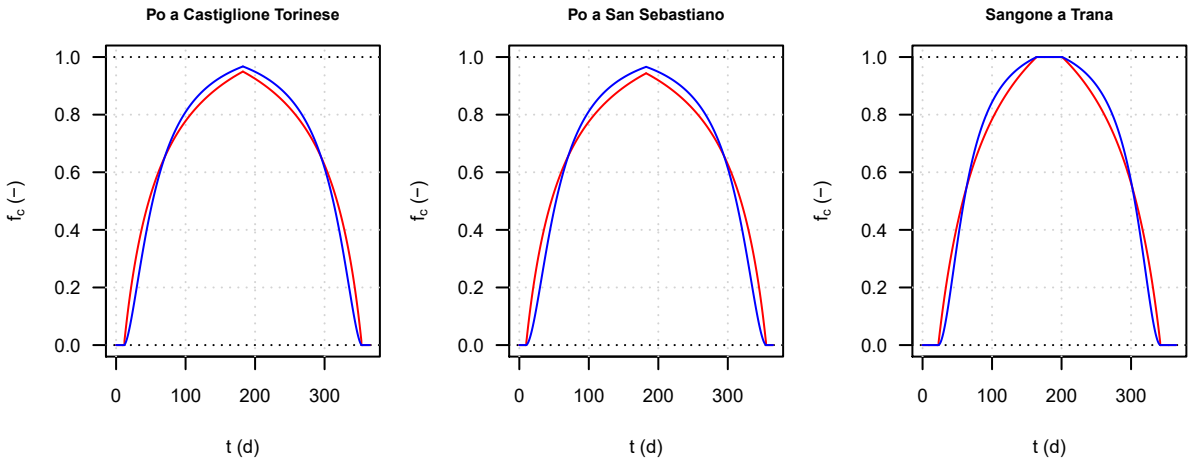

Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

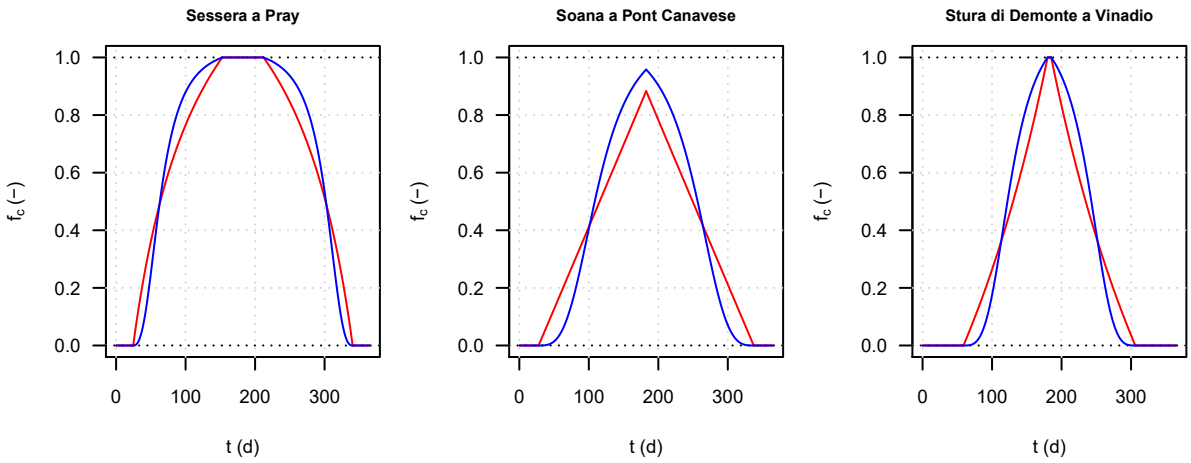

Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

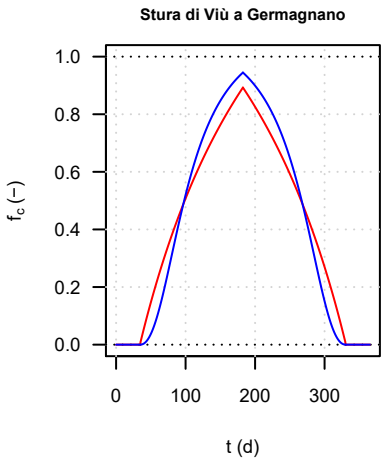

Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

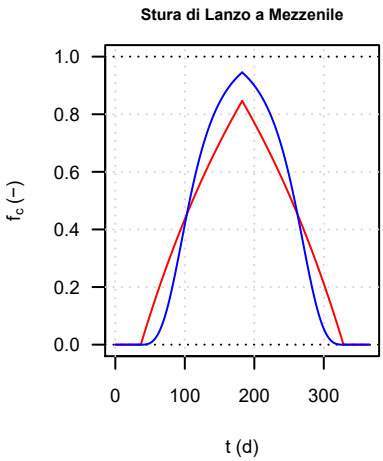

Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

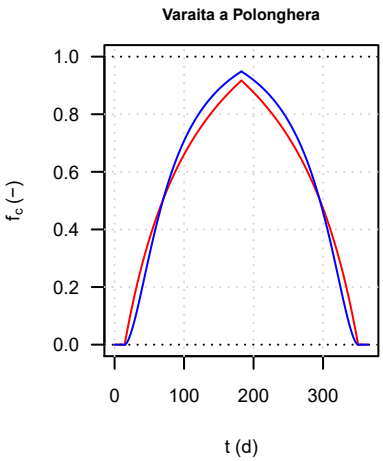

Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300

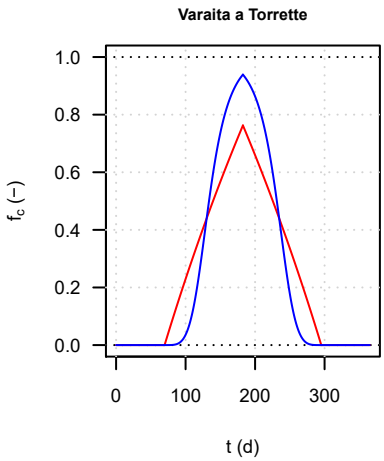

Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300


Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
f_c (–)
t (d)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
100
200
300


Stura di Viù a Germagnano
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)


Stura di Lanzo a Mezzenile
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)


Varaita a Polonghera
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)


Varaita a Torrette
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
f_c (–)
0
100
200
300
t (d)

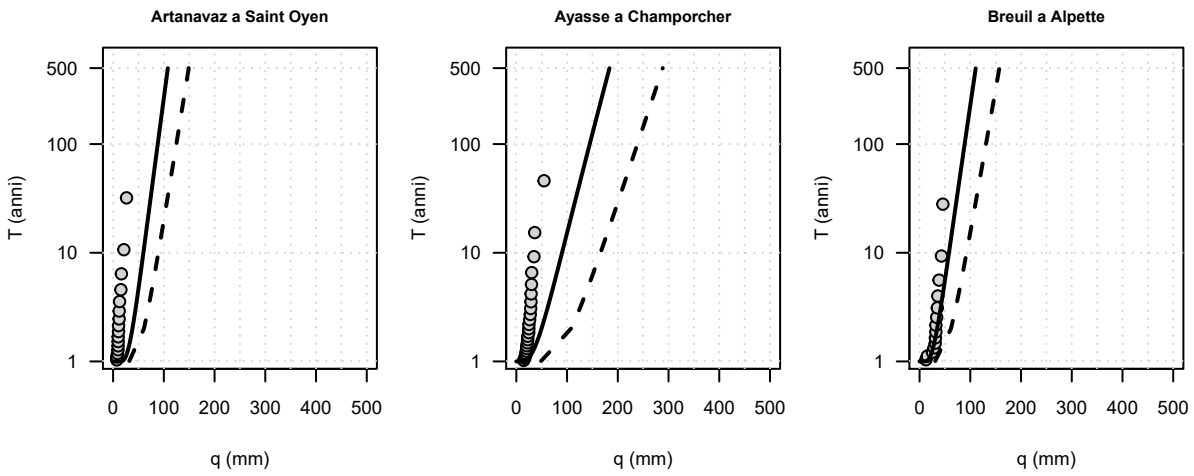
ALLEGATO F – RISULTATI OTTENUTI CON IL MODELLO FLOODALP

In questo allegato si riportano i risultati ottenuti, in termini di distribuzione di frequenza cumulata, a seguito dell'applicazione del modello *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*). In particolare, si distinguono i risultati in funzione di:

- Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro
- Modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler
- Confronto dei risultati ottenuti con le differenti funzioni di modellazione della curva ipsometrica
- Confronto dei risultati ricavati tramite differenti modalità di interpolazione spaziale dei parametri pluviometrici
- Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro e calibrazione del coefficiente di deflusso
- Modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler e calibrazione del coefficiente di deflusso

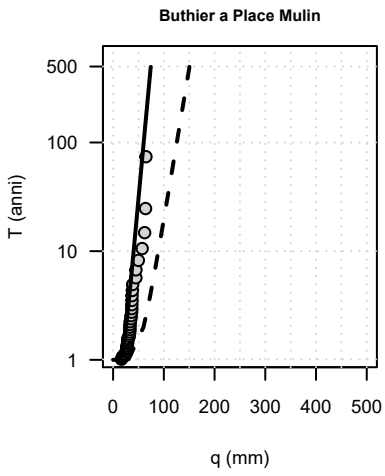
ALLEGATO F.1 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione semplificata ad un parametro

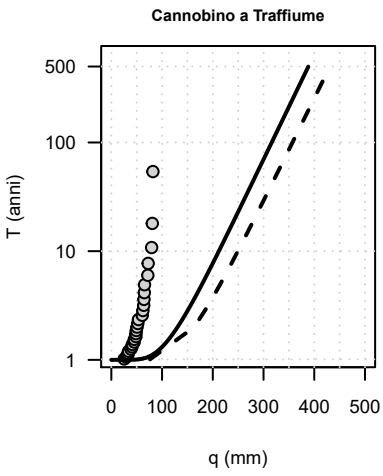
Di seguito si riportano i grafici risultanti dall'applicazione del modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*) parametrizzando la curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro, per tutti i 121 bacini idrografici oggetto di studio.

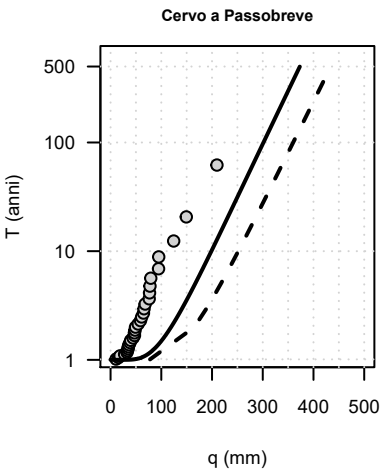

Artanavaz a Saint Oyen
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

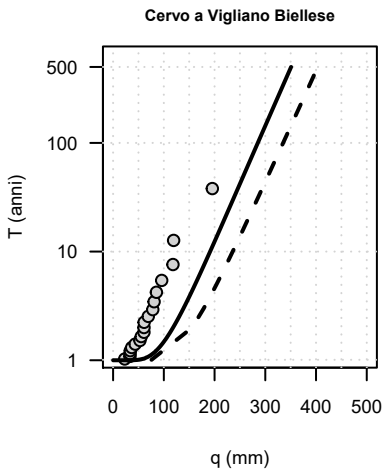
Ayasse a Champorcher
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

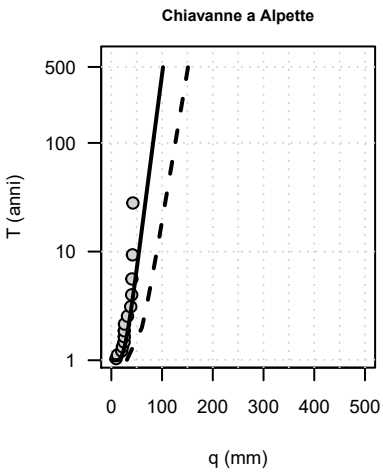
Breuil a Alpette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

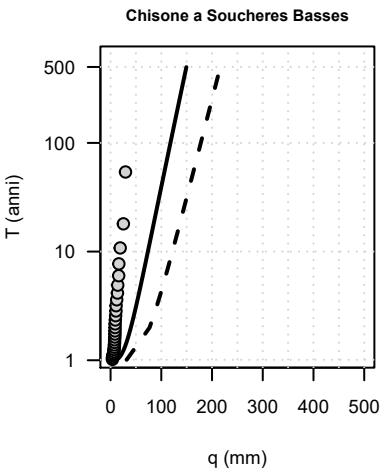

Buthier a Place Mulin
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

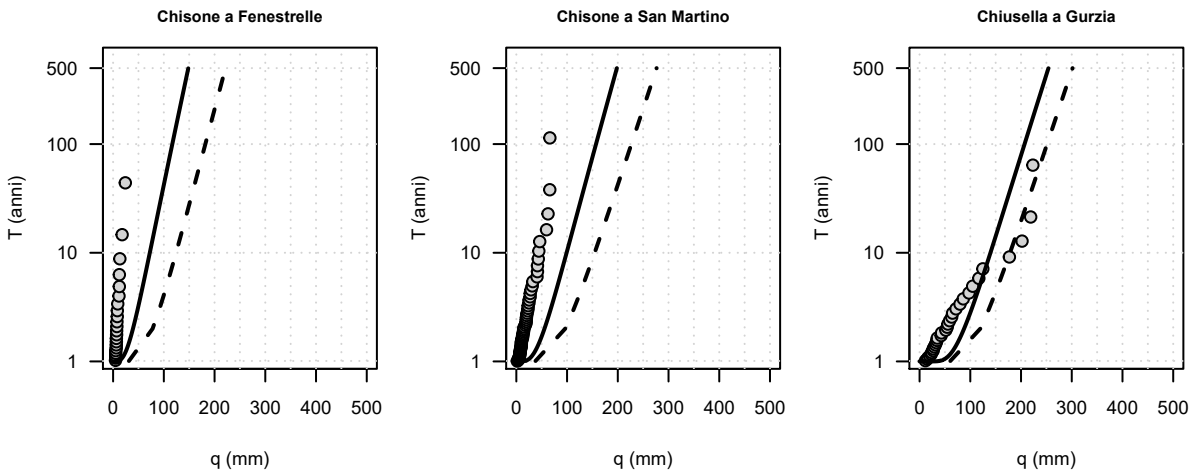

Cannobino a Traffiume
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Cervo a Passobreve
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Cervo a Vigliano Biellese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

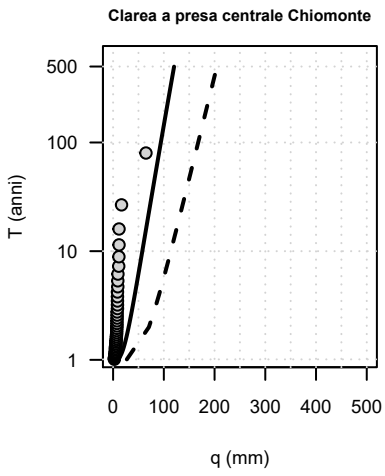

Chiavanne a Alpette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

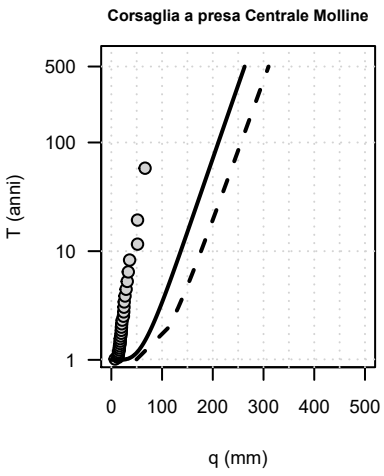

Chisone a Soucheres Basses
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

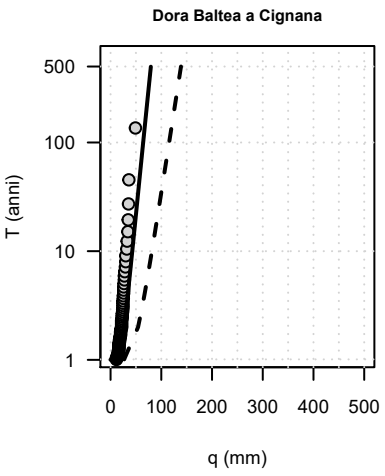

Chisone a Fenestrelle
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

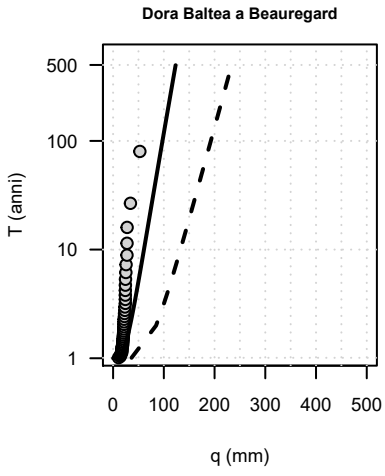
Chisone a San Martino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

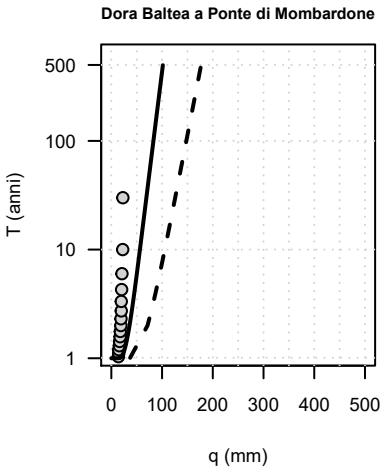
Chiusella a Gurzia
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

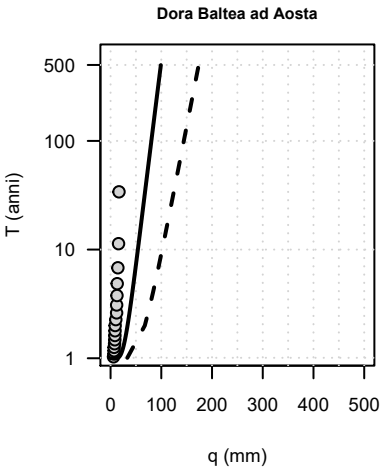

Clarea a presa centrale Chiomonte
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

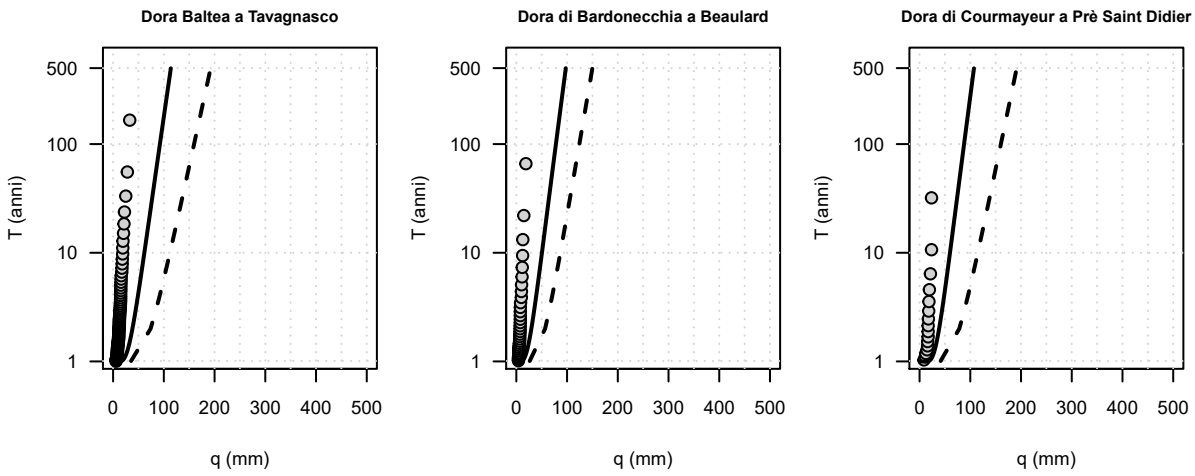

Corsaglia a presa Centrale Molline
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

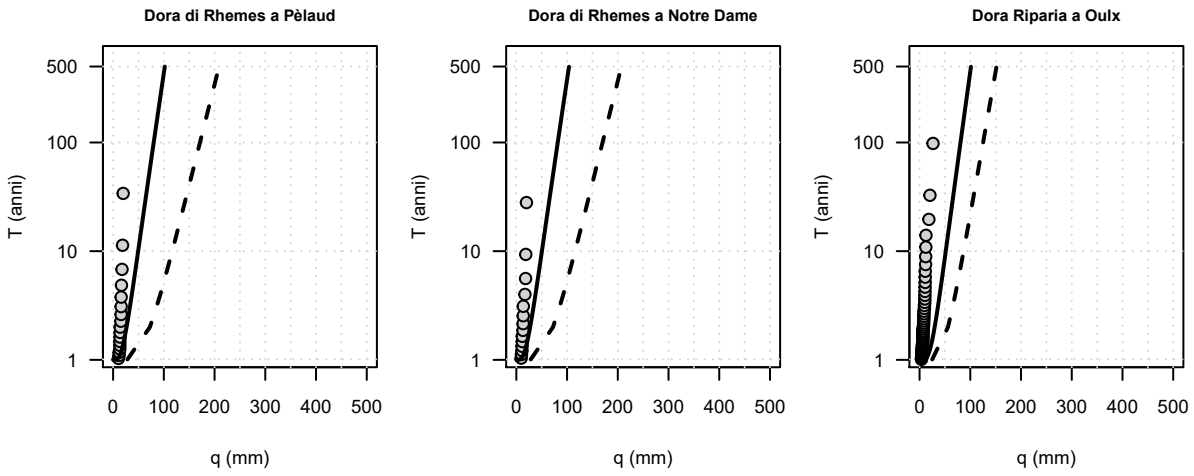

Dora Baltea a Cignana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

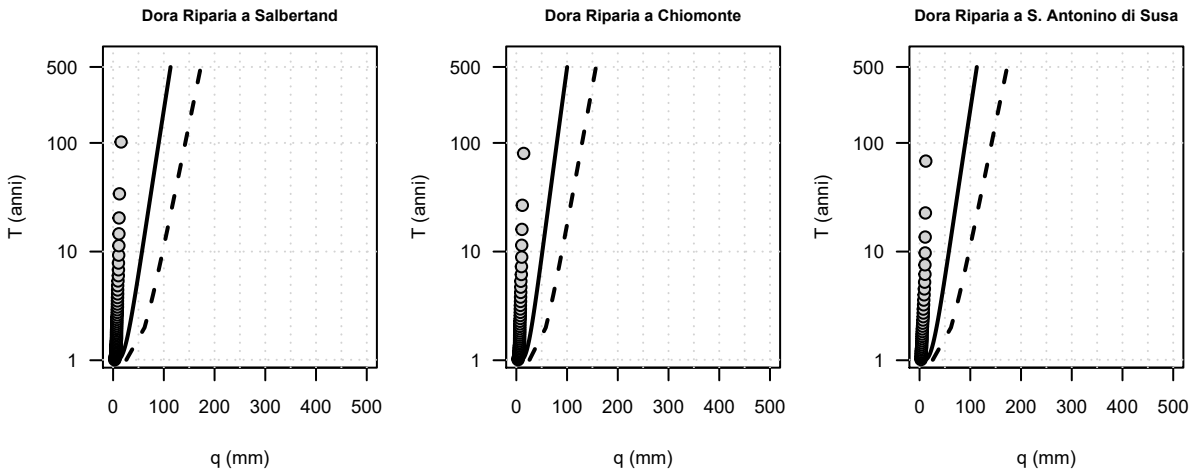

Dora Baltea a Beauregard
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

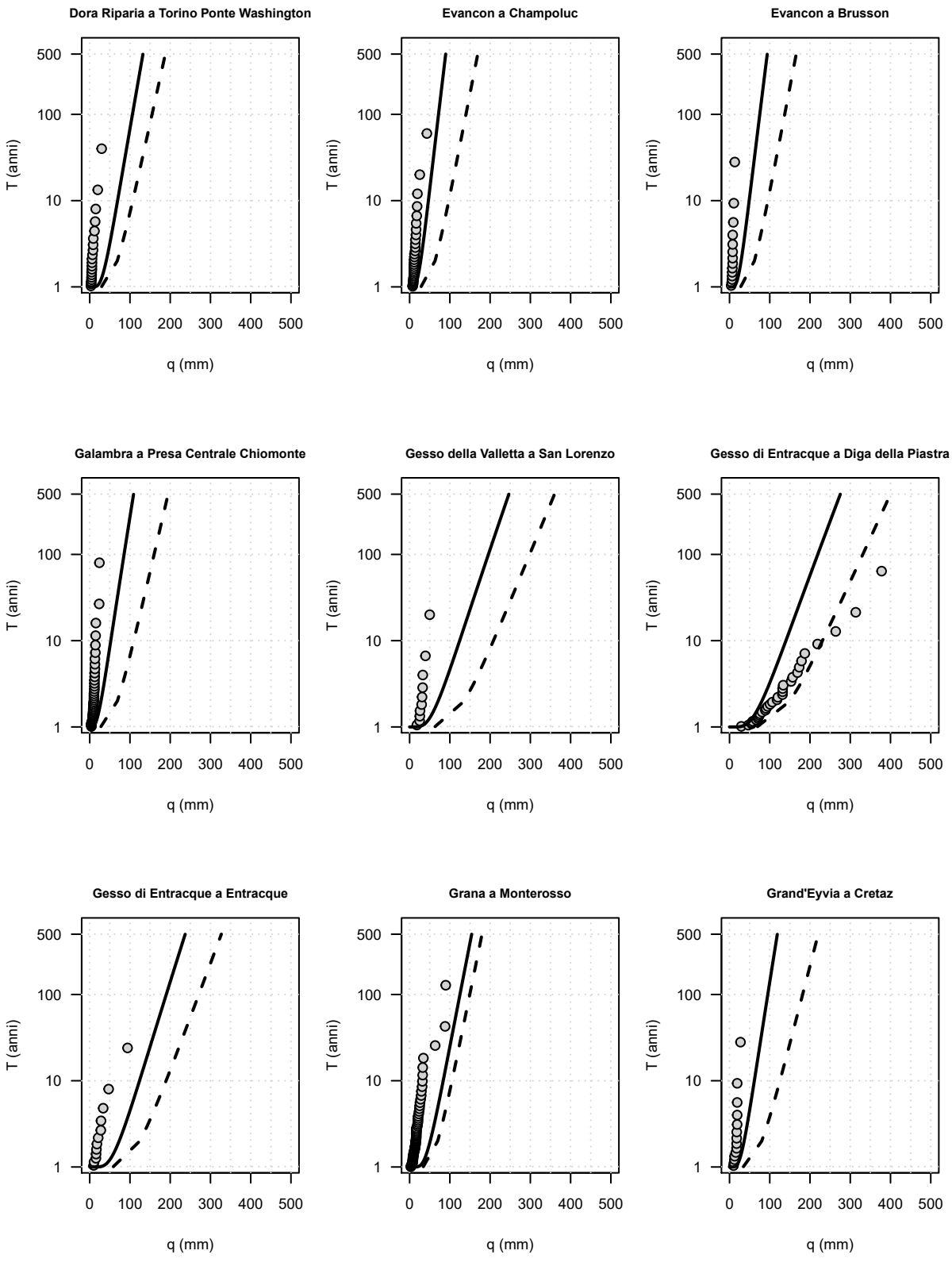

Dora Baltea a Ponte di Mombardone
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

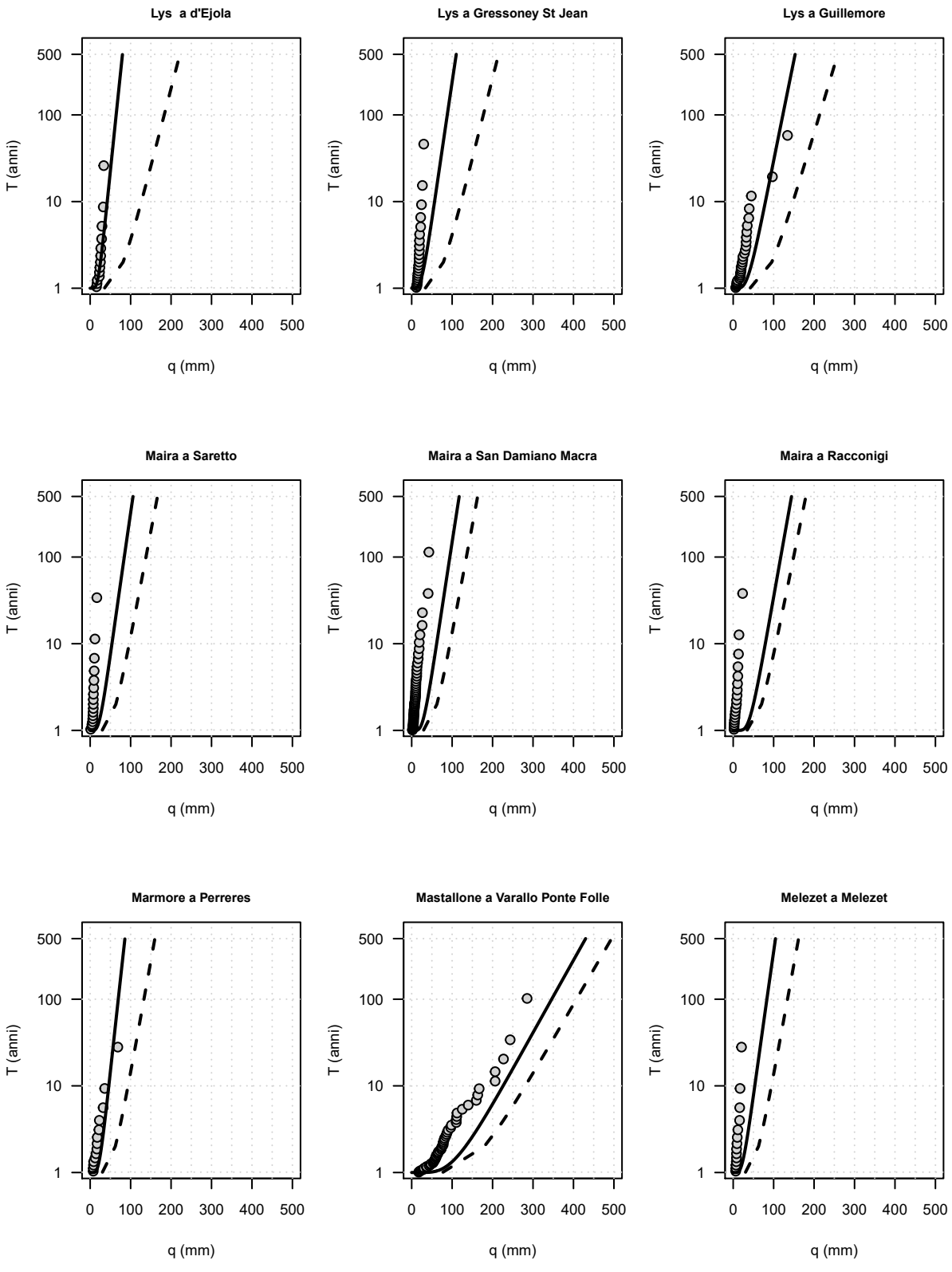

Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

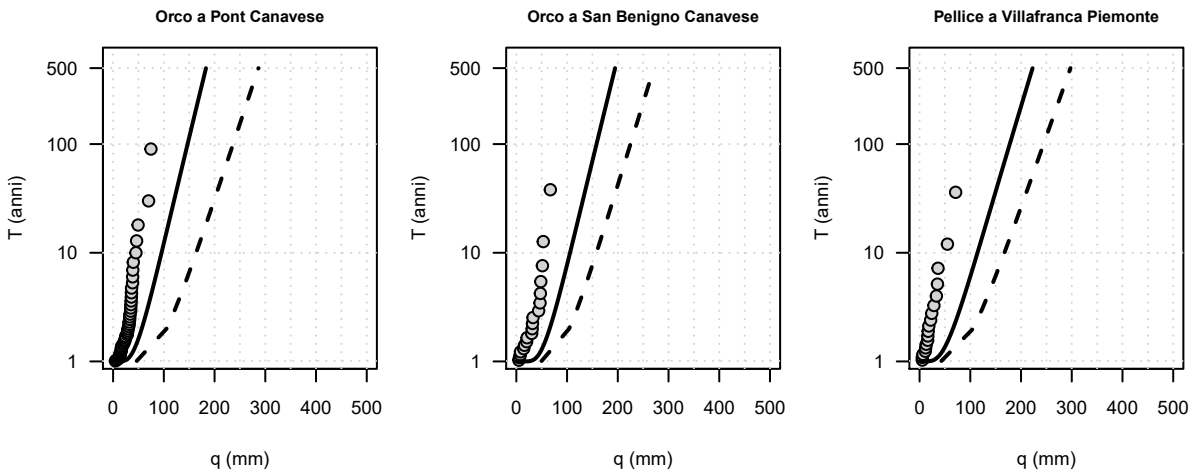

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

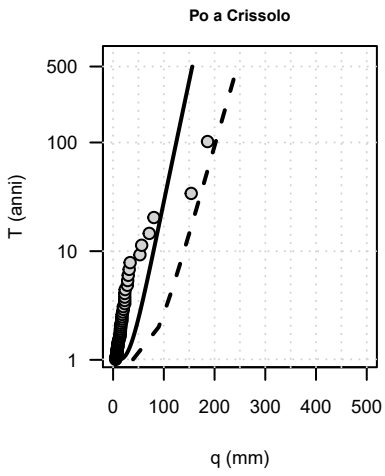

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

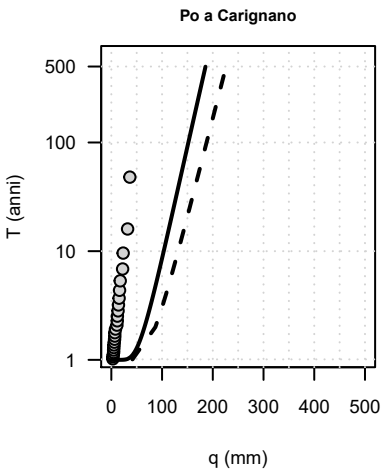

Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

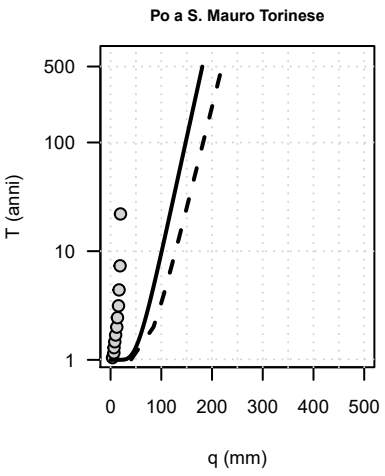

Orco a Pont Canavese
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

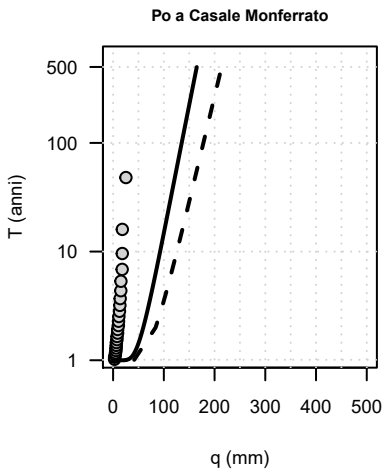
Orco a San Benigno Canavese
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

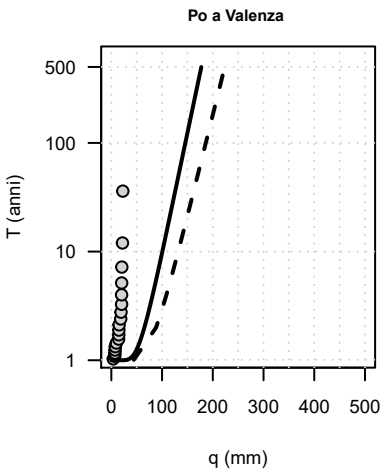
Pellice a Villafranca Piemonte
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

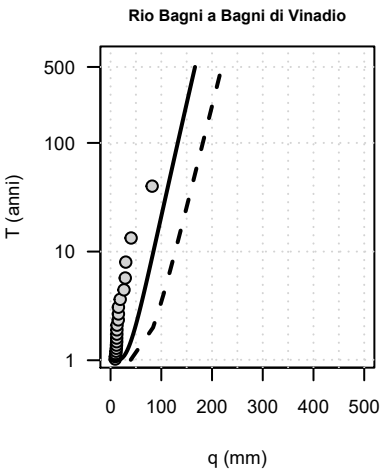

Po a Crissolo
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

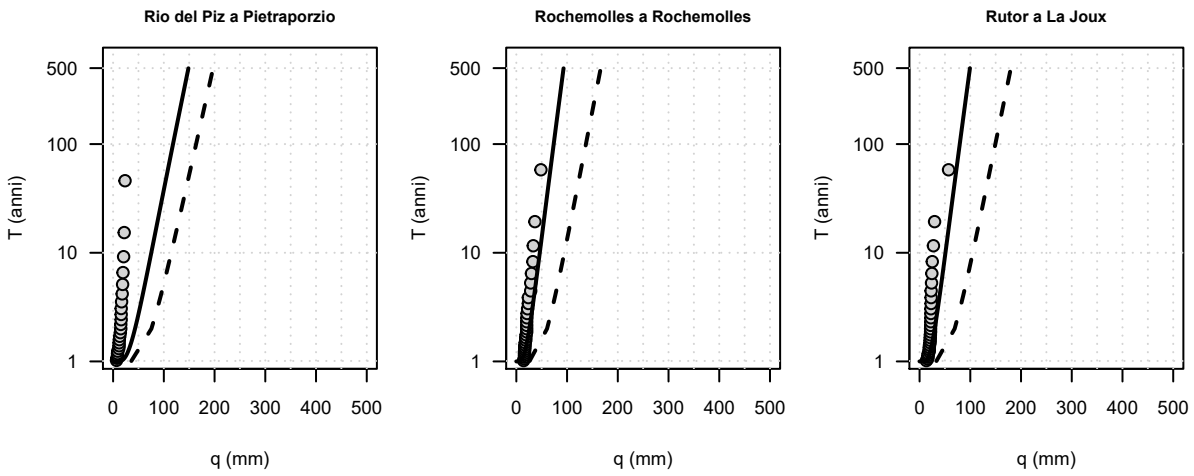

Po a Carignano
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

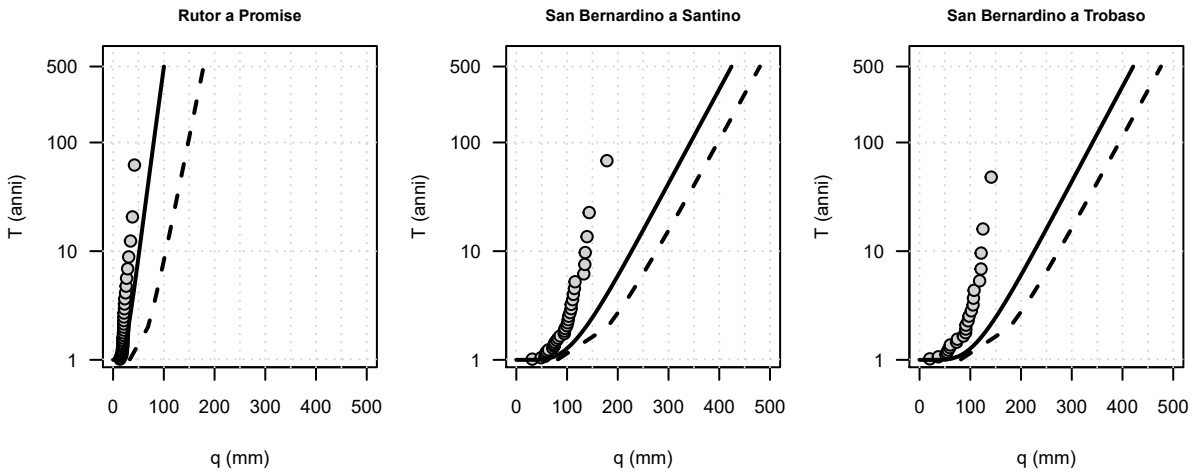

Po a S. Mauro Torinese
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

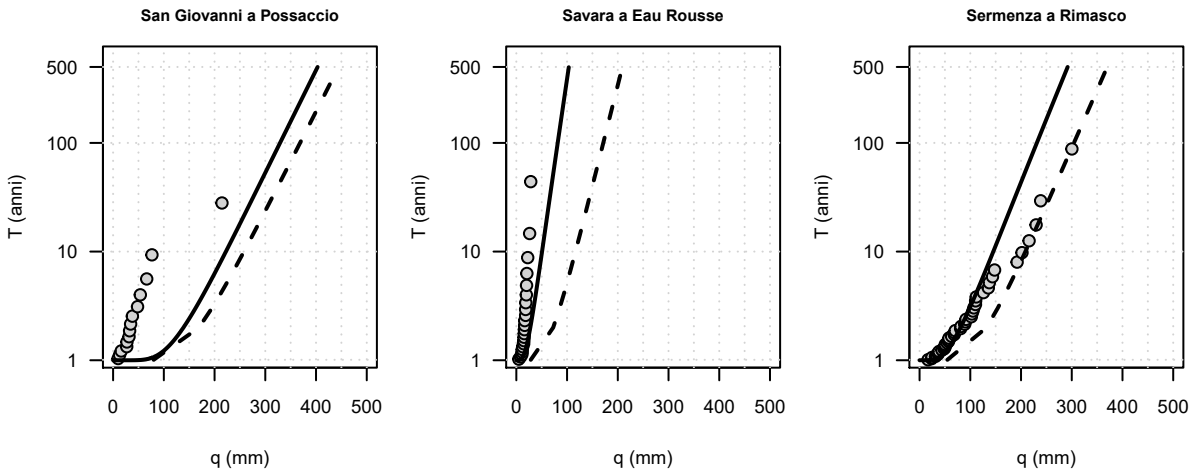

Po a Casale Monferrato
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

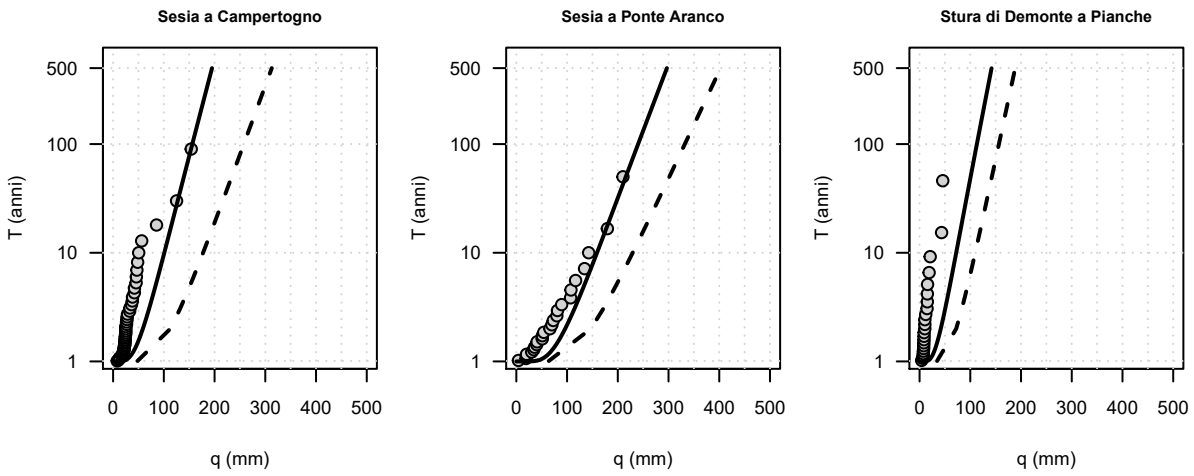

Po a Valenza
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Rio Bagni a Bagni di Vinadio
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

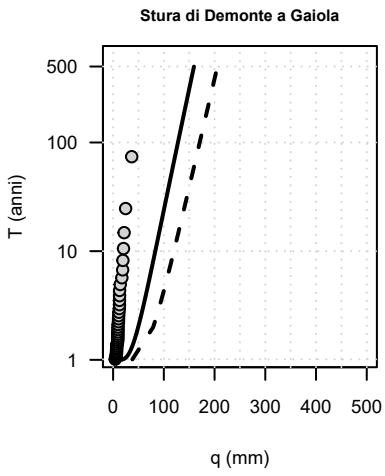

Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

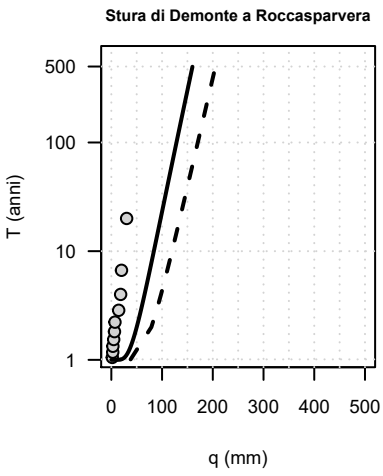

San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

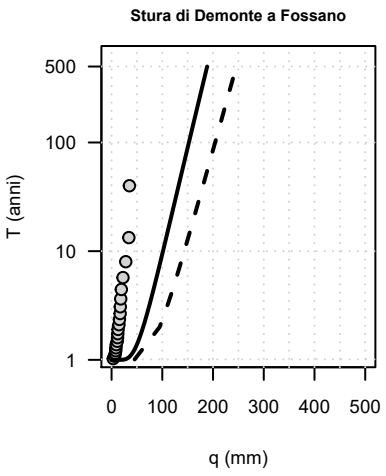

Sesia a Campertogno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

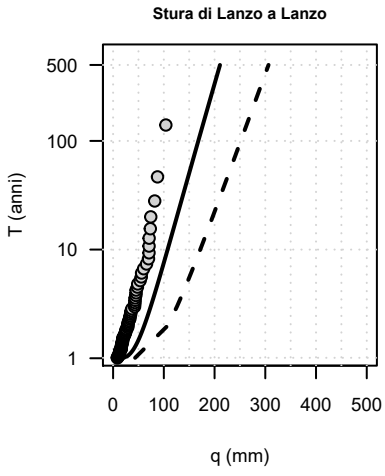
Sesia a Ponte Aranco
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

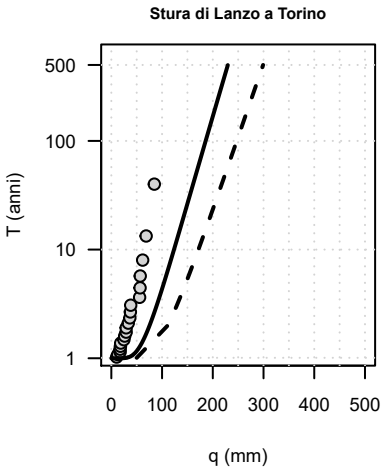
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

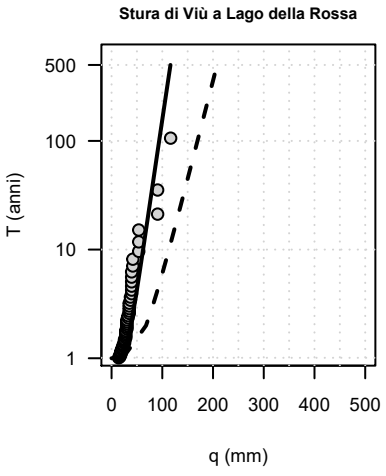

Stura di Demonte a Gaiola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

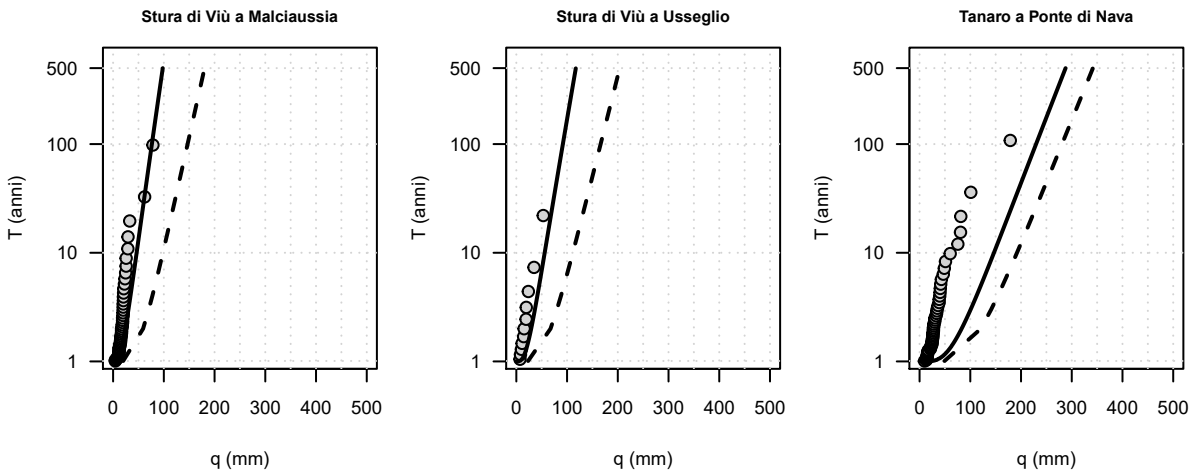

Stura di Demonte a Roccasparvera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Demonte a Fossano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Lanzo a Lanzo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

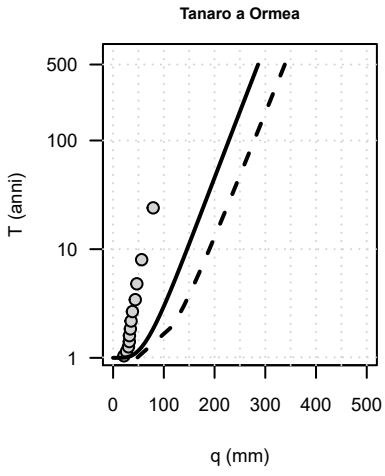

Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

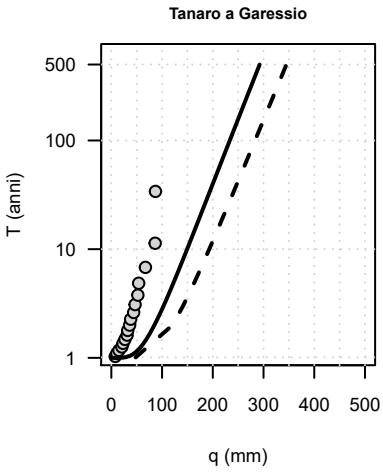

Stura di Viù a Lago della Rossa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

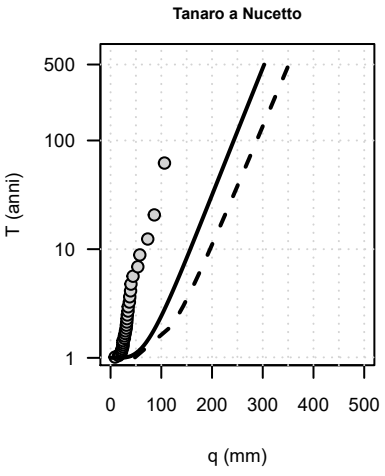

Stura di Viù a Malciaussia
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

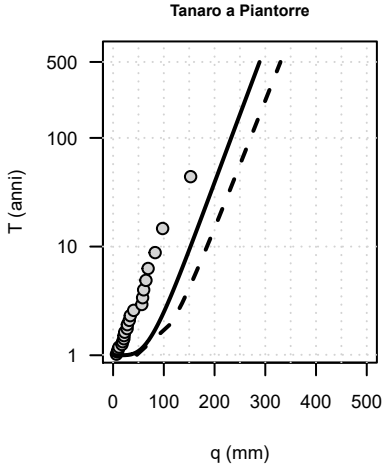
Stura di Viù a Usseglio
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

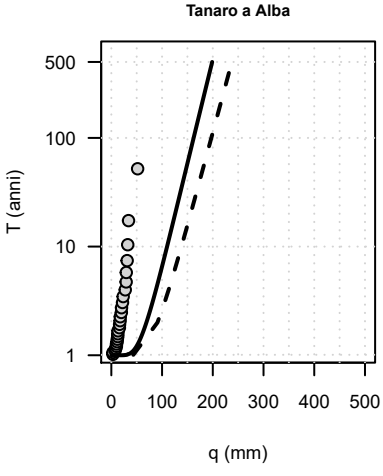
Tanaro a Ponte di Nava
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

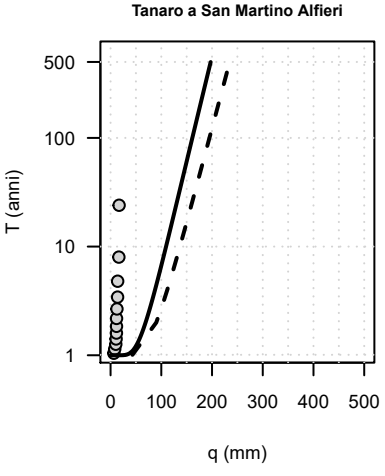

Tanaro a Ormea
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

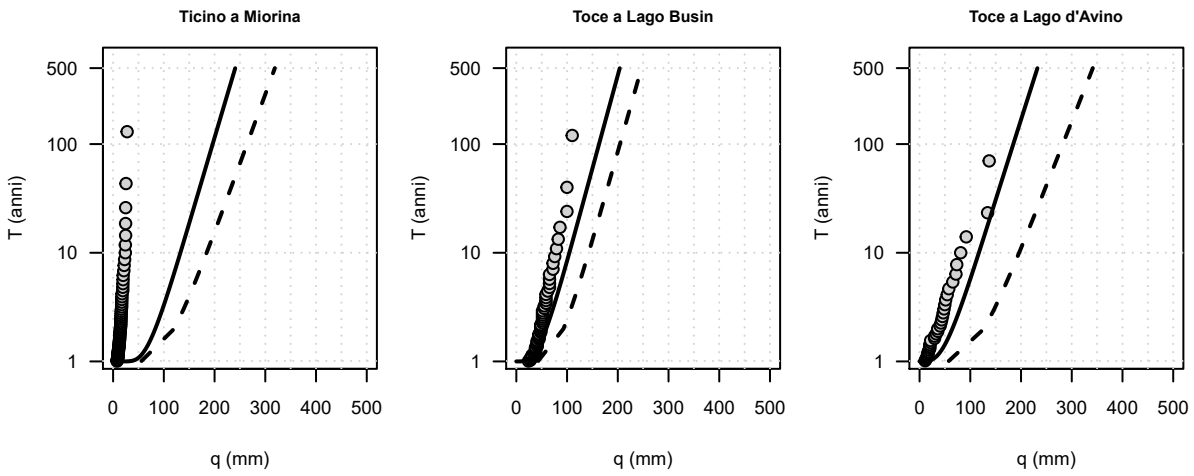

Tanaro a Garessio
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

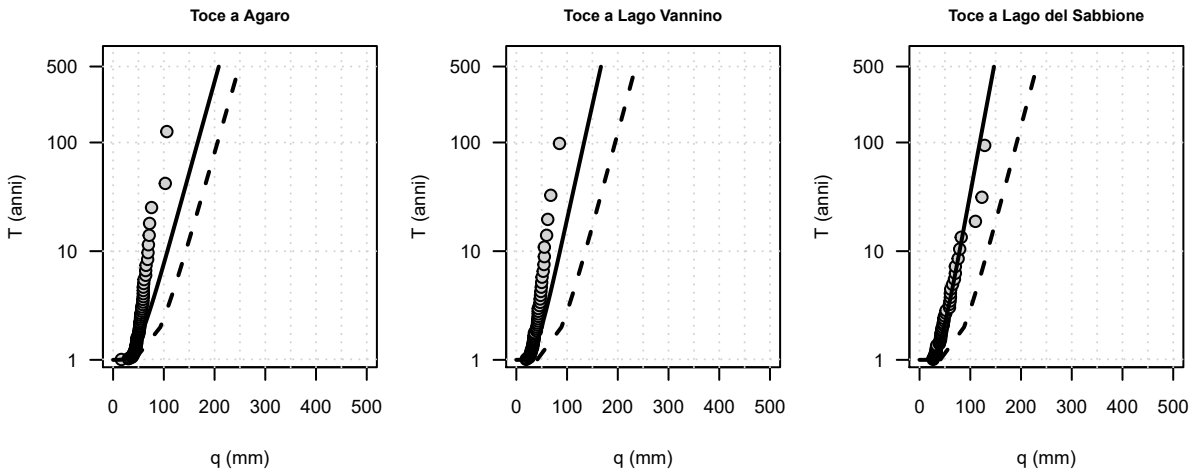

Tanaro a Nucetto
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

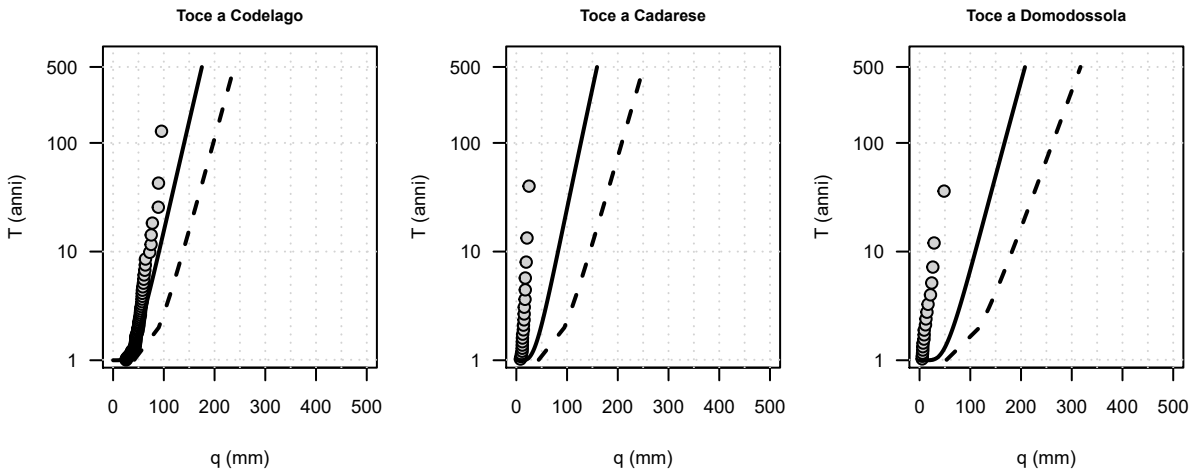

Tanaro a Piantorre
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

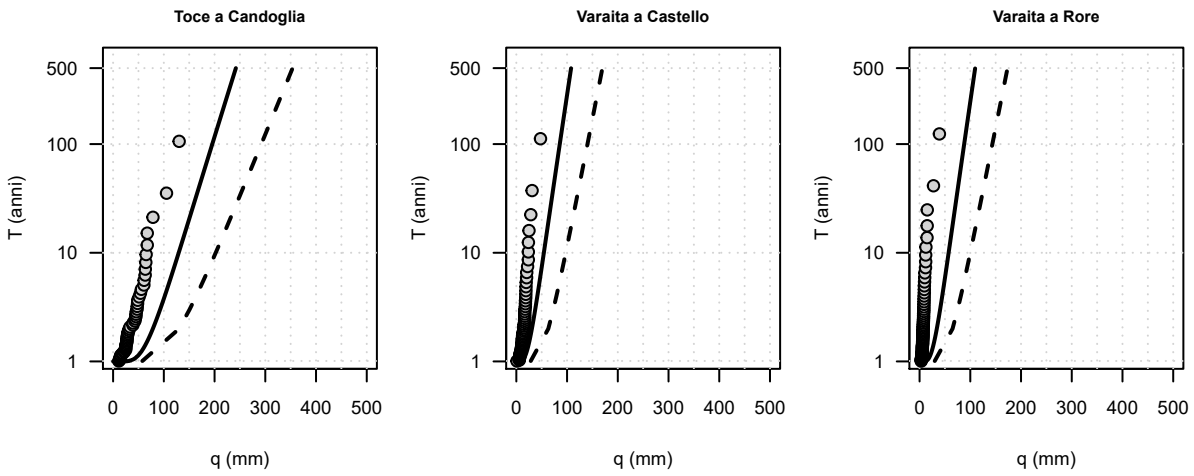

Tanaro a Alba
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Tanaro a San Martino Alfieri
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Ticino a Miorina
Toce a Lago Busin
Toce a Lago d'Avino
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

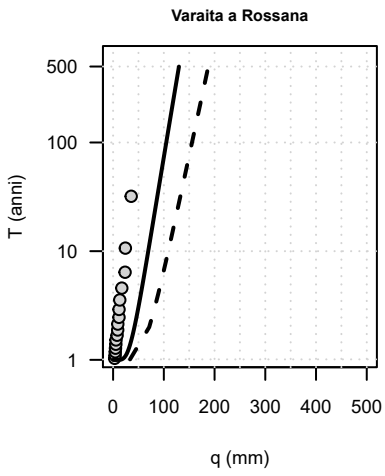

Toce a Agaro
Toce a Lago Vannino
Toce a Lago del Sabbione
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

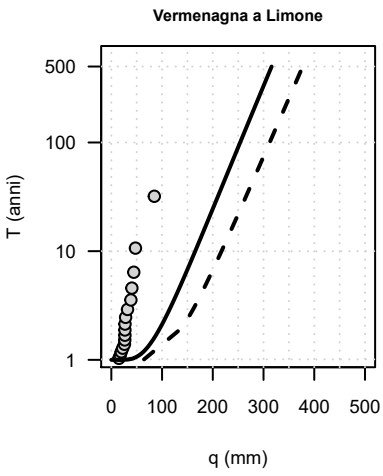

Toce a Codelago
Toce a Cadarese
Toce a Domodossola
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

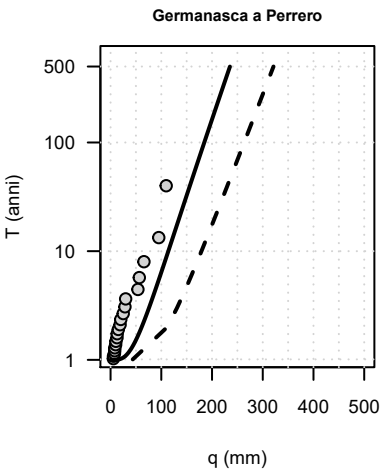

Toce a Candoglia
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

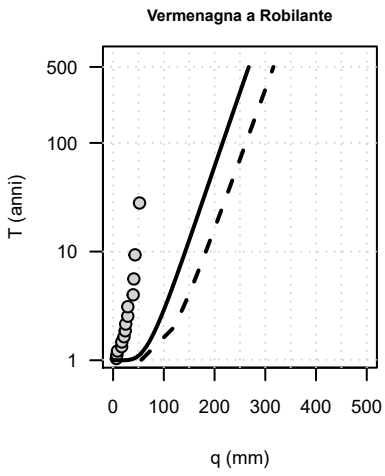
Varaita a Castello
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

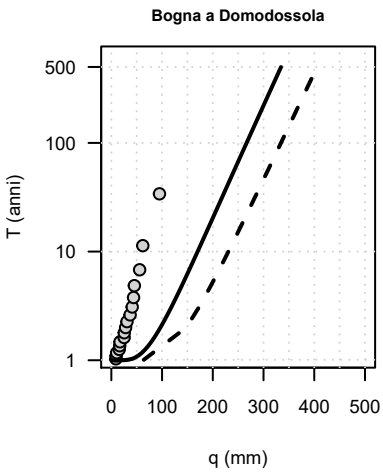
Varaita a Rore
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

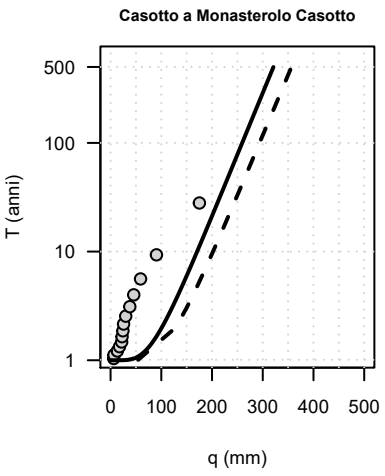

Varaita a Rossana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

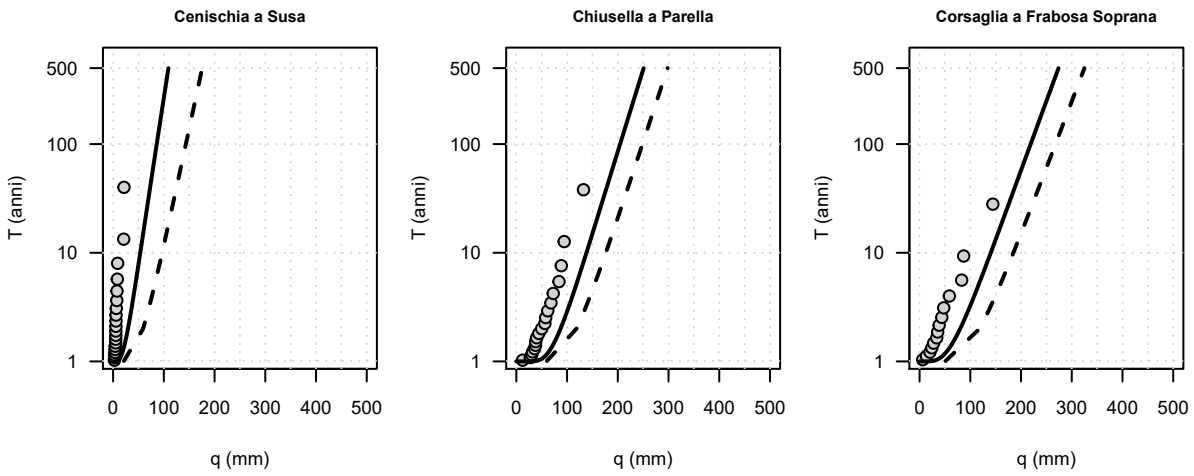

Vermenagna a Limone
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

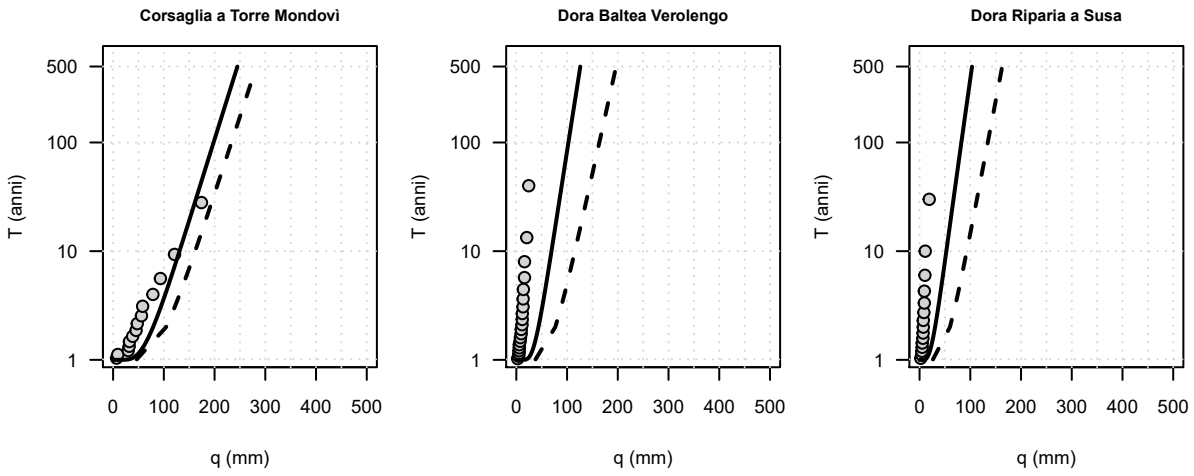

Germanasca a Perrero
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

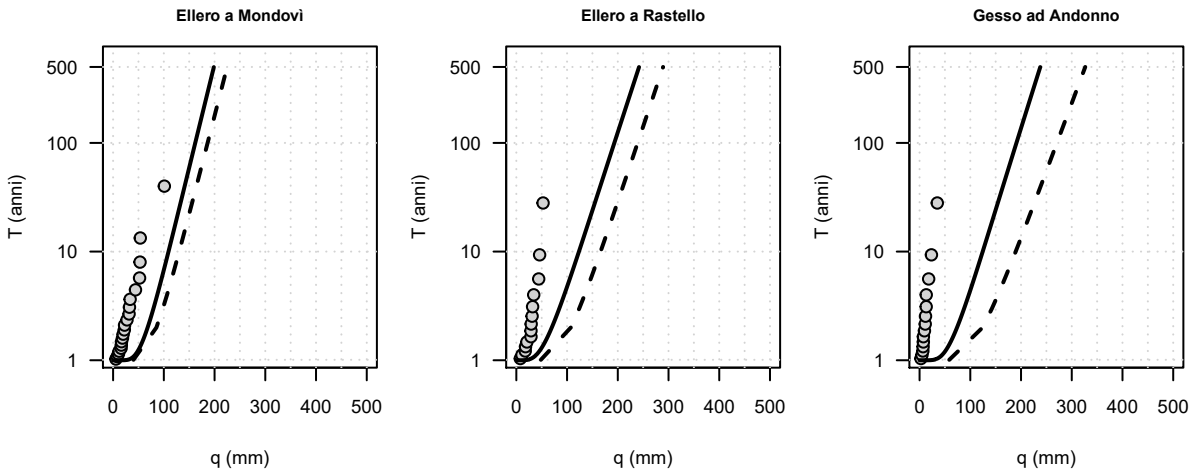

Vermenagna a Robilante
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

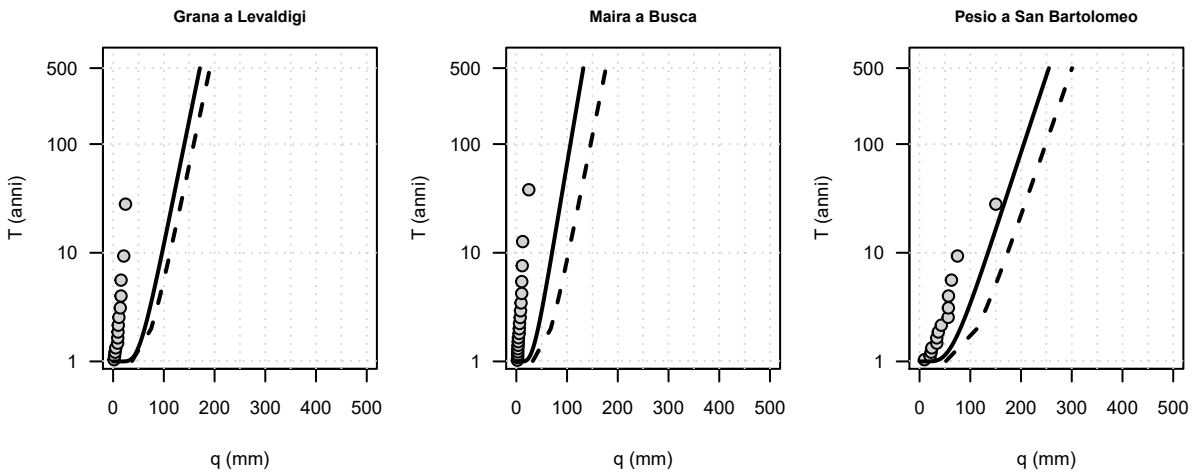

Bogna a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

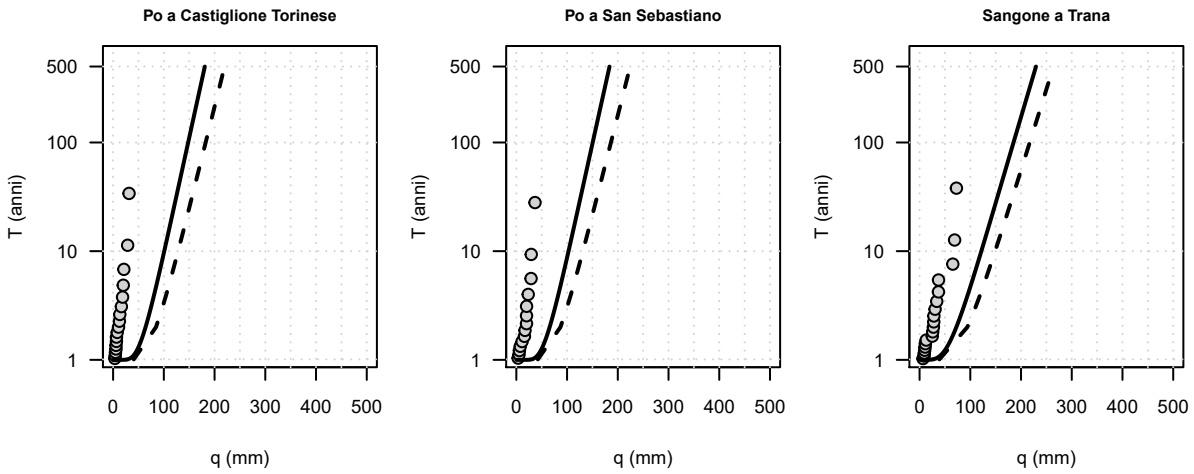

Casotto a Monasterolo Casotto
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

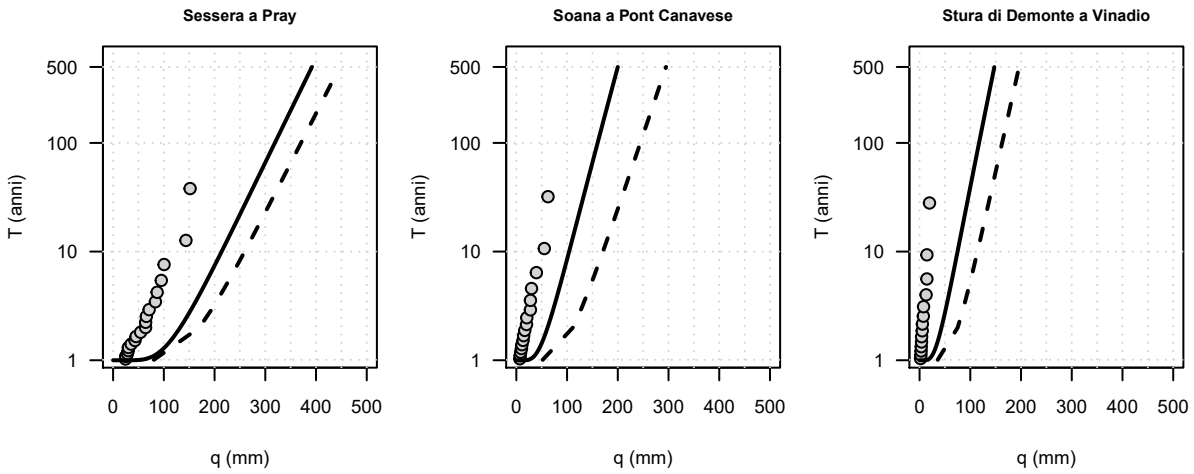

Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

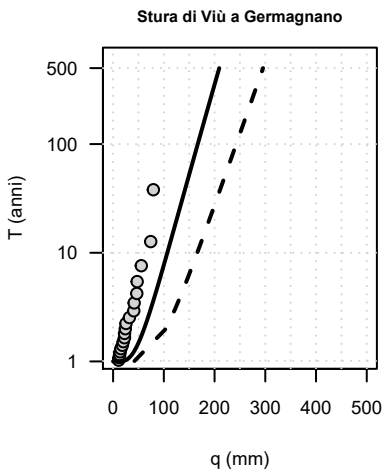

Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

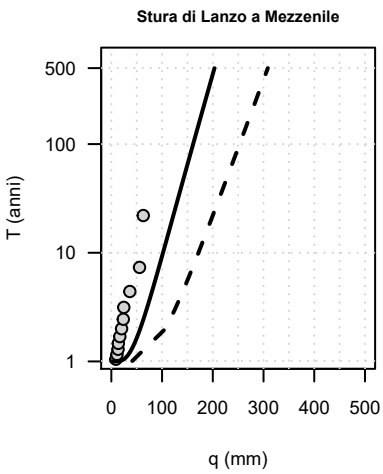

Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

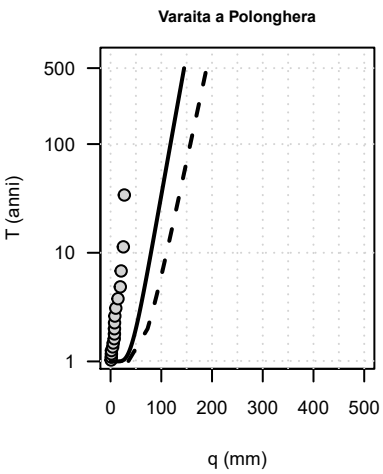

Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

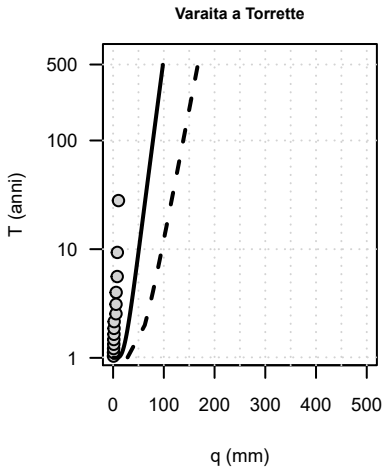

Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Stura di Viù a Germagnano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

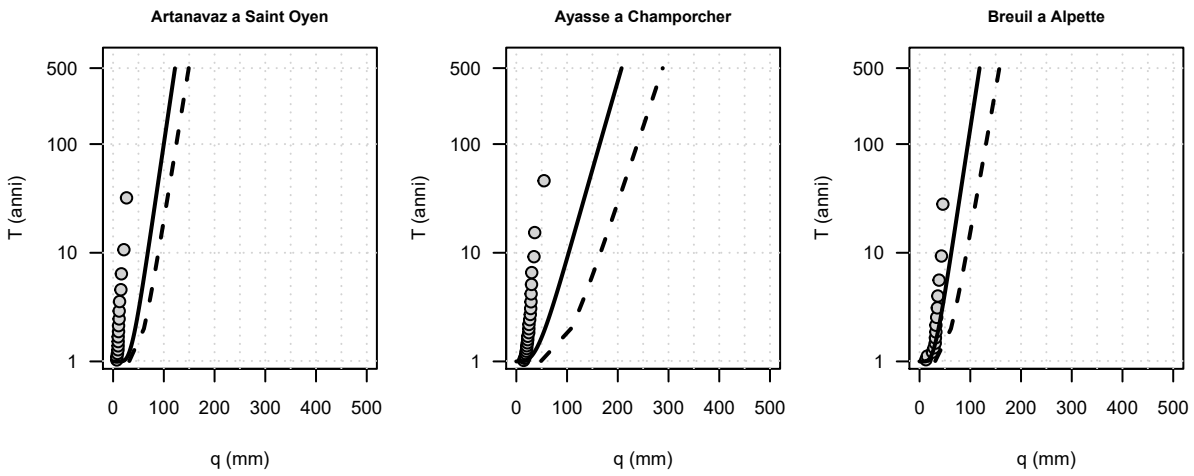

Stura di Lanzo a Mezzenile
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

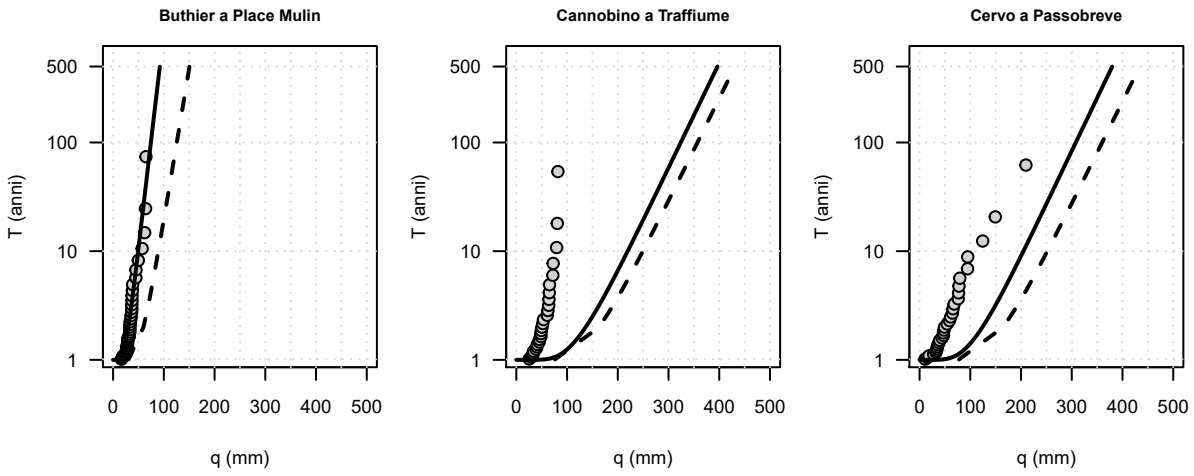

Varaita a Polonghera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

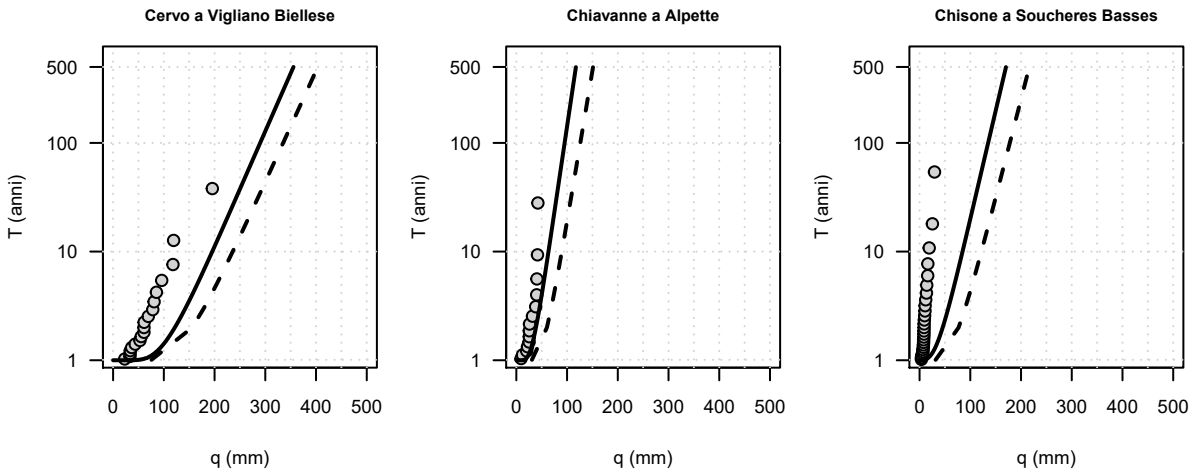

Varaita a Torrette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

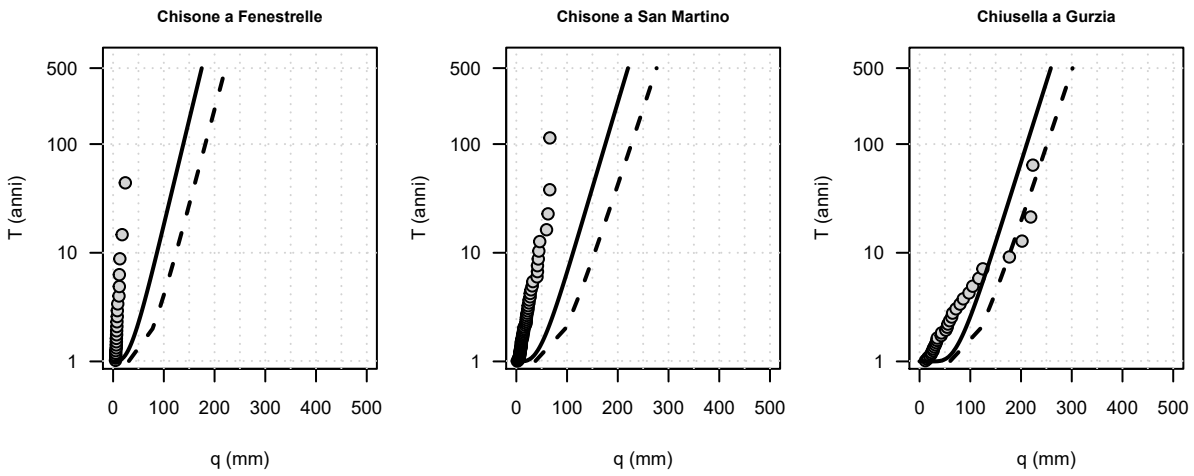
ALLEGATO F.2 – Modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler

Di seguito si riportano i grafici risultanti dall'applicazione del modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*) parametrizzando la curva ipsometrica con la funzione di Strahler, per tutti i 121 bacini idrografici oggetto di studio.


Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Breuil a Alpette
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

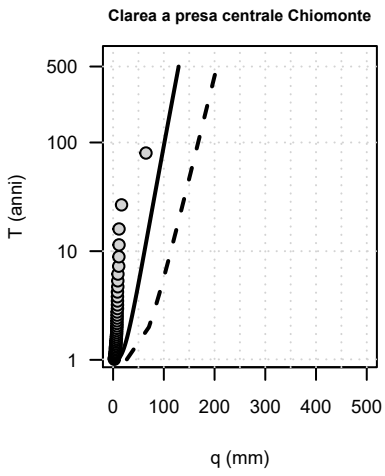

Buthier a Place Mulin
Cannobino a Traffiume
Cervo a Passobreve
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

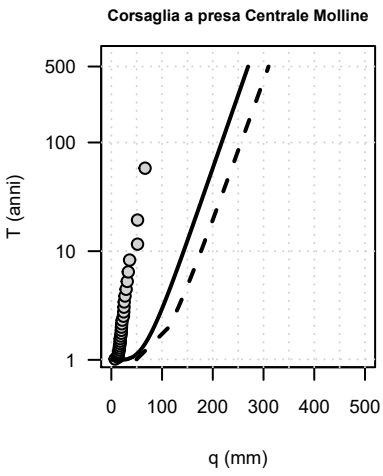

Cervo a Vigliano Biellese
Chiavanne a Alpette
Chisone a Soucheres Basses
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

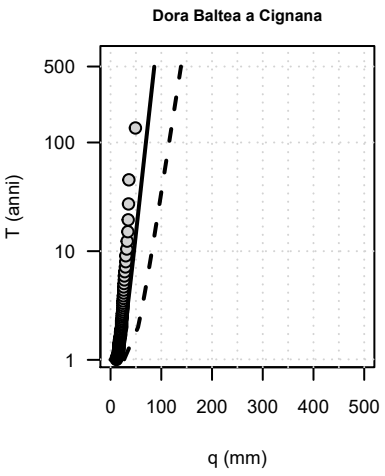

Chisone a Fenestrelle
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

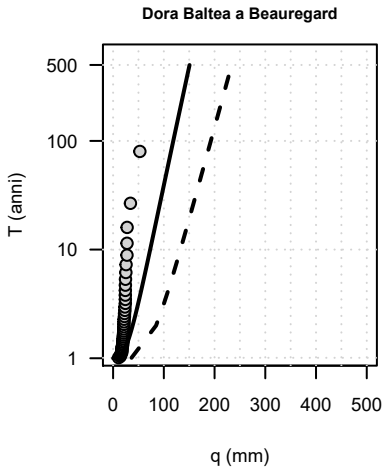
Chisone a San Martino
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

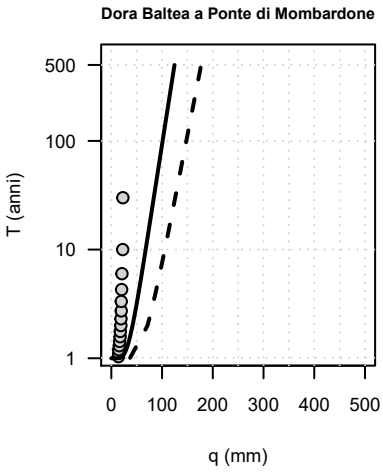
Chiusella a Gurzia
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

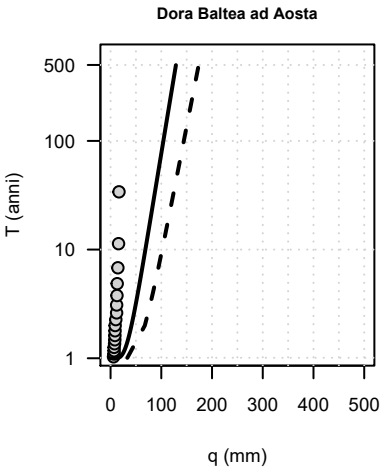

Clarea a presa centrale Chiomonte
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

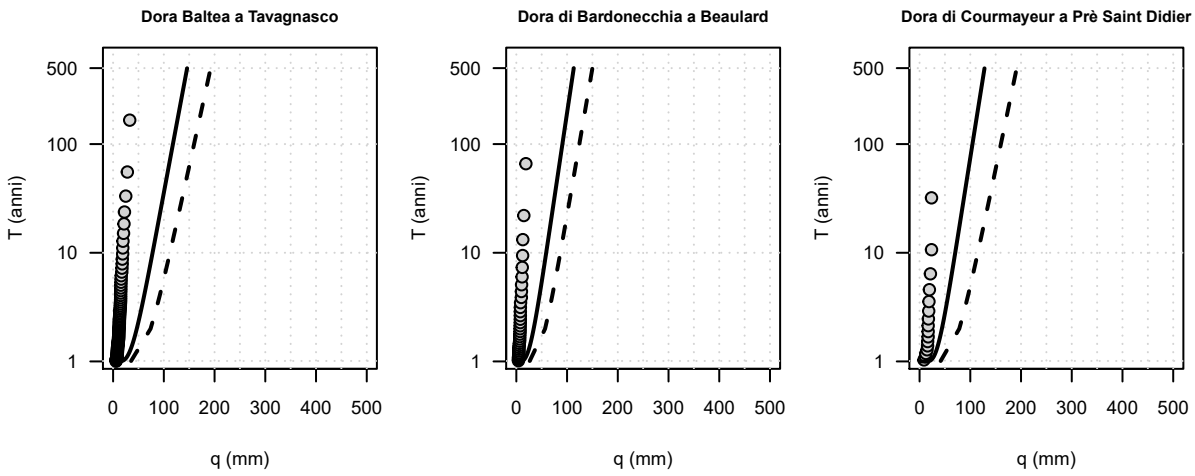

Corsaglia a presa Centrale Molline
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

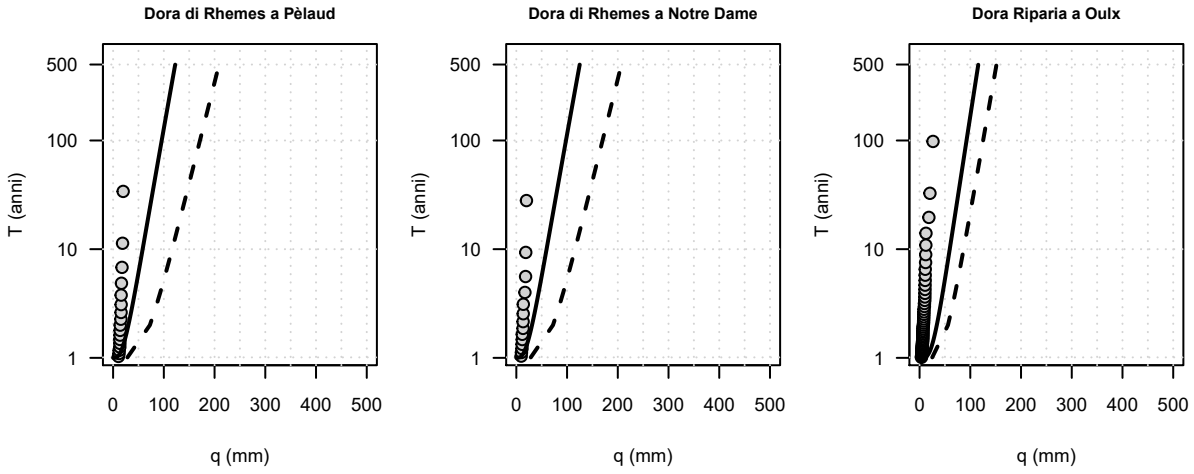

Dora Baltea a Cignana
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

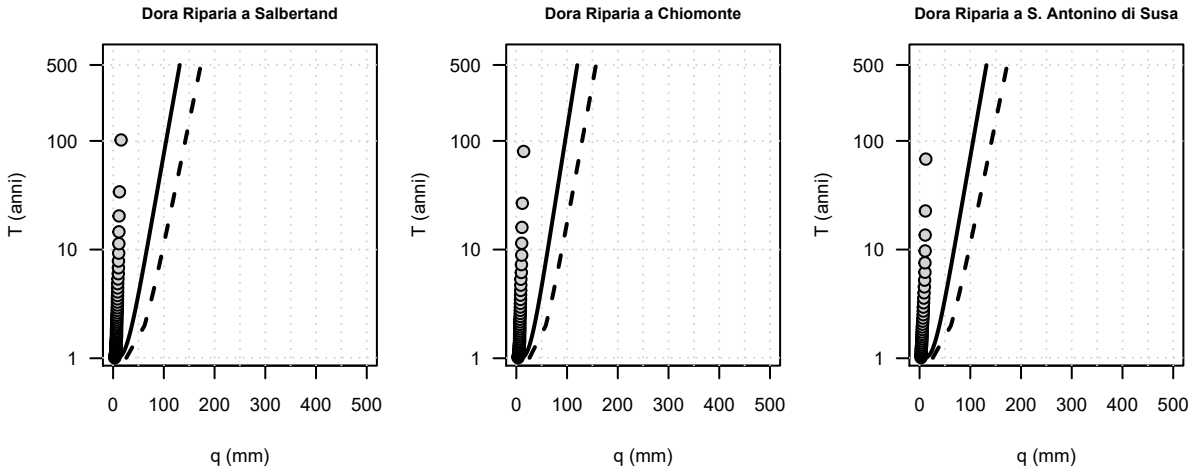

Dora Baltea a Beauregard
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

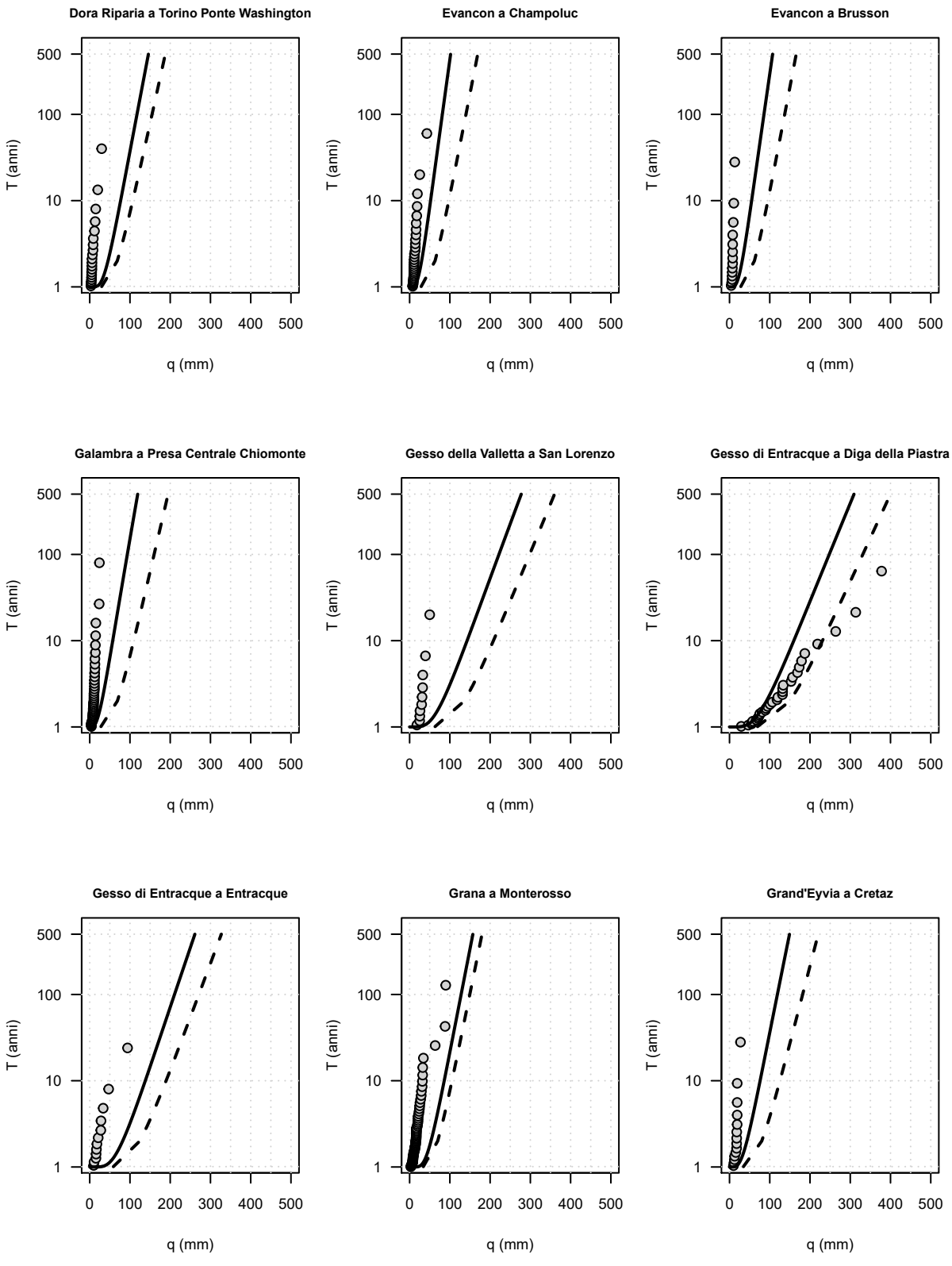

Dora Baltea a Ponte di Mombardone
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

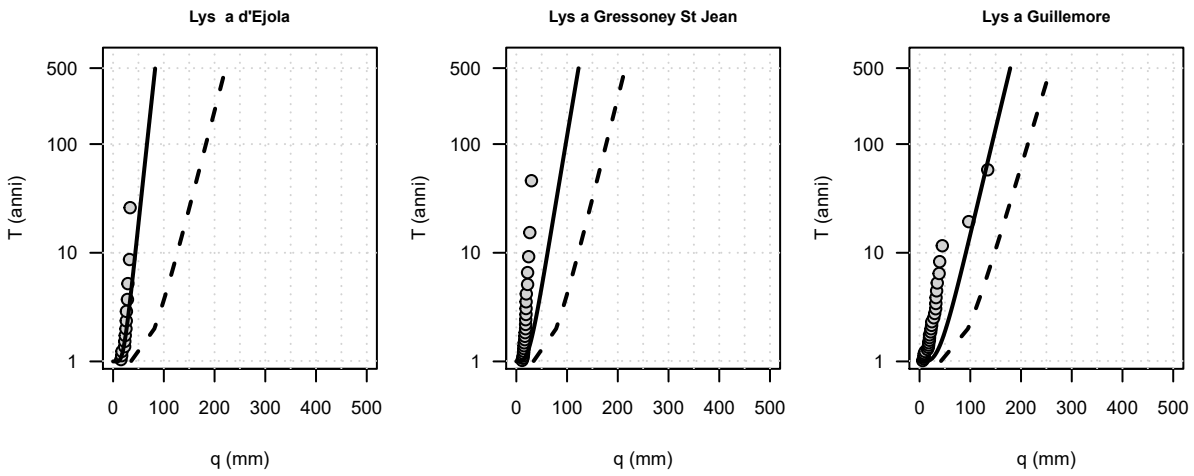

Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

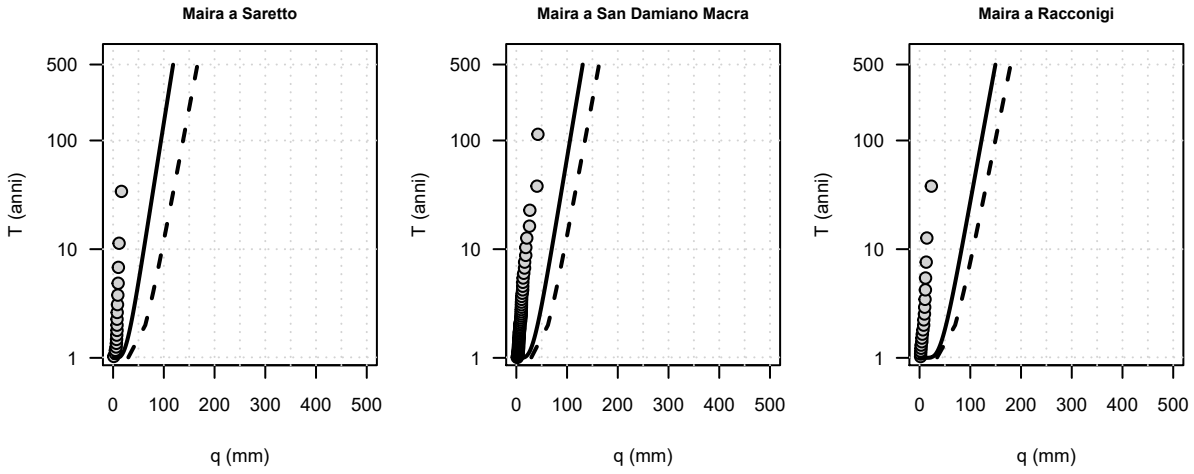

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

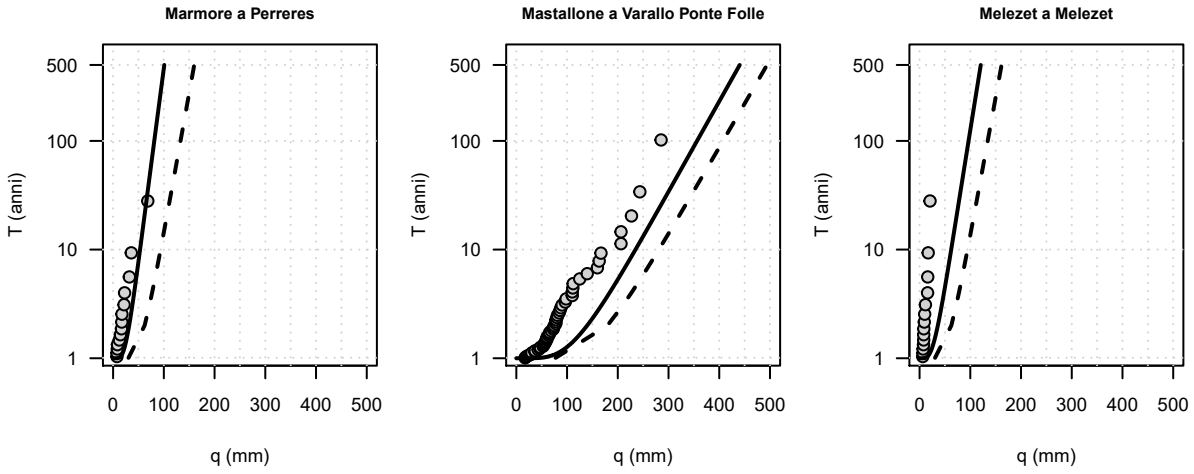

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

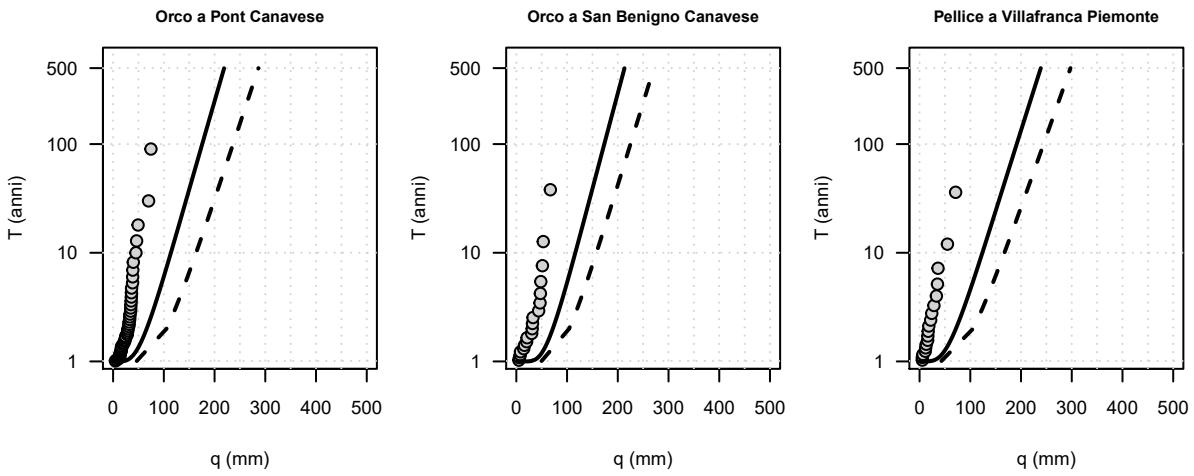

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Lys a d'Ejola
Lys a Gressoney St Jean
Lys a Guillemore
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

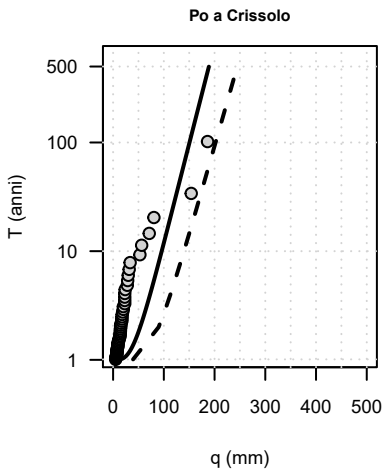

Maira a Saretto
Maira a San Damiano Macra
Maira a Racconigi
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

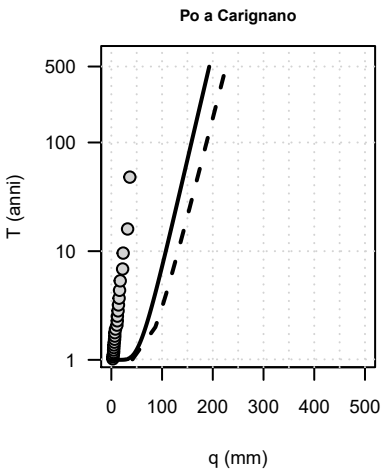

Marmore a Perreres
Mastallone a Varallo Ponte Folle
Melezet a Melezet
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

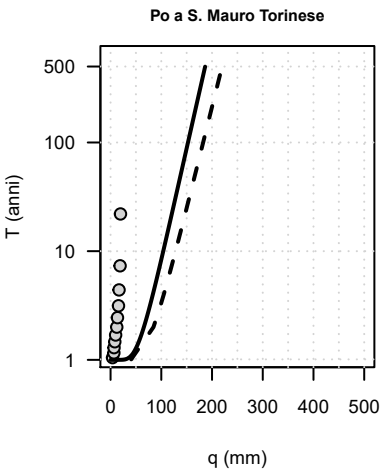

Orco a Pont Canavese
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

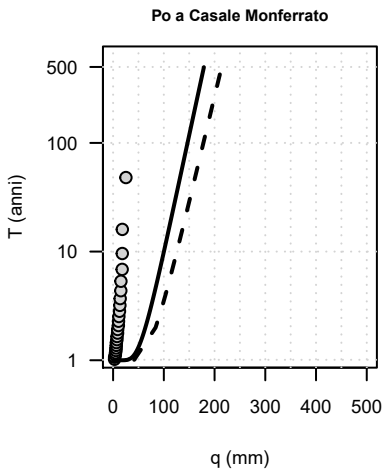
Orco a San Benigno Canavese
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

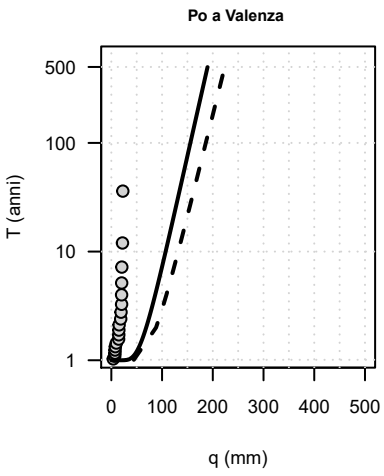
Pellice a Villafranca Piemonte
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

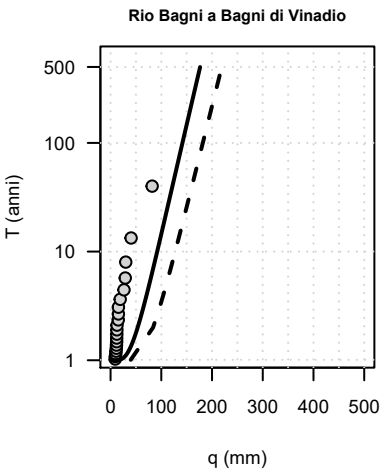

Po a Crissolo
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

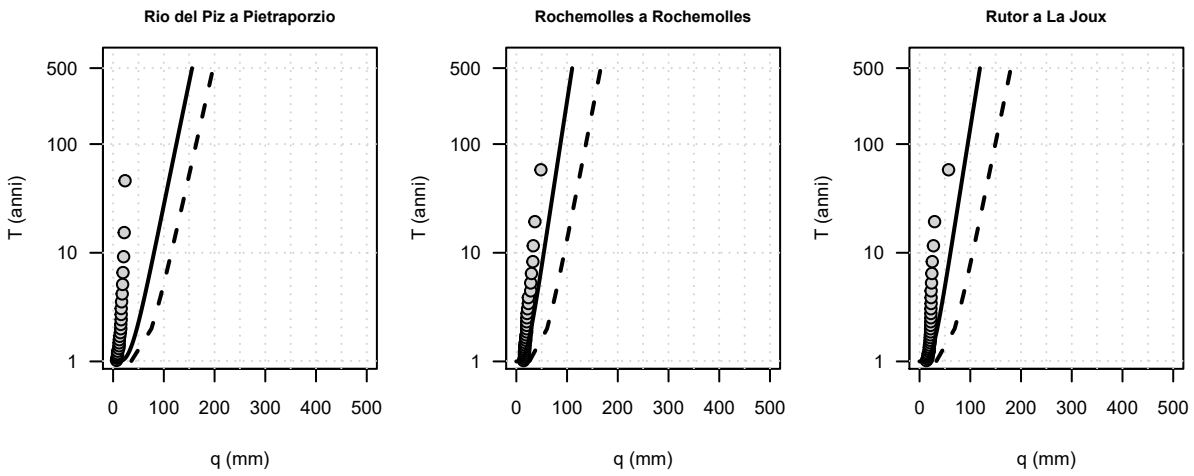

Po a Carignano
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

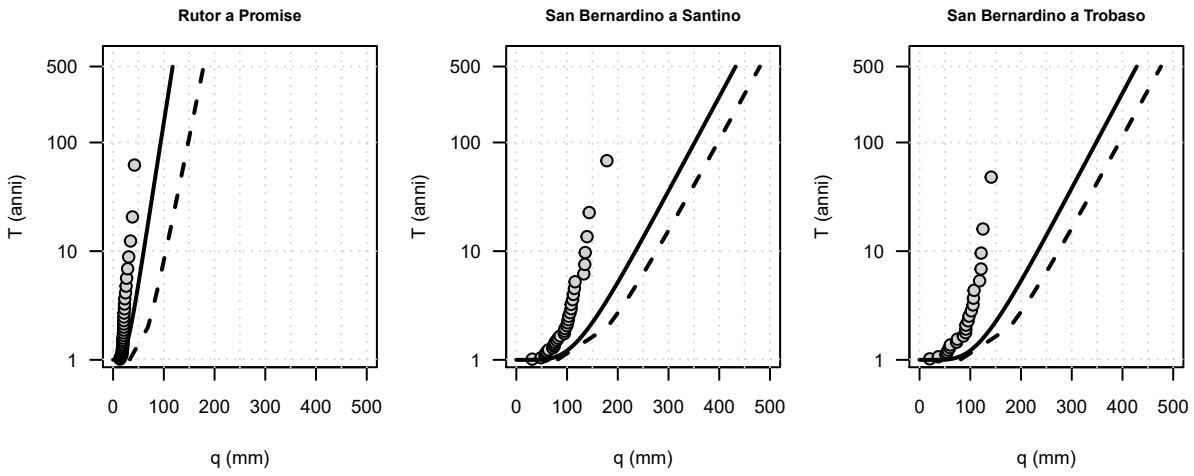

Po a S. Mauro Torinese
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

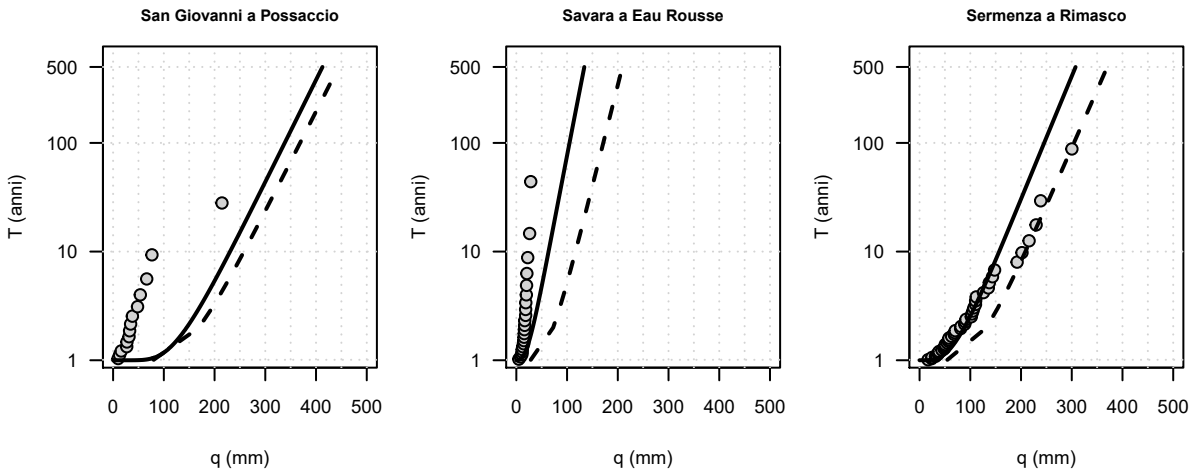

Po a Casale Monferrato
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

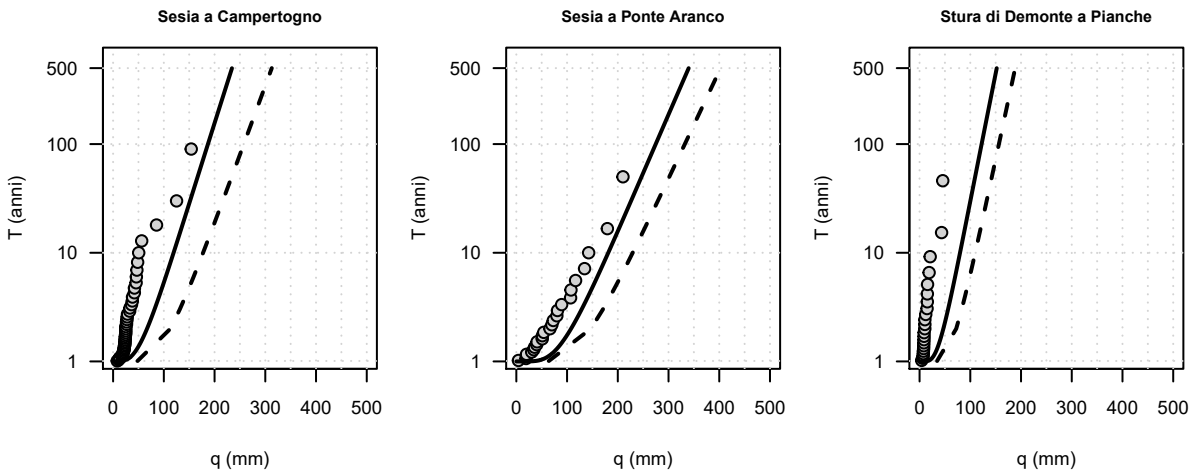

Po a Valenza
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Rio Bagni a Bagni di Vinadio
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Rio del Piz a Pietraporzio
Rochemolles a Rochemolles
Rutor a La Joux
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

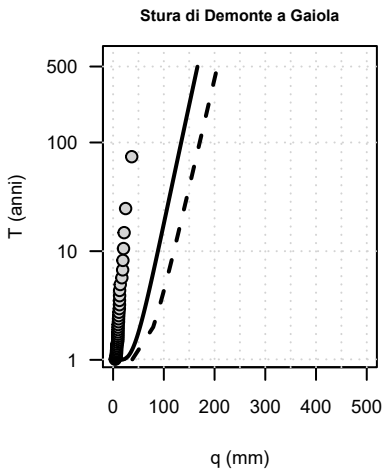

Rutor a Promise
San Bernardino a Santino
San Bernardino a Trobaso
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

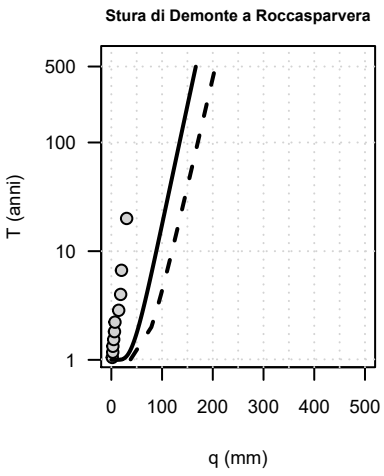

San Giovanni a Possaccio
Savara a Eau Rousse
Sermenza a Rimasco
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

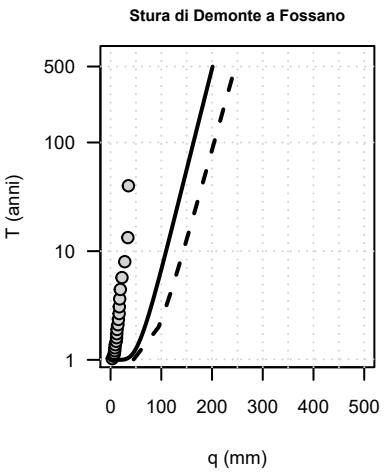

Sesia a Campertogno
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

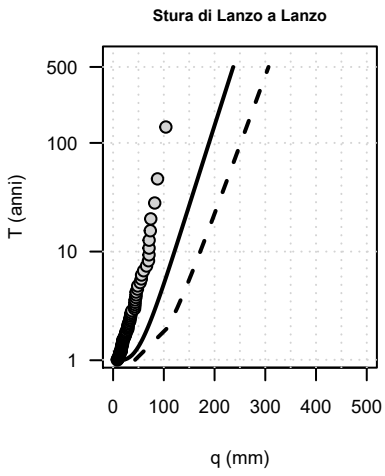
Sesia a Ponte Aranco
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

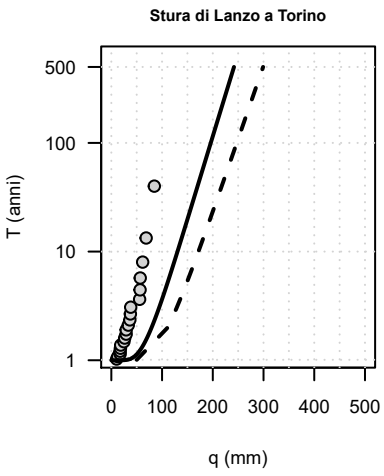
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

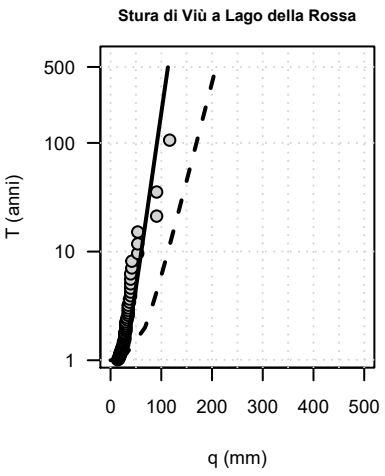

Stura di Demonte a Gaiola
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

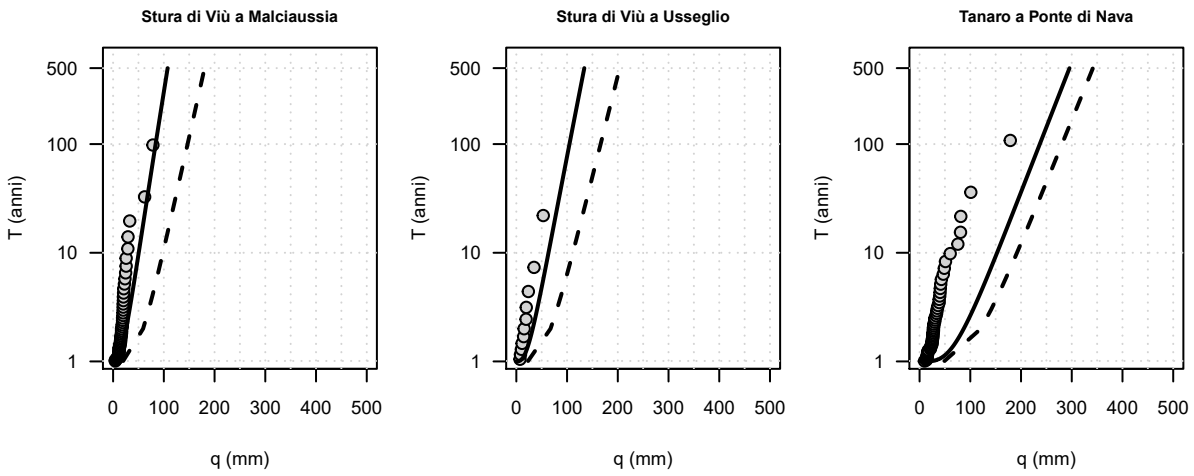

Stura di Demonte a Roccasparvera
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Stura di Demonte a Fossano
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Stura di Lanzo a Lanzo
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

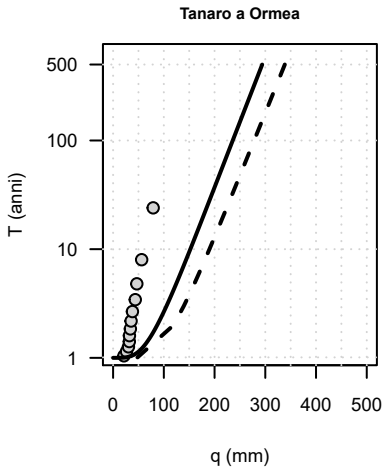

Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

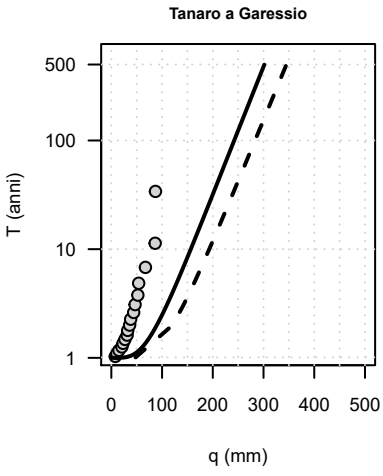

Stura di Viù a Lago della Rossa
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

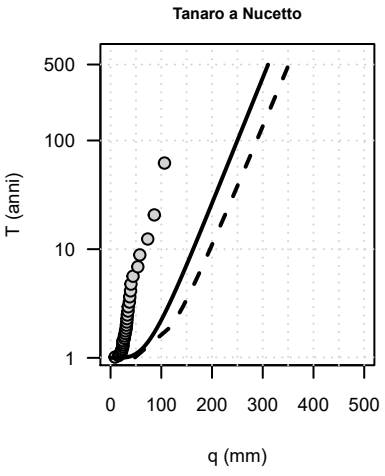

Stura di Viù a Malciaussia
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

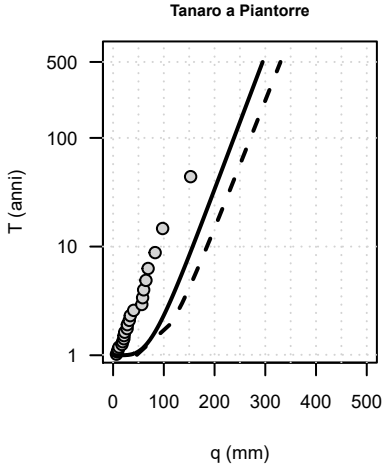
Stura di Viù a Usseglio
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

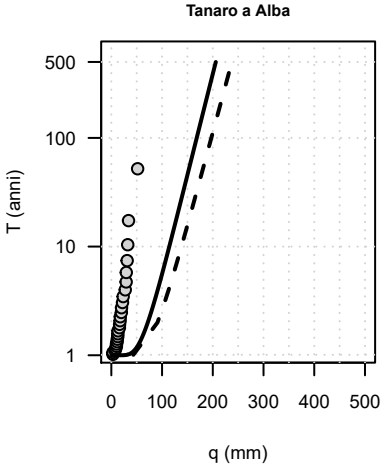
Tanaro a Ponte di Nava
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

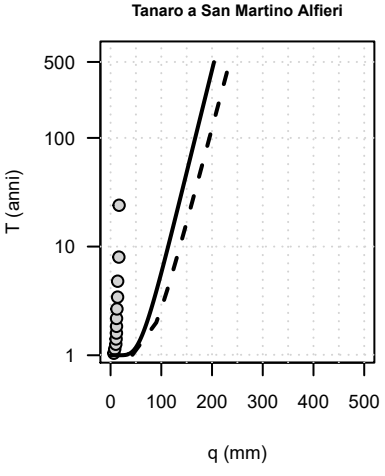

Tanaro a Ormea
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

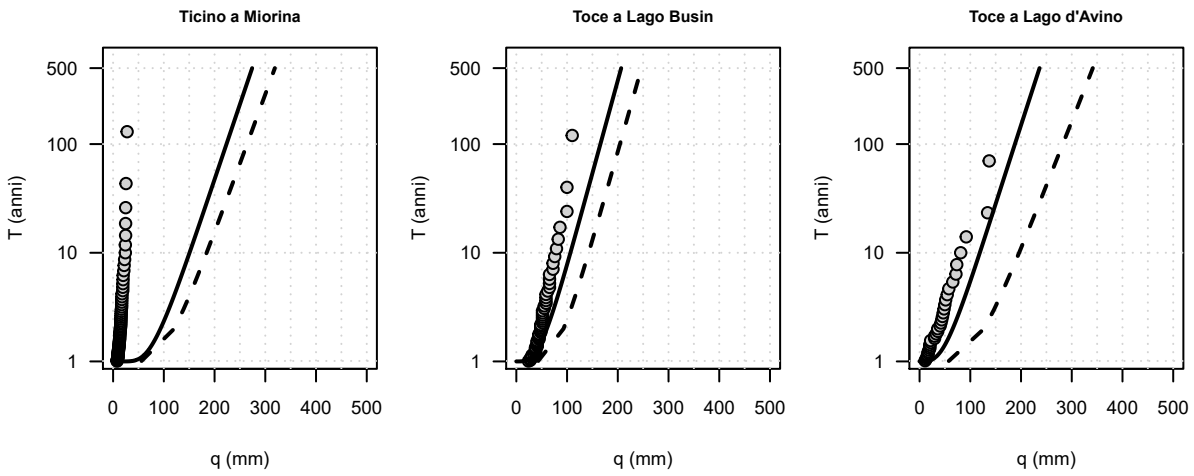

Tanaro a Garessio
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Tanaro a Nucetto
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)


Tanaro a Piantorre
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

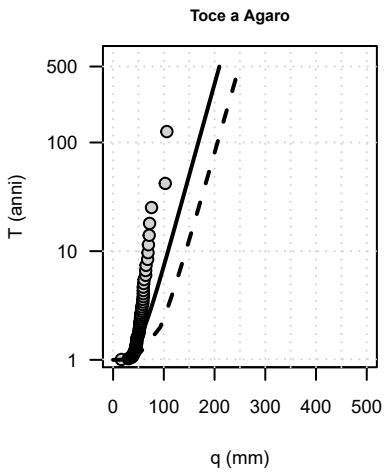

Tanaro a Alba
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

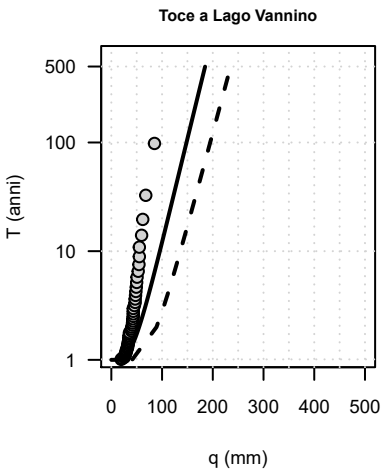

Tanaro a San Martino Alfieri
T (anni)
500
100
10
1
0 100 200 300 400 500
q (mm)

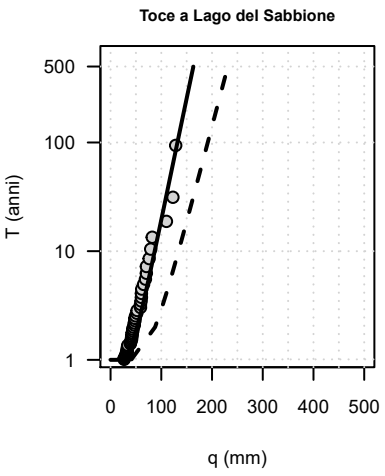

Ticino a Miorina
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

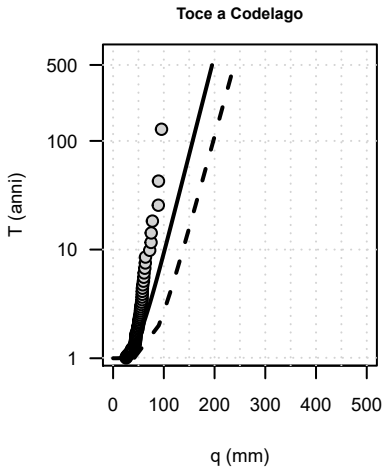
Toce a Lago Busin
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

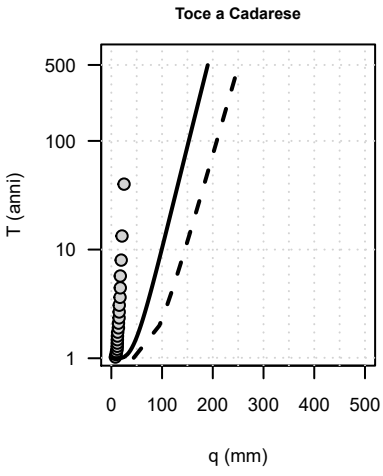
Toce a Lago d'Avino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

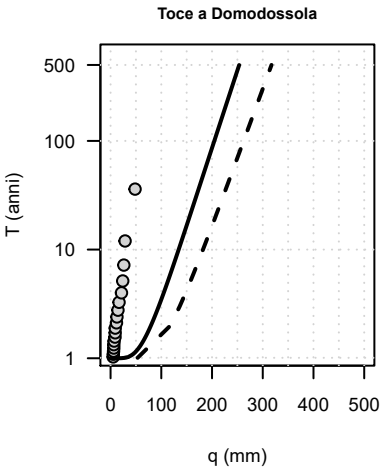

Toce a Agaro
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

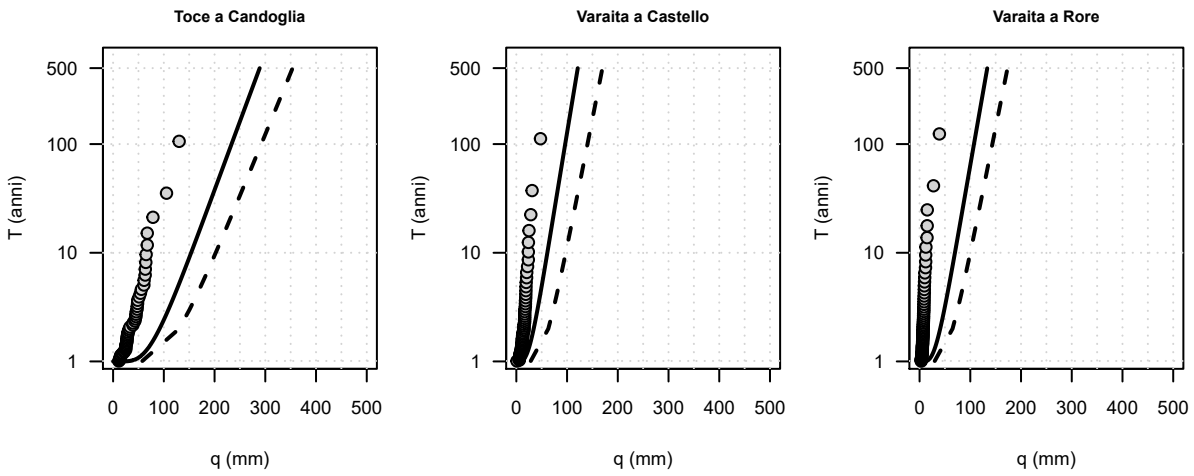

Toce a Lago Vannino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Toce a Lago del Sabbione
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Toce a Codelago
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

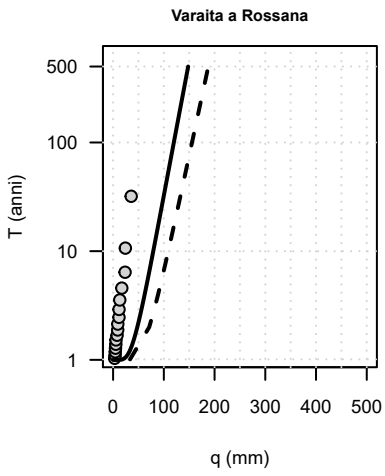

Toce a Cadarese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

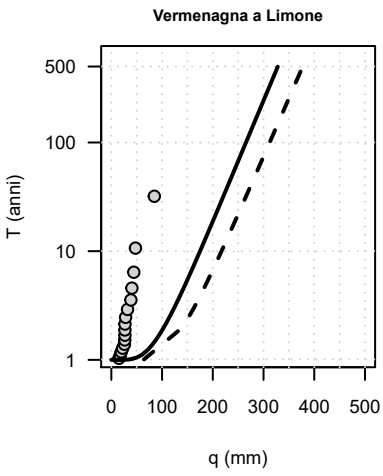

Toce a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

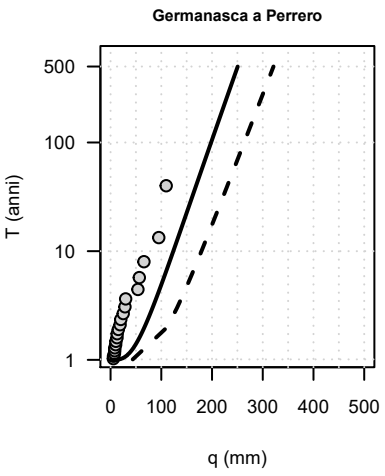

Toce a Candoglia
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

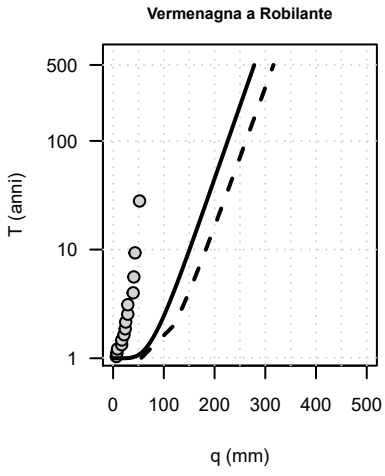
Varaita a Castello
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

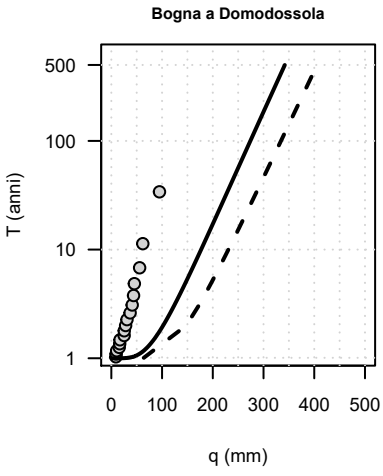
Varaita a Rore
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

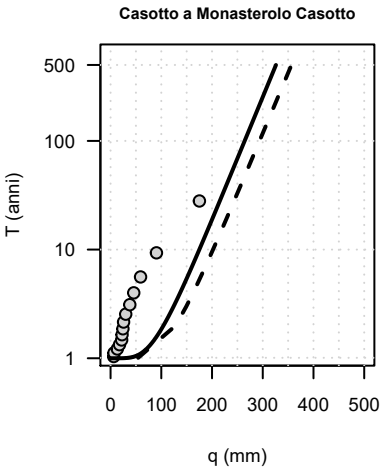

Varaita a Rossana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

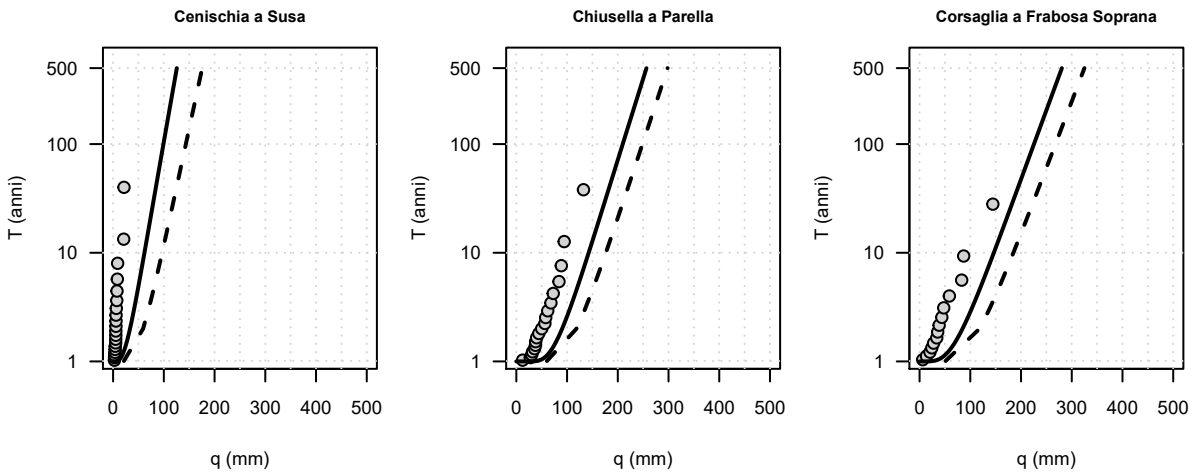

Vermenagna a Limone
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

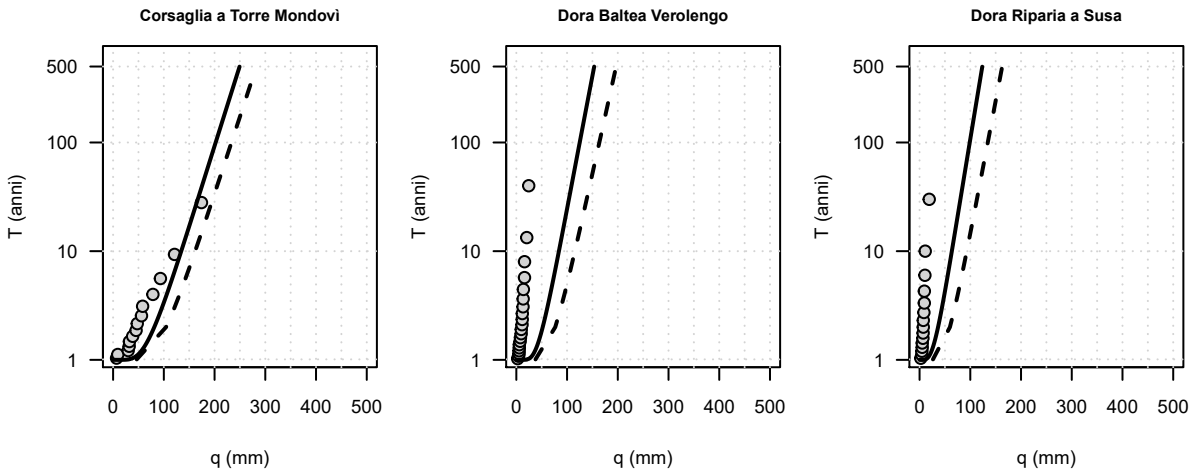

Germanasca a Perrero
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

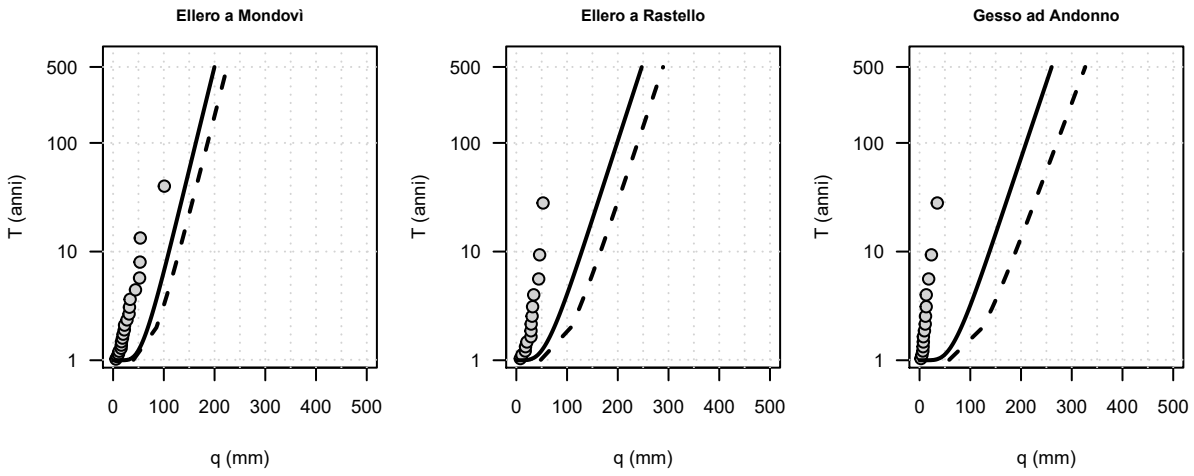

Vermenagna a Robilante
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

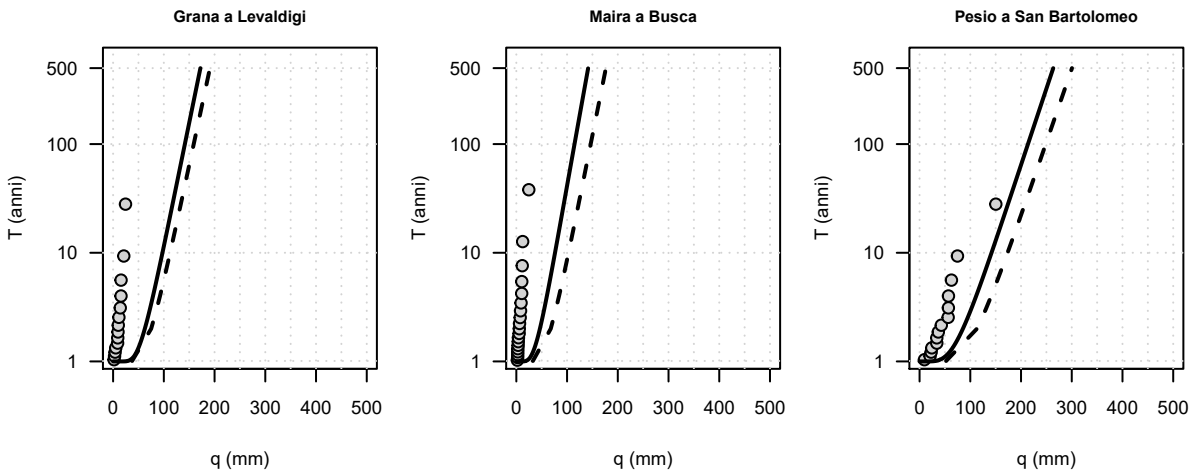

Bogna a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

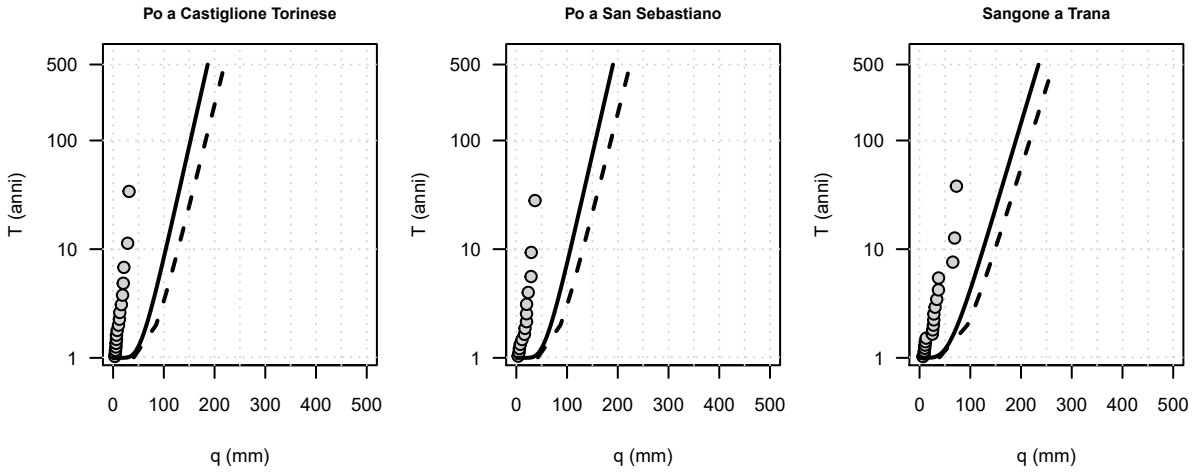

Casotto a Monasterolo Casotto
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

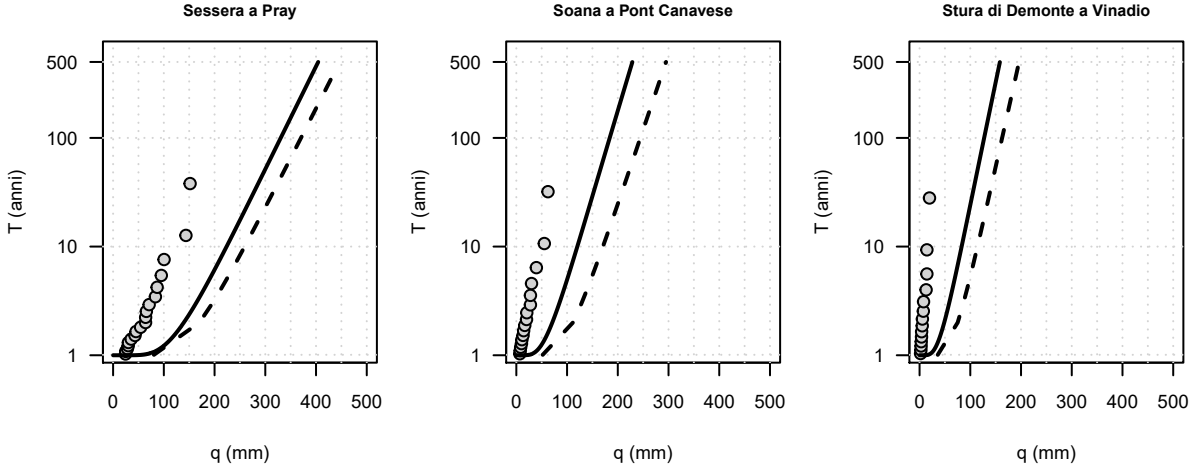

Cenischia a Susa
Chiusella a Parella
Corsaglia a Frabosa Soprana
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

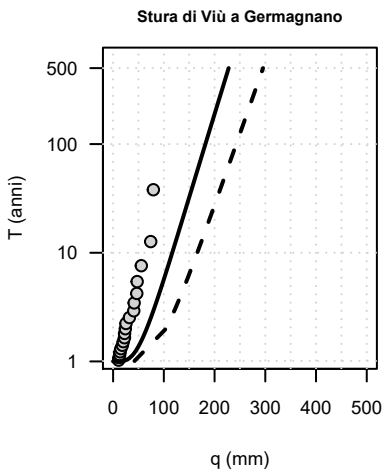

Corsaglia a Torre Mondovì
Dora Baltea Verolengo
Dora Riparia a Susa
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

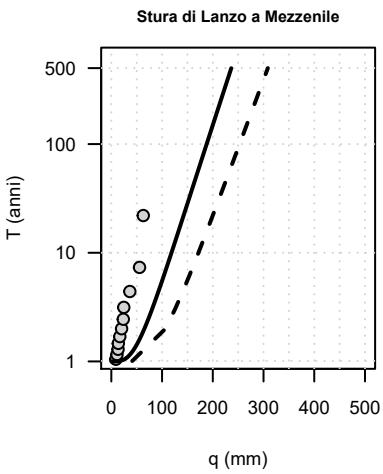

Ellero a Mondovì
Ellero a Rastello
Gesso ad Andonno
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

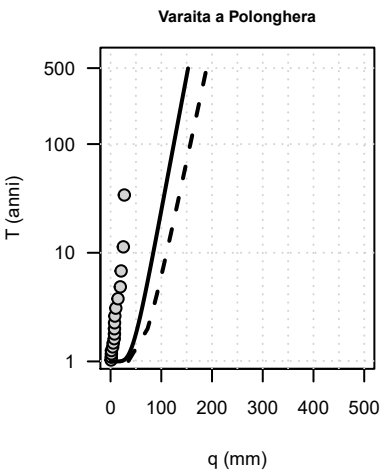

Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

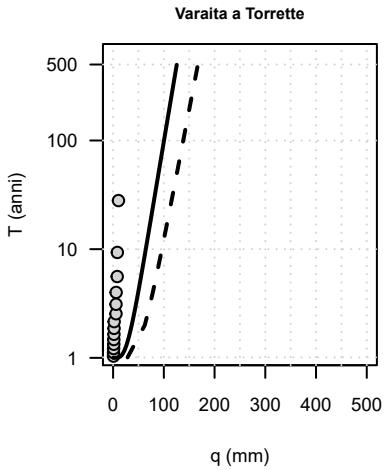

Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Stura di Viù a Germagnano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

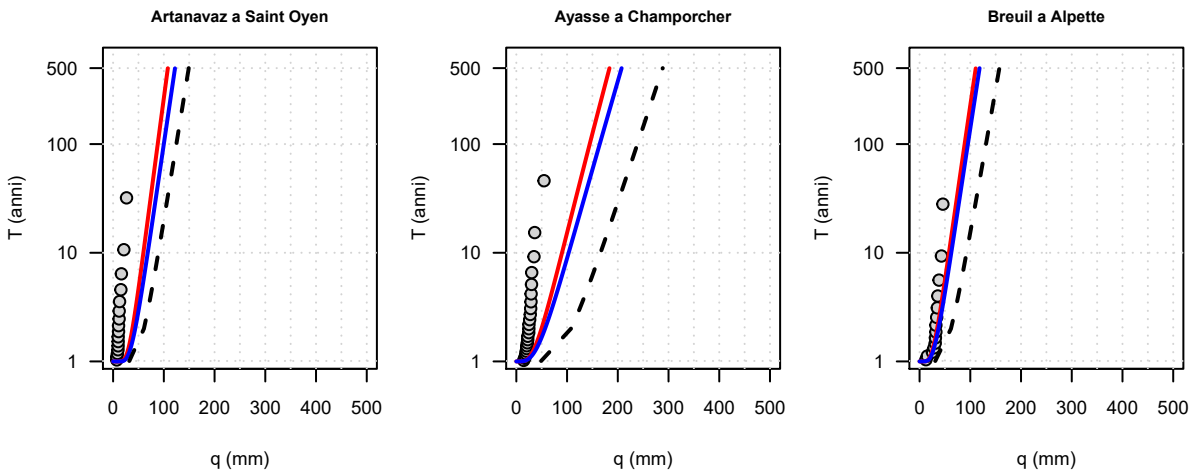

Stura di Lanzo a Mezzenile
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Varaita a Polonghera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Varaita a Torrette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

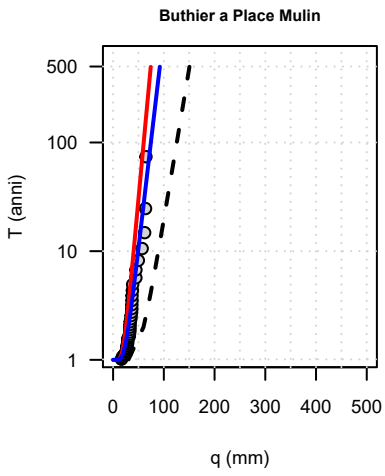
ALLEGATO F.3 – Confronto risultati ottenuti con differenti funzioni di modellazione della curva ipsometrica

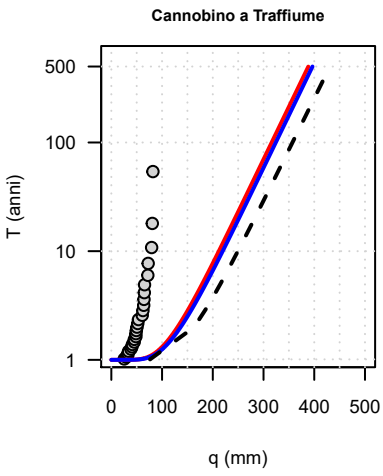
In questa sezione si riportano i grafici risultanti dall'applicazione del modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*) parametrizzando la curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro e la funzione di Strahler, per tutti i 121 bacini idrografici oggetto di studio. In particolare, la distribuzione di frequenza cumulata riportata in colore rosso fa riferimento alla modellazione semplificata ad un parametro, mentre la curva riportata in blu si riferisce alla funzione di Strahler.

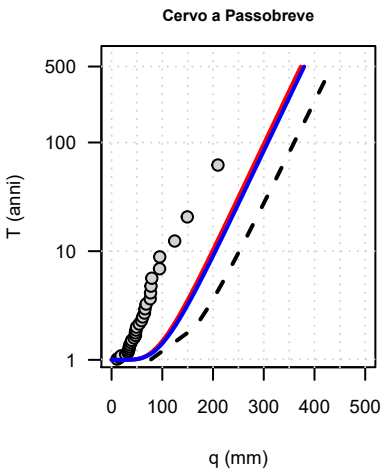

Artanavaz a Saint Oyen
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

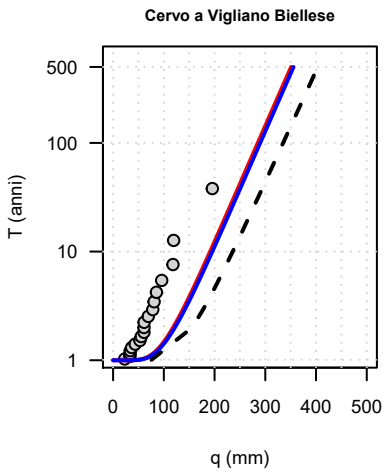
Ayasse a Champorcher
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

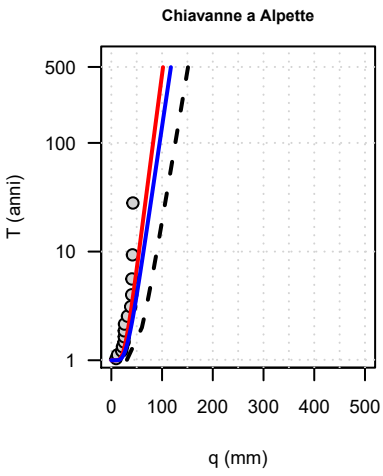
Breuil a Alpette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

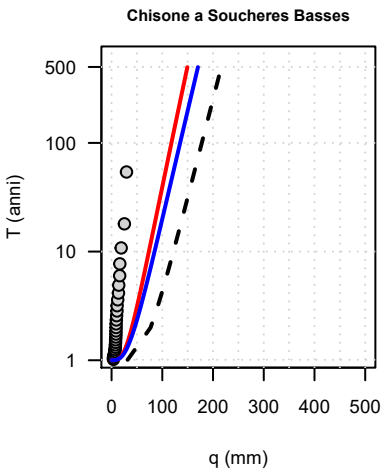

Buthier a Place Mulin
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

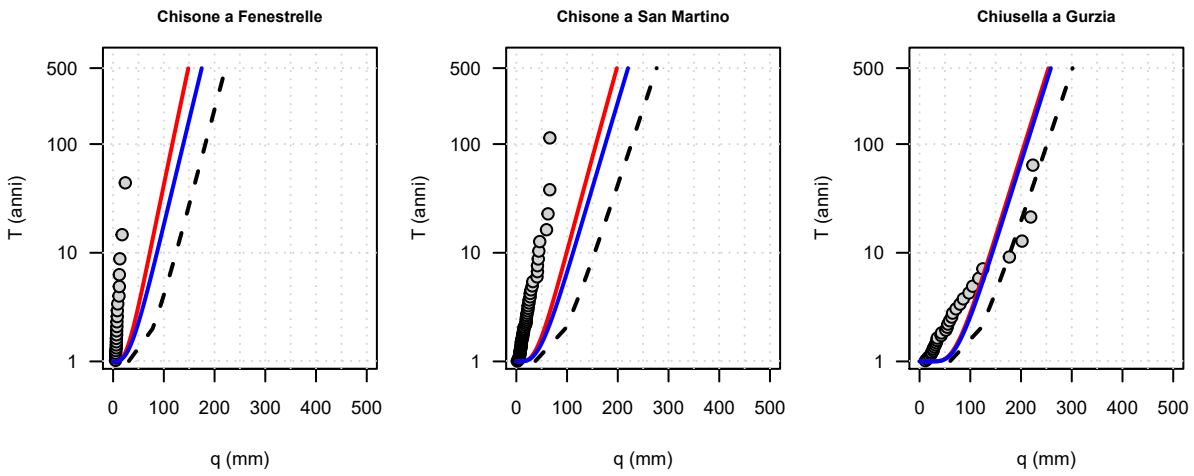

Cannobino a Traffiume
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

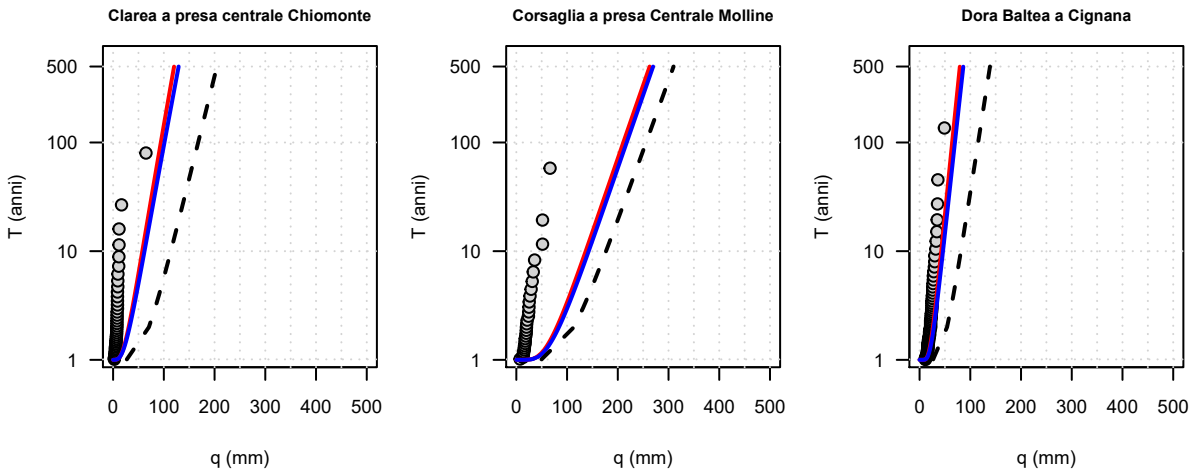

Cervo a Passobreve
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

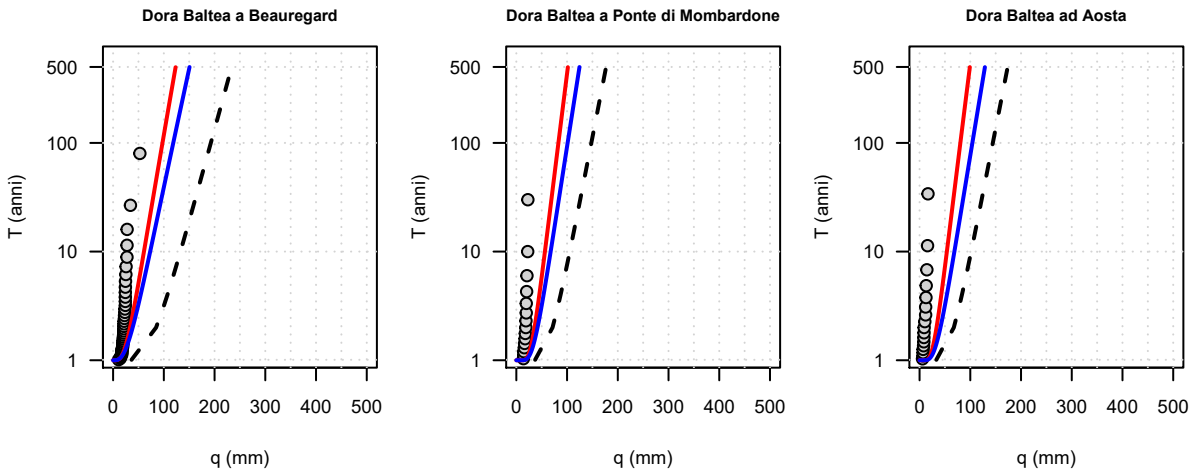

Cervo a Vigliano Biellese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

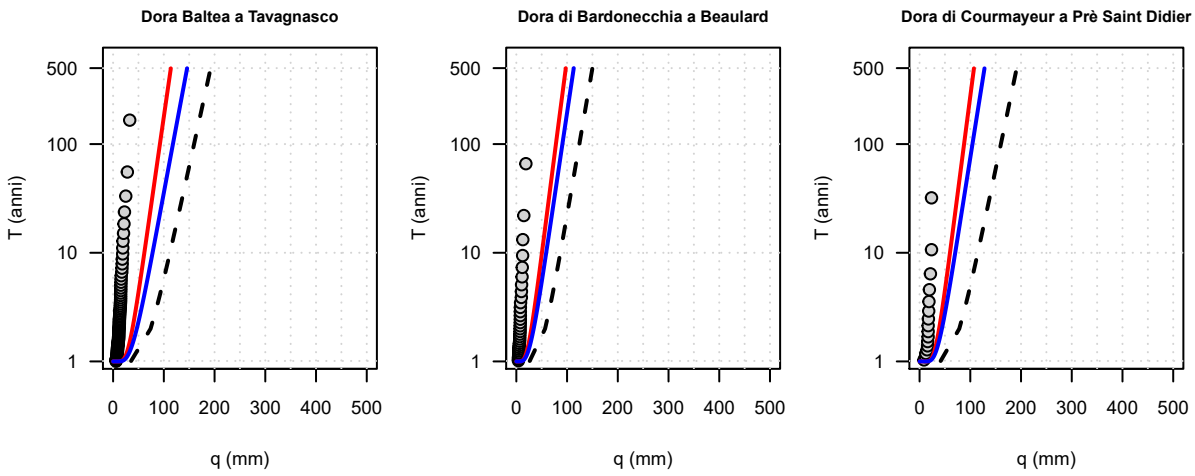

Chiavanne a Alpette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

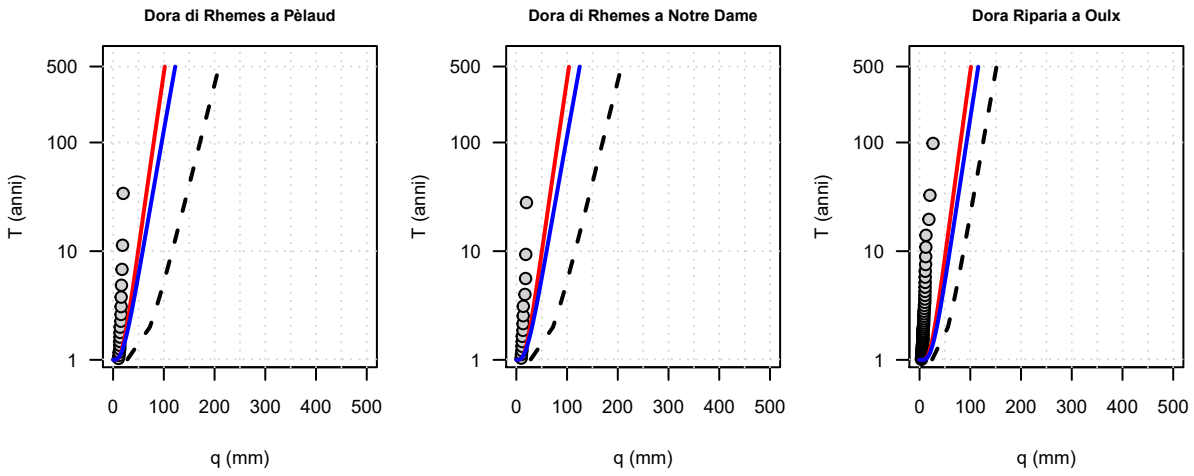

Chisone a Soucheres Basses
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

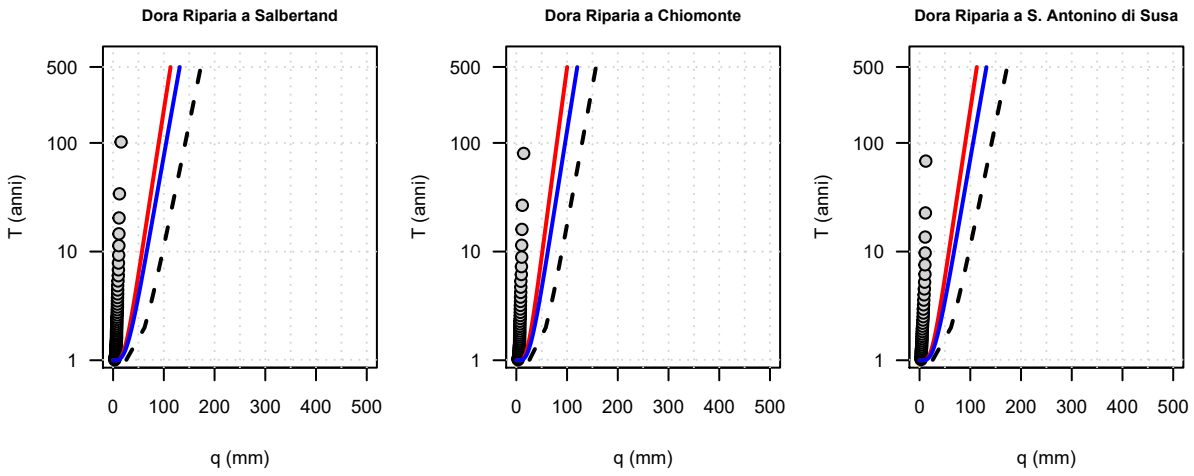

Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Chiusella a Gurzia
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

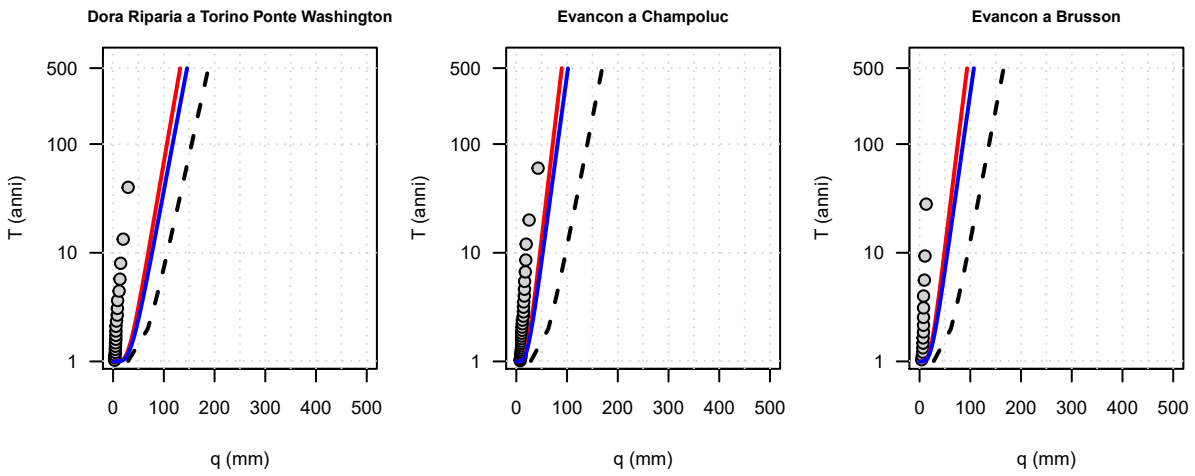

Clarea a presa centrale Chiomonte
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea a Cignana
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

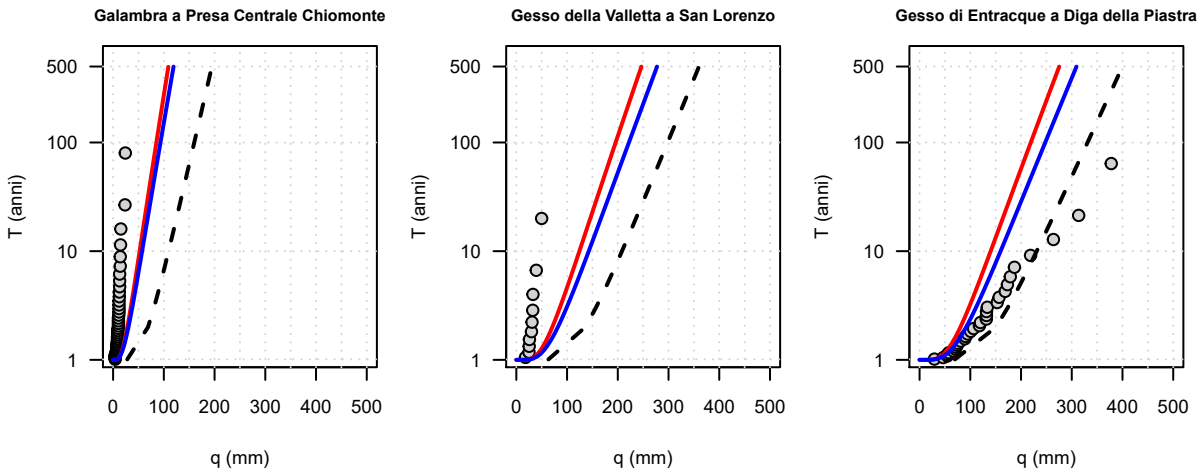

Dora Baltea a Beauregard
Dora Baltea a Ponte di Mombardone
Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

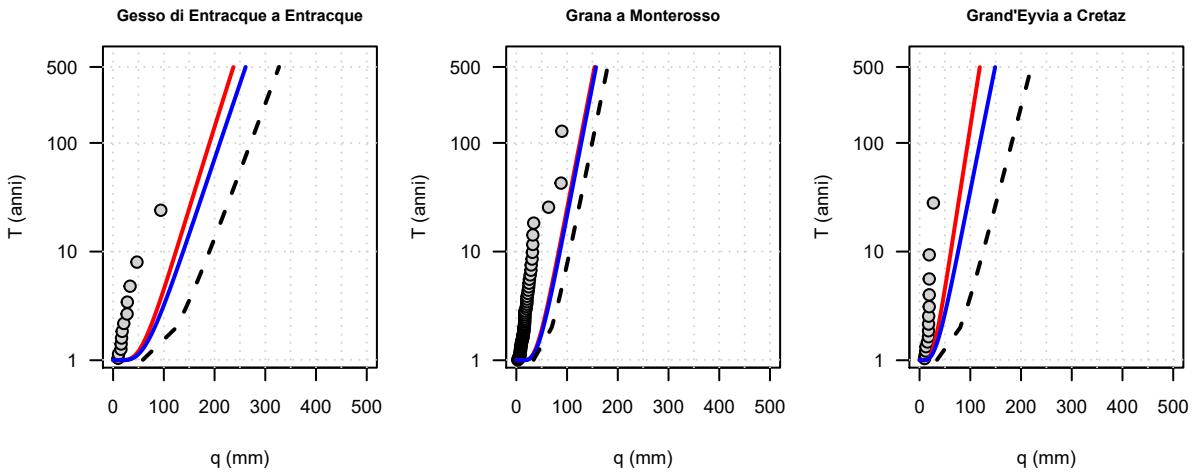

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

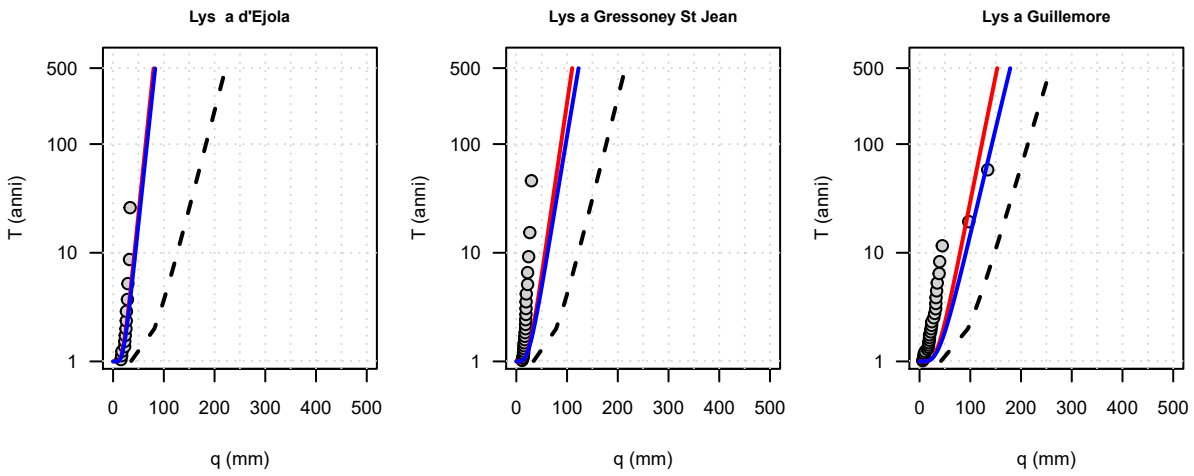

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500


Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500


Dora Riparia a Torino Ponte Washington
Evancon a Champoluc
Evancon a Brusson
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

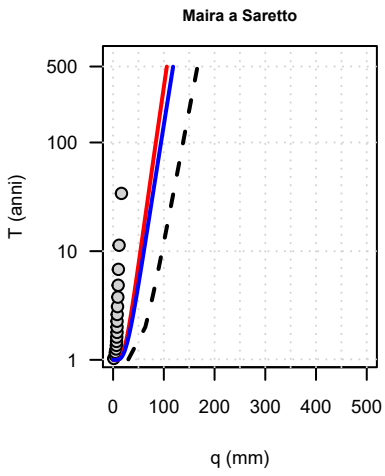

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
Gesso della Valletta a San Lorenzo
Gesso di Entracque a Diga della Piastra
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

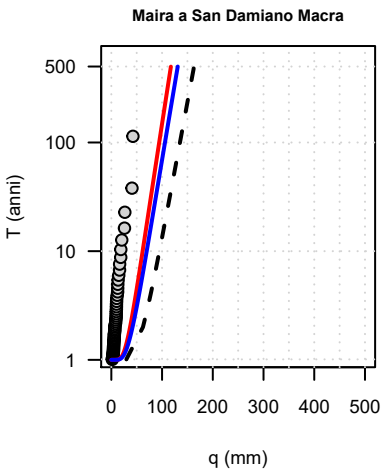

Gesso di Entracque a Entracque
Grana a Monterosso
Grand'Eyvia a Cretaz
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

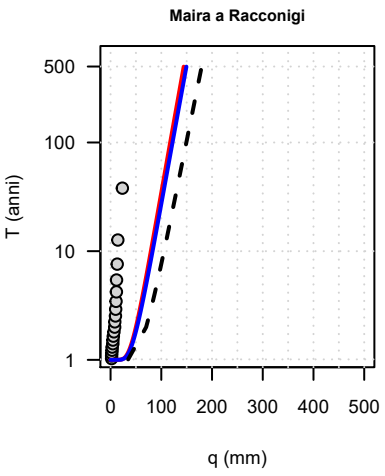

Lys a d'Ejola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

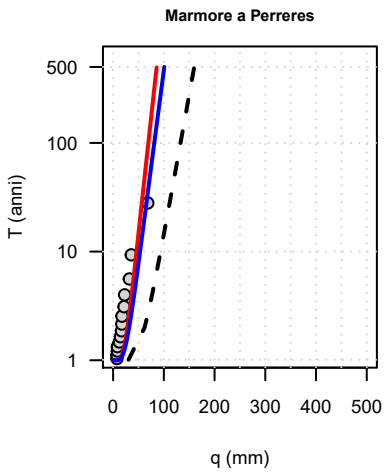
Lys a Gressoney St Jean
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

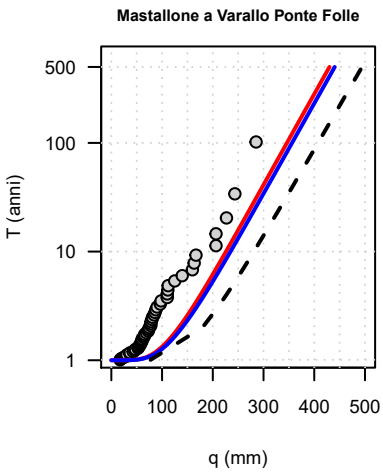
Lys a Guillemore
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

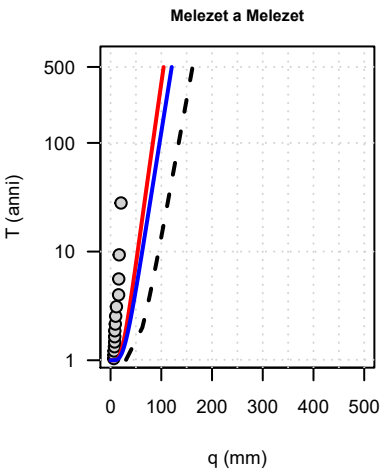

Maira a Saretto
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

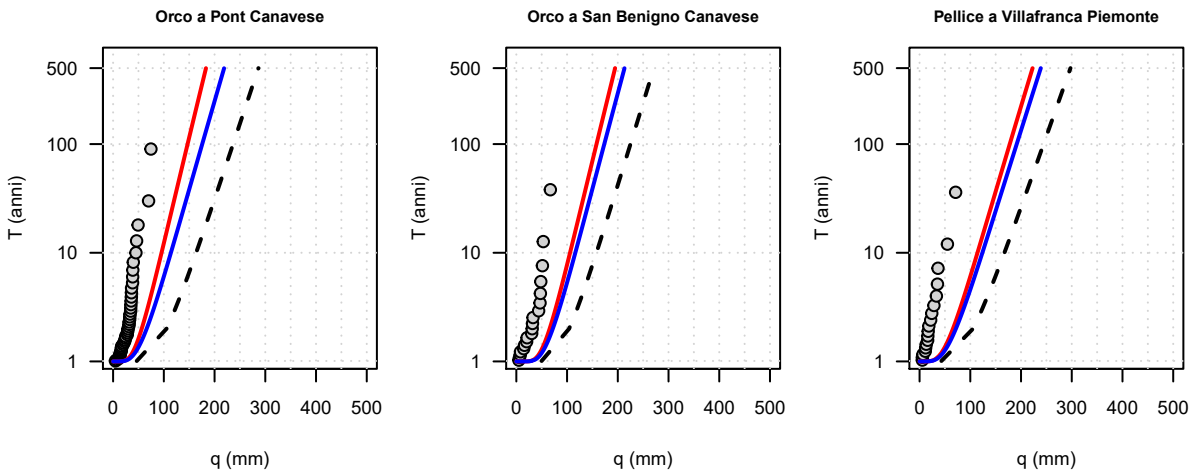

Maira a San Damiano Macra
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Maira a Racconigi
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Marmore a Perreres
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

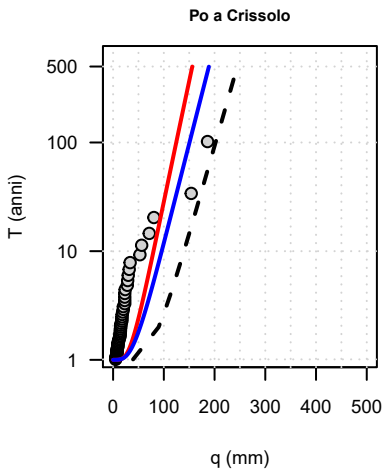

Mastallone a Varallo Ponte Folle
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

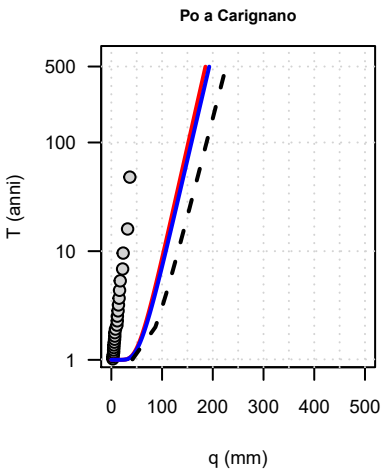

Melezet a Melezet
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

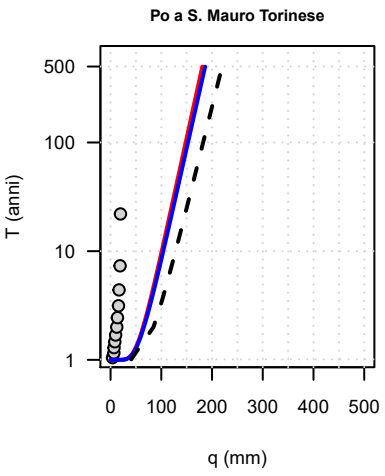

Orco a Pont Canavese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

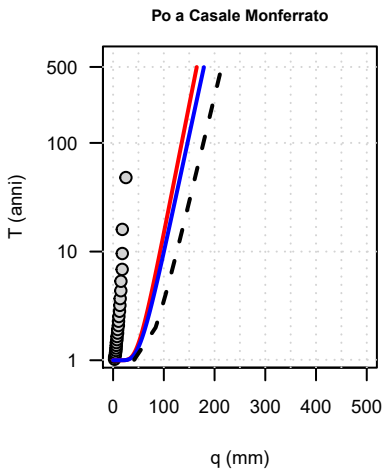
Orco a San Benigno Canavese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

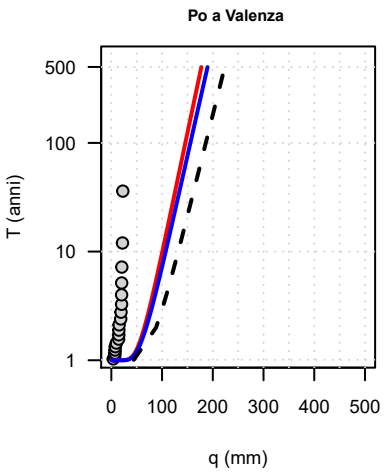
Pellice a Villafranca Piemonte
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

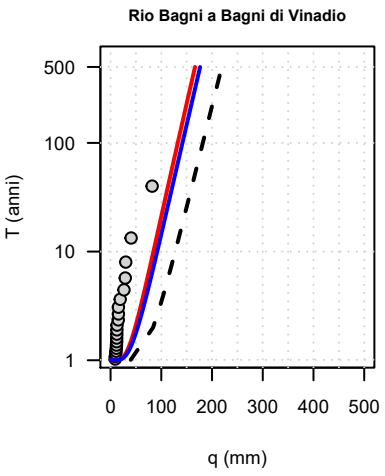

Po a Crissolo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

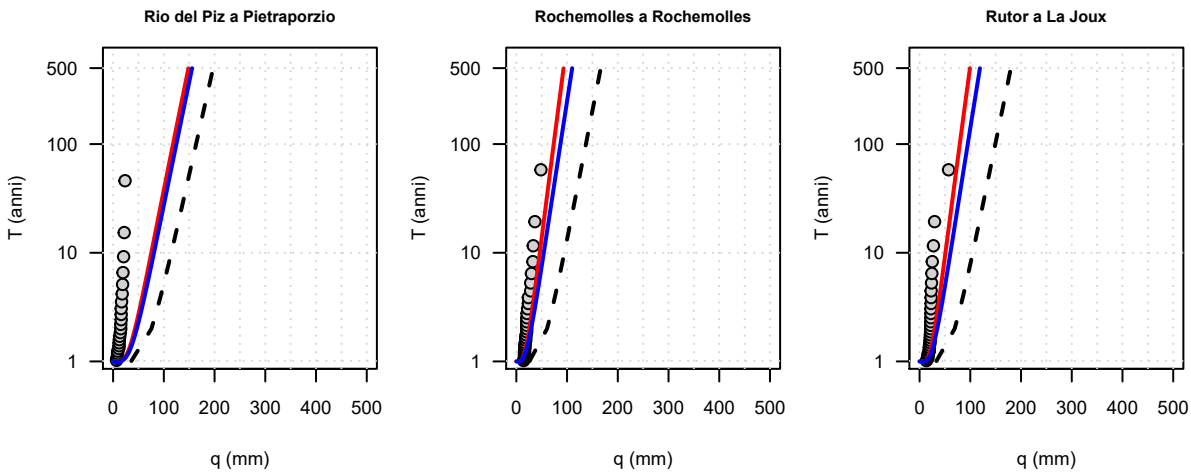

Po a Carignano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Po a S. Mauro Torinese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Po a Casale Monferrato
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

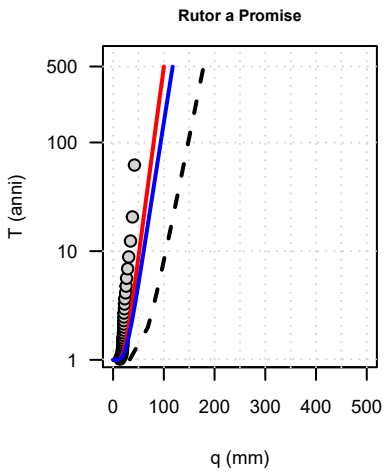

Po a Valenza
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

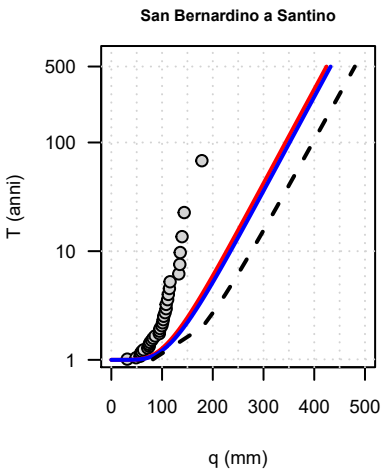

Rio Bagni a Bagni di Vinadio
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

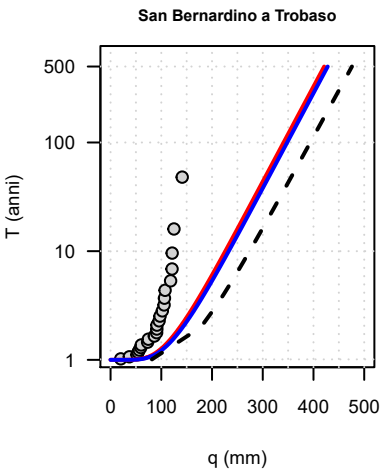

Rio del Piz a Pietraporzio
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

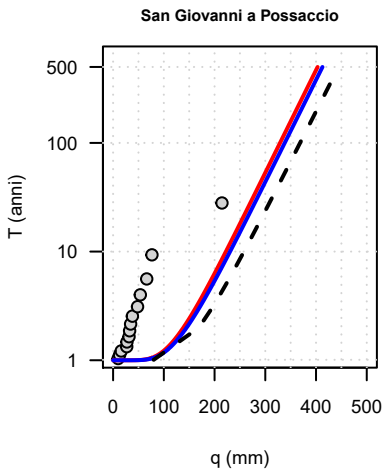
Rochemolles a Rochemolles
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

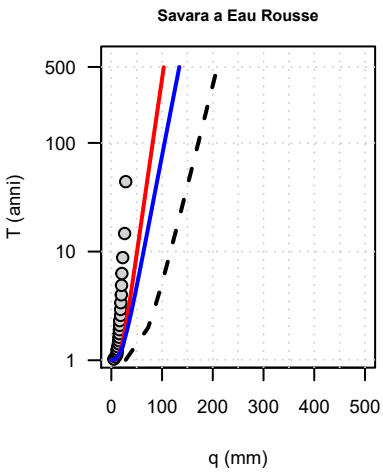
Rutor a La Joux
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

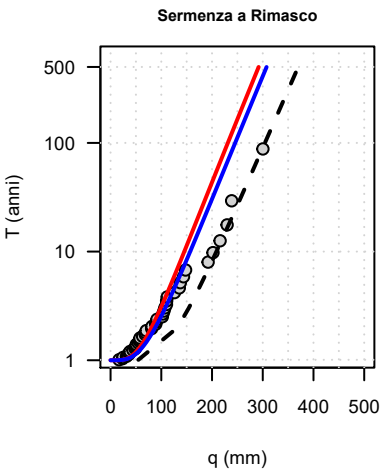

Rutor a Promise
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

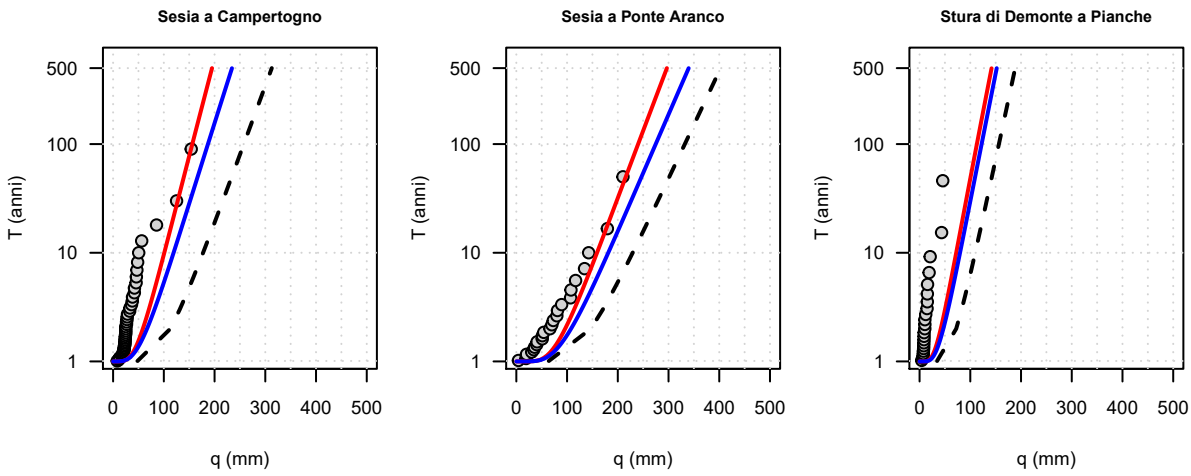

San Bernardino a Santino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


San Bernardino a Trobaso
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


San Giovanni a Possaccio
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

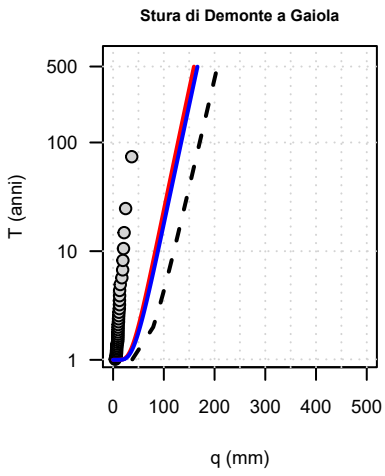

Savara a Eau Rousse
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

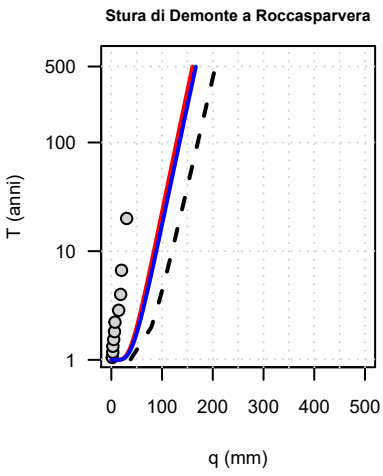

Sermenza a Rimasco
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

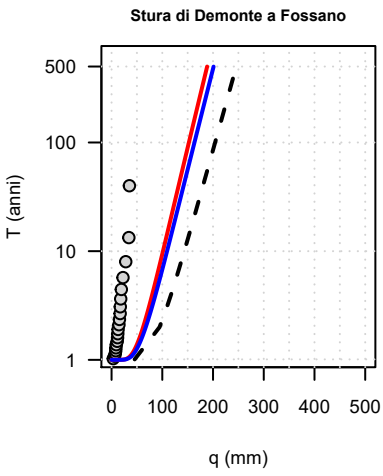

Sesia a Campertogno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

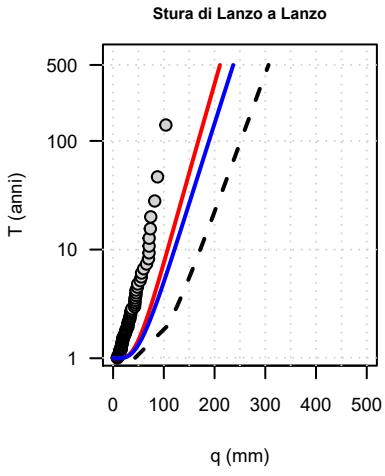
Sesia a Ponte Aranco
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

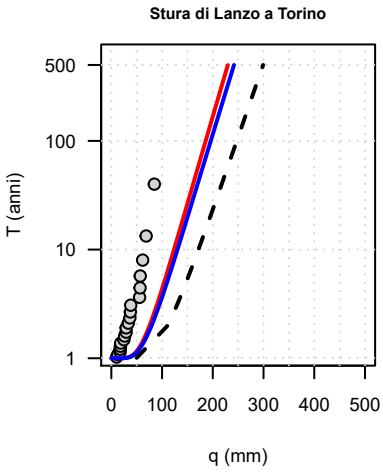
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

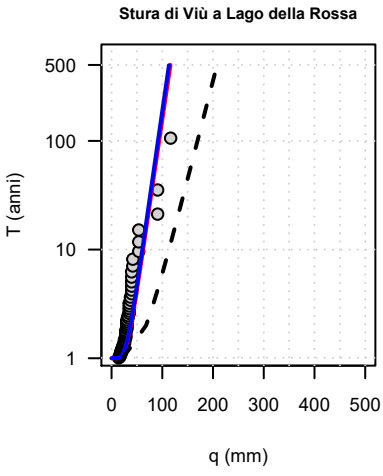

Stura di Demonte a Gaiola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

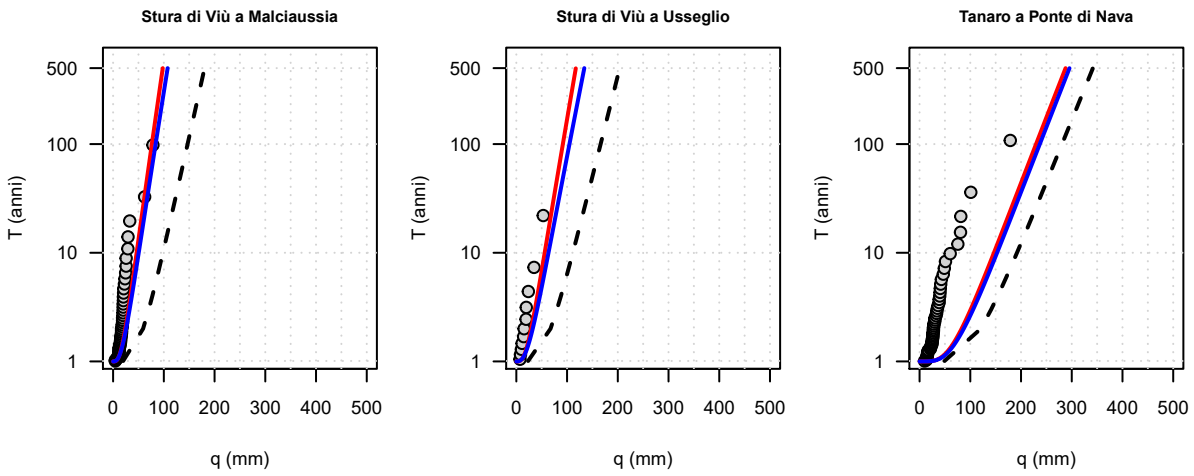

Stura di Demonte a Roccasparvera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

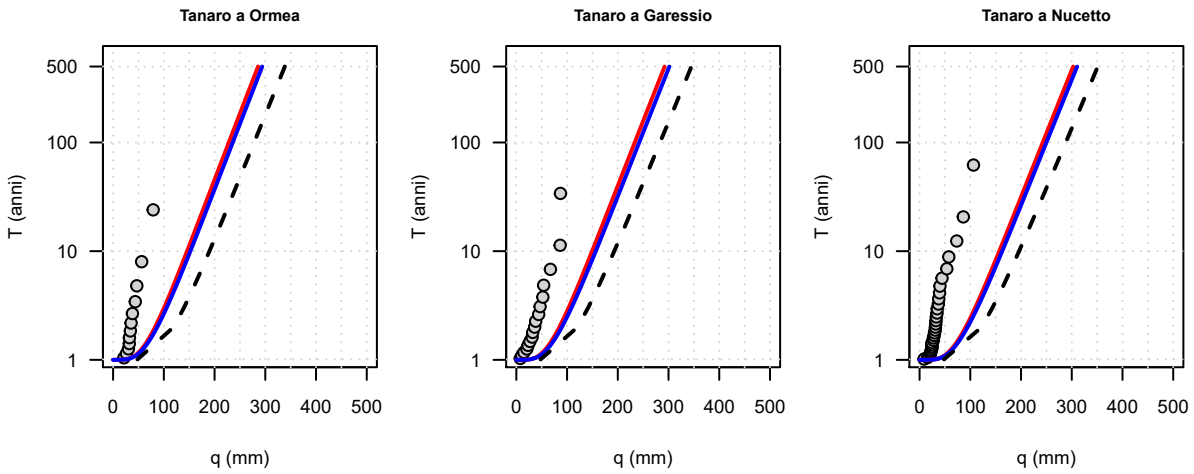

Stura di Demonte a Fossano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

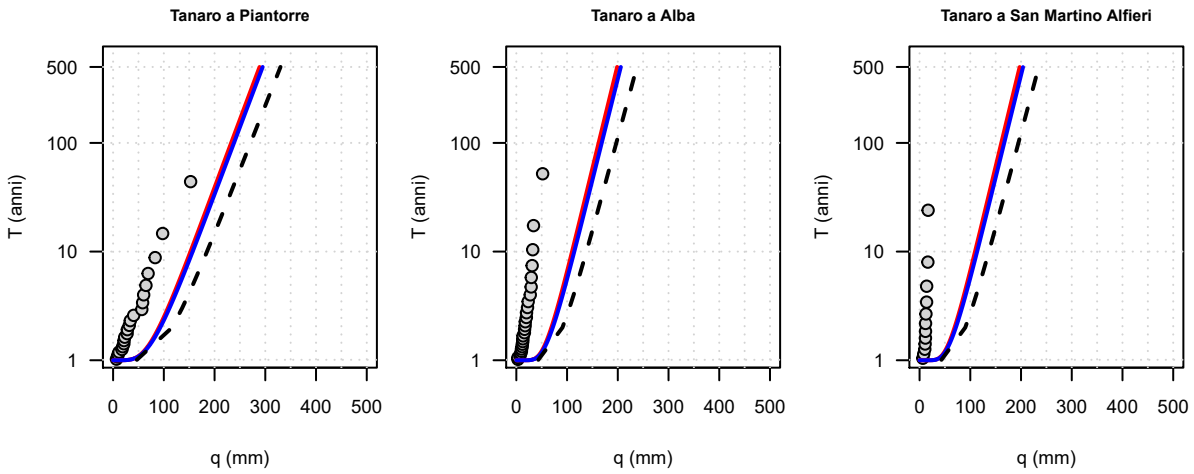

Stura di Lanzo a Lanzo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

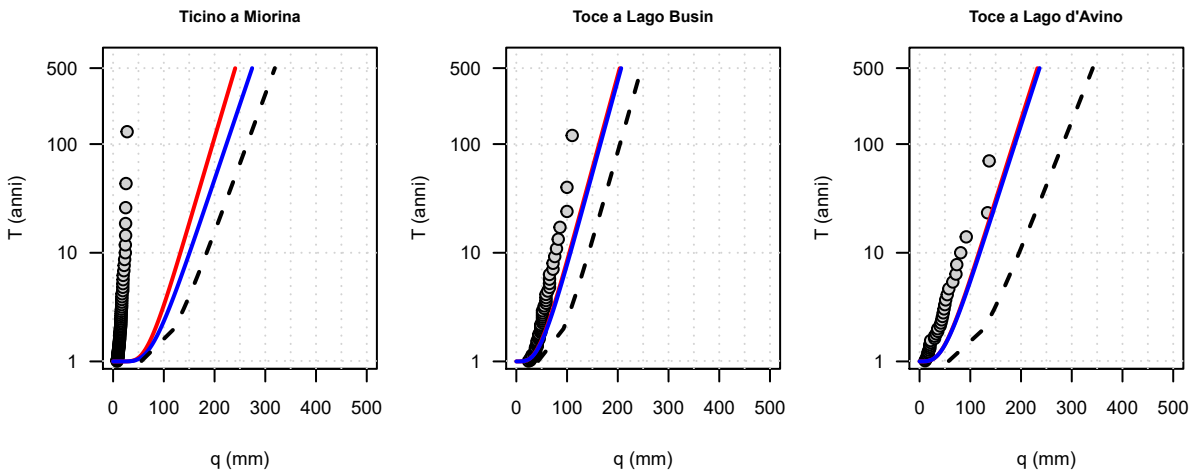

Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Viù a Lago della Rossa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Viù a Malciaussia
Stura di Viù a Usseglio
Tanaro a Ponte di Nava
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

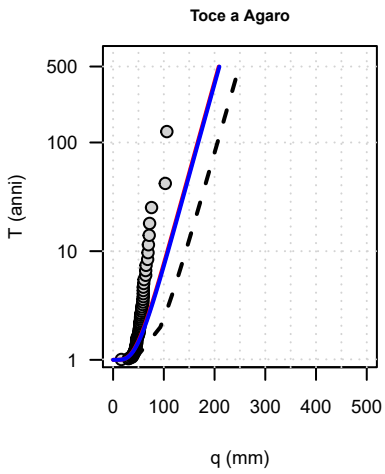

Tanaro a Ormea
Tanaro a Garessio
Tanaro a Nucetto
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

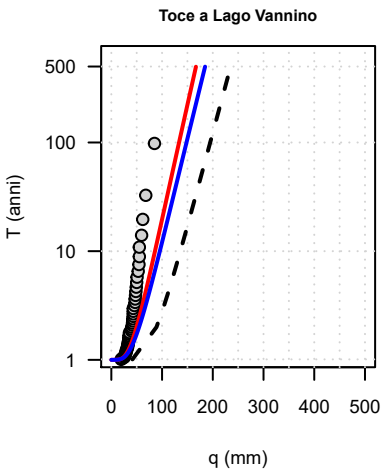

Tanaro a Piantorre
Tanaro a Alba
Tanaro a San Martino Alfieri
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

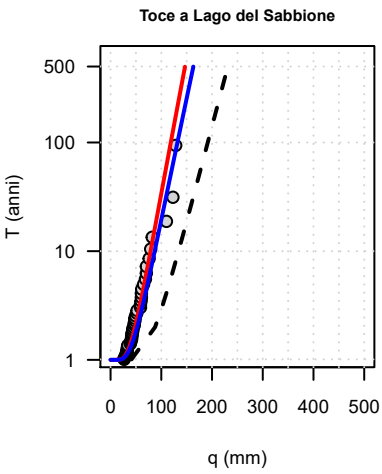

Ticino a Miorina
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

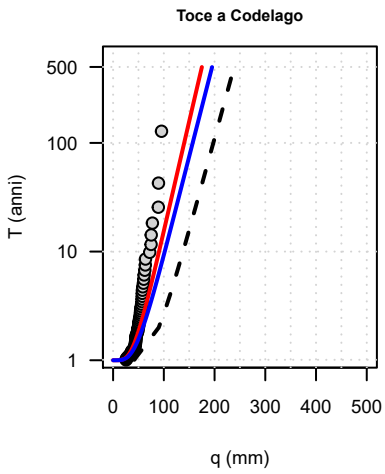
Toce a Lago Busin
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

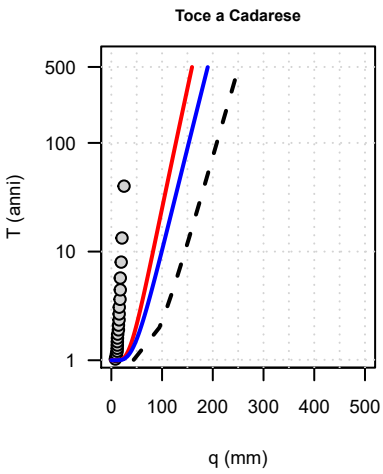
Toce a Lago d'Avino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

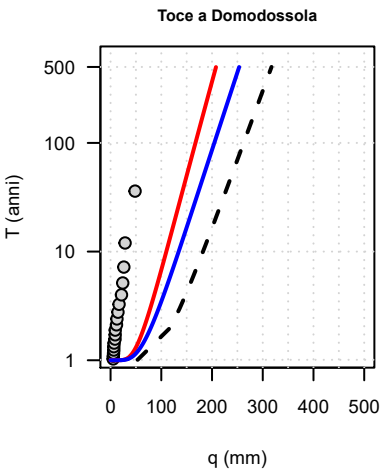

Toce a Agaro
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

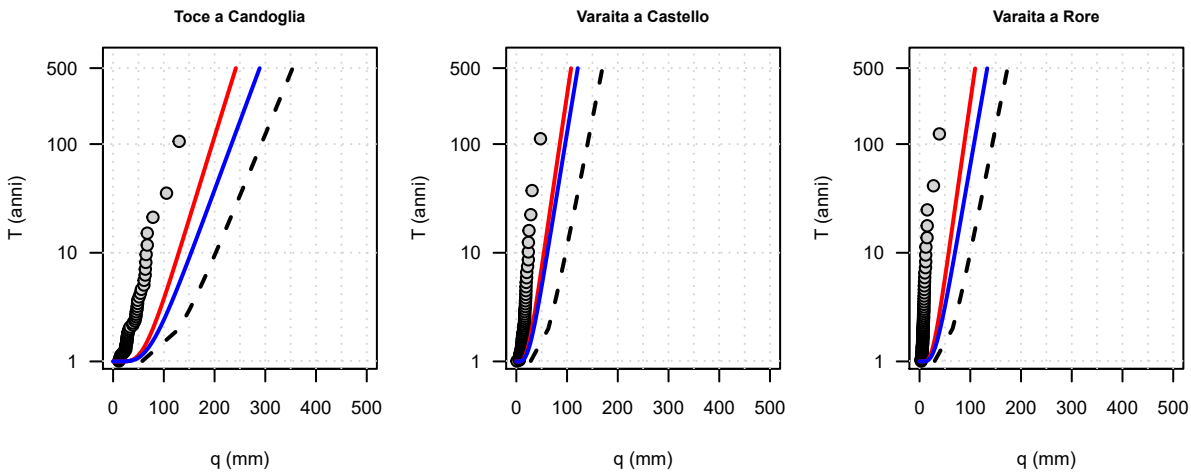

Toce a Lago Vannino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

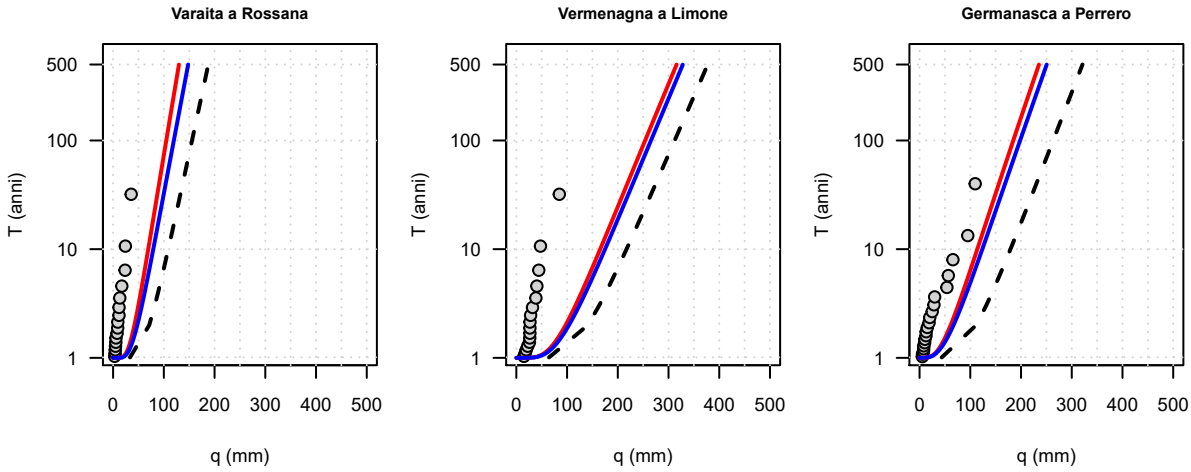

Toce a Lago del Sabbione
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

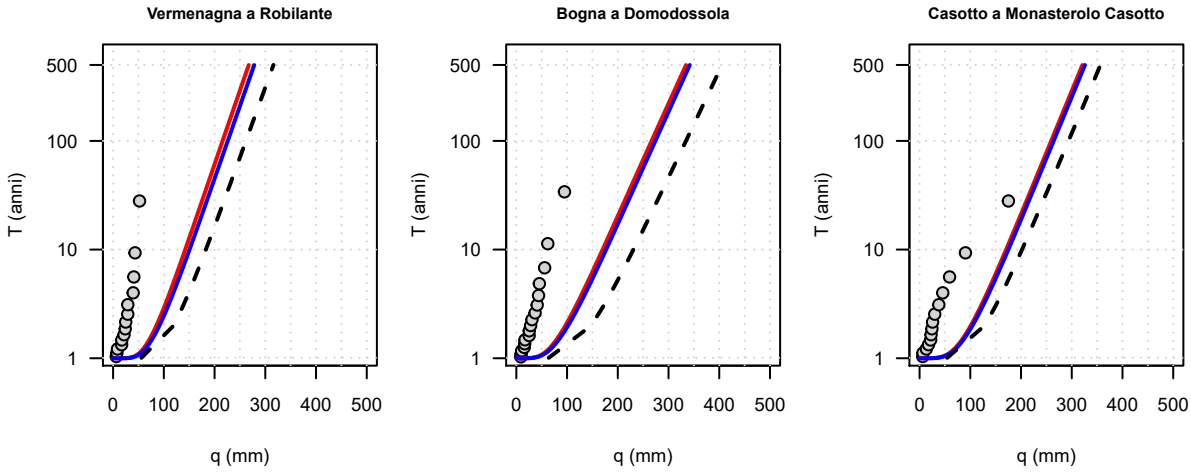

Toce a Codelago
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

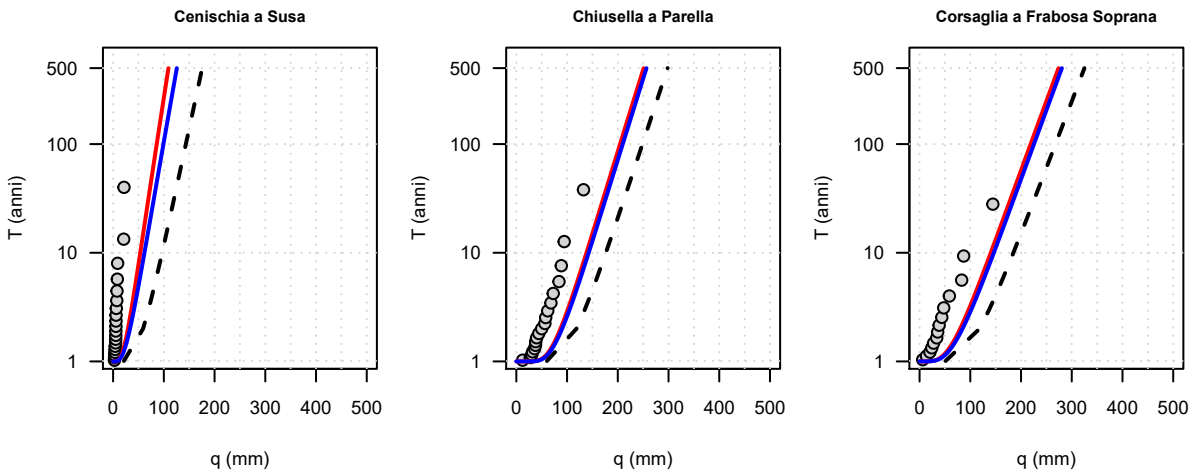

Toce a Cadarese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Toce a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Toce a Candoglia
Varaita a Castello
Varaita a Rore
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

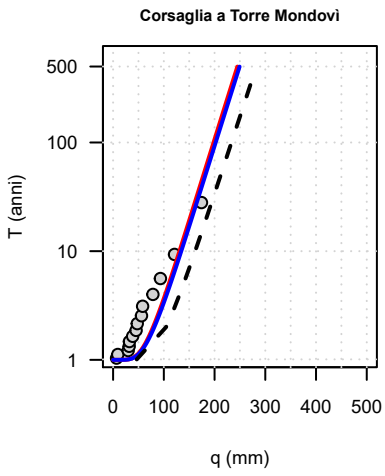

Varaita a Rossana
Vermenagna a Limone
Germanasca a Perrero
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

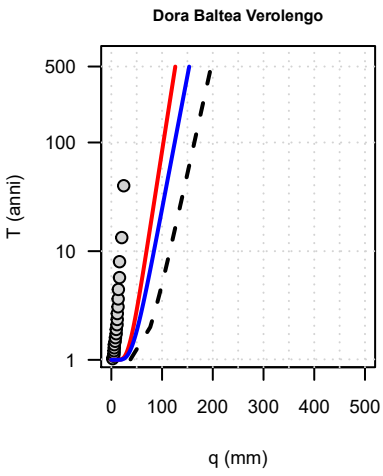

Vermenagna a Robilante
Bogna a Domodossola
Casotto a Monasterolo Casotto
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

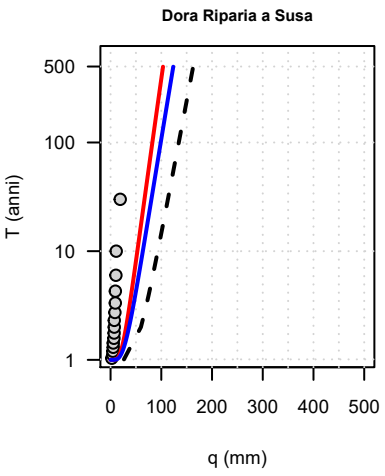

Cenischia a Susa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

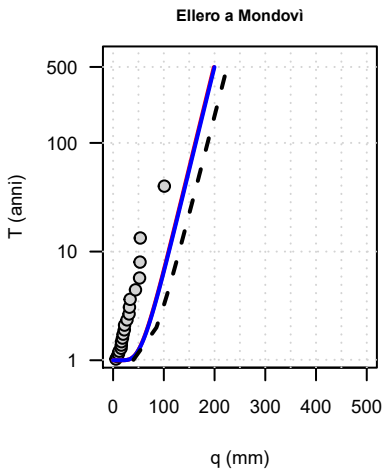
Chiusella a Parella
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

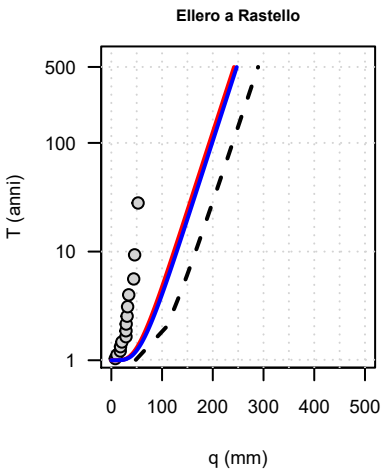
Corsaglia a Frabosa Soprana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

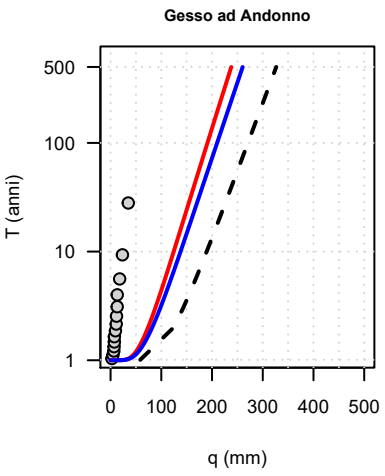

Corsaglia a Torre Mondovì
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

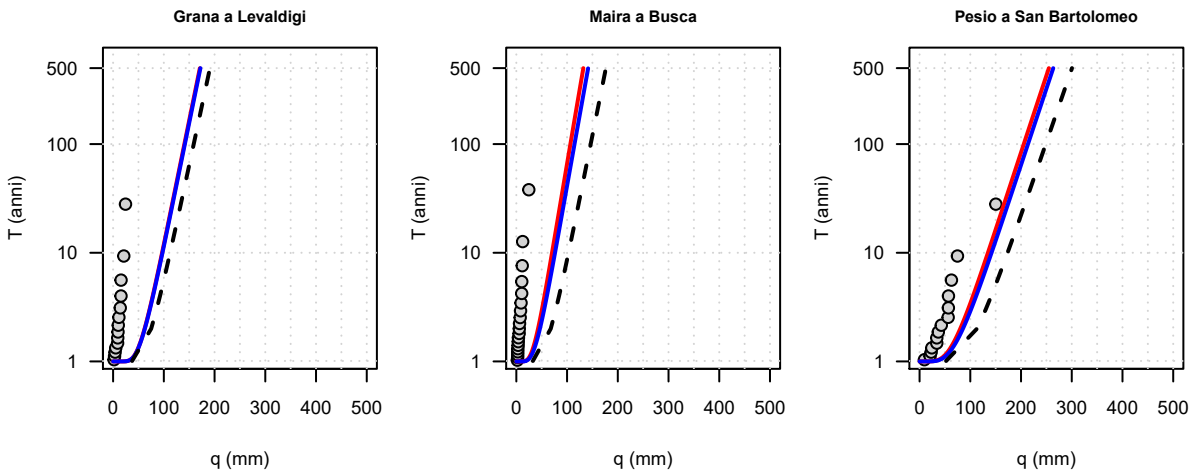

Dora Baltea Verolengo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

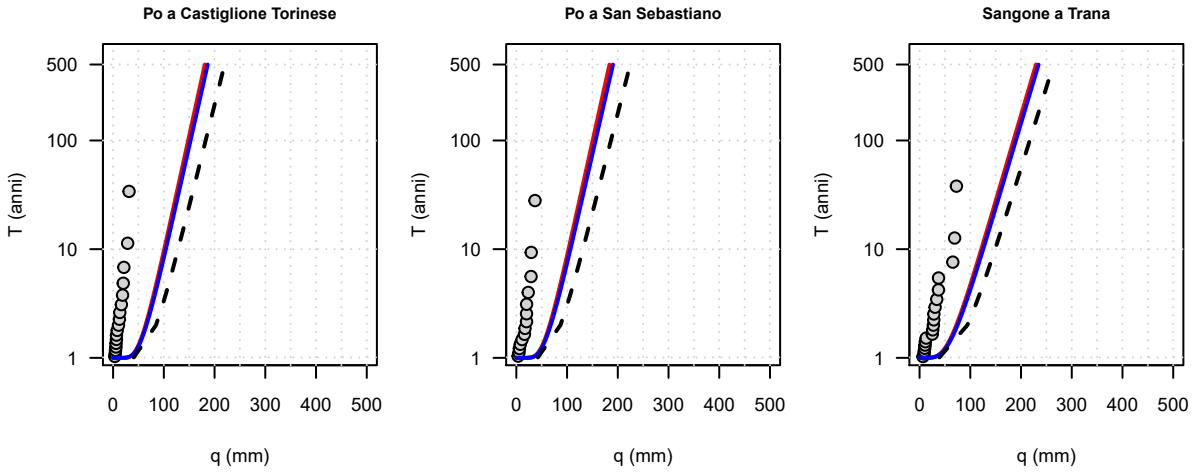

Dora Riparia a Susa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

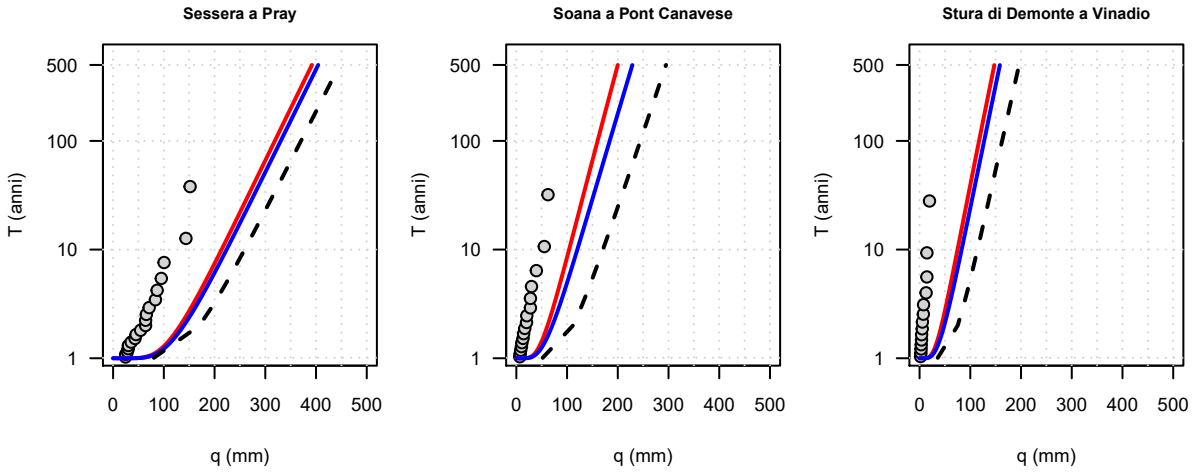

Ellero a Mondovì
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

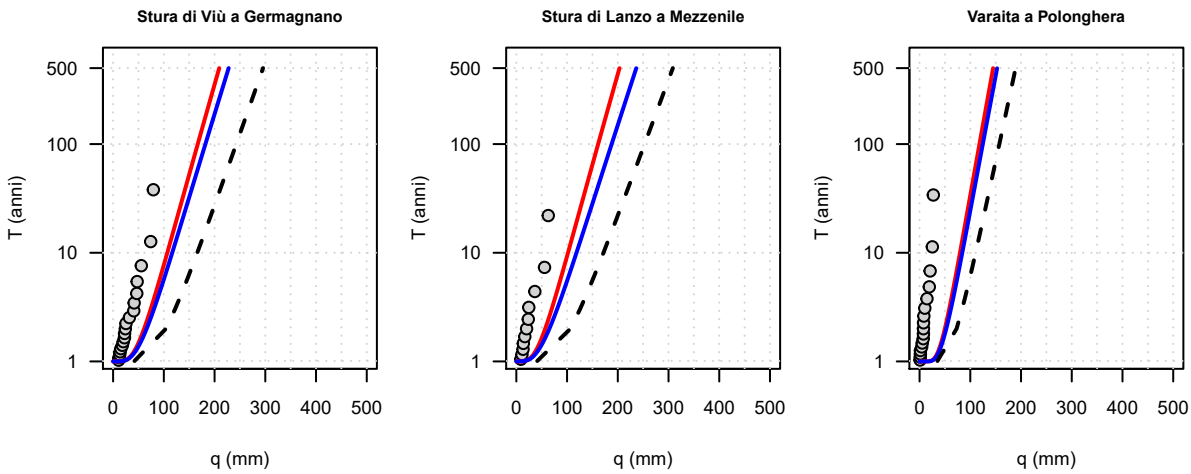

Ellero a Rastello
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

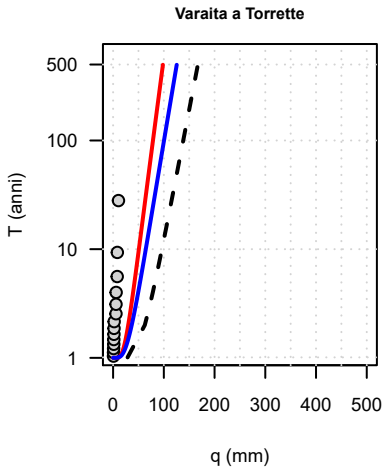

Gesso ad Andonno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Grana a Levaldigi
Maira a Busca
Pesio a San Bartolomeo
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Po a Castiglione Torinese
Po a San Sebastiano
Sangone a Trana
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Sessera a Pray
Soana a Pont Canavese
Stura di Demonte a Vinadio
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Stura di Viù a Germagnano
Stura di Lanzo a Mezzenile
Varaita a Polonghera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Varaita a Torrette
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

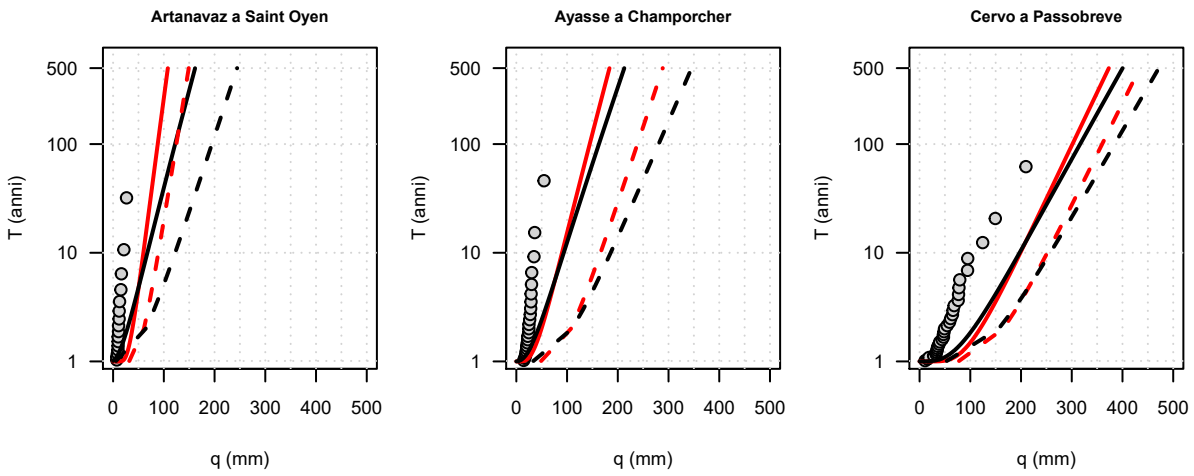
ALLEGATO F.4 – Confronto risultati ottenuti con differenti modalità di interpolazione spaziale della precipitazione

Di seguito si riportano i grafici risultanti dall'applicazione del modello geomorfoclimatico *FloodAlp* (*Allamano et al., 2009*) su 31 bacini idrografici, utilizzando differenti configurazioni:

- parametrizzazione della curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro e interpolazione spaziale della precipitazione estrema giornaliera annua con la tecnica del Kriging. Tali risultati sono riportati in colore rosso.
- parametrizzazione della curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro e interpolazione spaziale della precipitazione (estrema annua registrata nella finestra delle 24 ore) con la tecnica dei poligoni di Thiessen. Tali risultati sono riportati in colore nero.
- parametrizzazione della curva ipsometrica con la funzione semplificata ad un parametro e interpolazione spaziale della precipitazione estrema giornaliera annua con la tecnica del Kriging. Tali risultati sono riportati in colore blu.

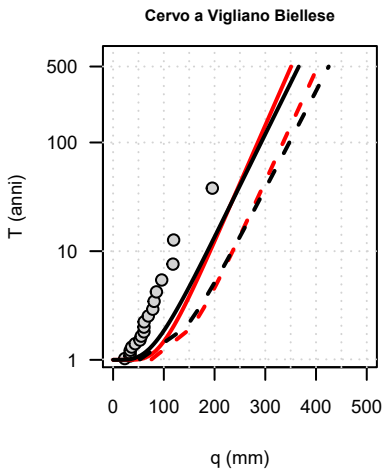
Tali grafici sono volti a mostrare la sensitività del modello alla tipologia di osservazioni pluviometriche e alle tecniche di interpolazione spaziale utilizzate, da cui derivano differenti parametri pluviometrici (come mostrato nella tabella sottostante).

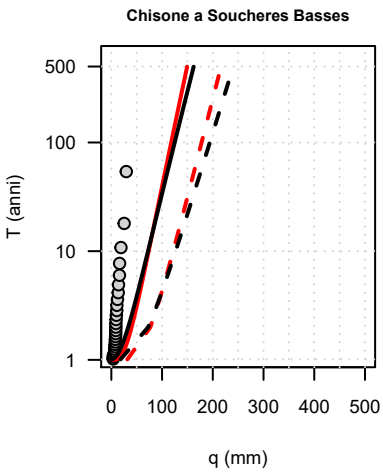
		Dati pluviometrici ricavati da estremi giornalieri		*Dati pluviometrici ricavati da estremi 24 ore*	
Codice	***Stazione Idrometrica***	**α**	***λ***	**α**	***λ***
A009	Artanavaz a Saint Oyen	15.12	38.47	30.84	5.56
A011	Ayasse a Champorcher	30.95	22.46	40.26	10.66
A030	Cervo a Passobreve	46.02	25.05	53.99	12.46
A031	Cervo a Vigliano Biellese	42.33	27.62	48.05	13.88
A038	Chisone a Soucheres Basses	23.85	17.43	28.69	8.71
A039	Chisone a Fenestrelle	24.57	16.46	29.22	8.97
A040	Chisone a San Martino	30.84	15.72	33.73	9.5
A043	Corsaglia a presa Centrale Molline	33.6	20.33	36.49	11.54
A048	Dora Baltea ad Aosta	18.16	28.54	31.34	6.54
A049	Dora Baltea a Tavagnasco	20.25	26.68	33.64	7.49
A052	Dora di Bardonecchia a Beaulard	15.96	24.17	21.66	11.48
A057	Dora Riparia a Oulx	16.36	21.27	26.21	9.35
A060	Dora Riparia a S. Antonino di Susa	18.93	18.28	25.27	11.07
A073	Grana a Monterosso	18.83	28.21	25.13	14.78
A078	Lys a Gressoney St Jean	23.32	20.04	35.83	9.51
A082	Maira a Racconigi	18.72	29.4	23.24	14.5
A099	Orco a Pont Canavese	30.98	20.77	40.01	11.75
A106	Po a Crissolo	26.53	20.37	35.07	8.95
A122	Rio Bagni a Bagni di Vinadio	23.17	25.71	27.33	13
A127	Rutor a La Joux	18.93	26.81	28.64	7.09
A128	Rutor a Promise	18.76	26.94	28.63	7.09
A146	Sesia a Campertogno	34.18	18.89	43.29	11.1
A147	Sesia a Ponte Aranco	43.74	19.95	47.28	13.82
A151	Stura di Demonte a Pianche	19.88	26.27	23.65	14.5
A152	Stura di Demonte a Gaiola	21.65	26.67	25.37	14.02
A155	Stura di Lanzo a Lanzo	33.96	16.57	41.21	10.07
A156	Stura di Lanzo a Torino	32.18	21.86	38.73	10.67
A160	Tanaro a Ponte di Nava	37.78	16.98	43.04	9.37
A163	Tanaro a Nucetto	39.15	15.78	42.04	9.02
A167	Tanaro a Alba	25.09	25.98	28.98	11.8
A189	Toce a Candoglia	38.24	20.87	44.36	12.12

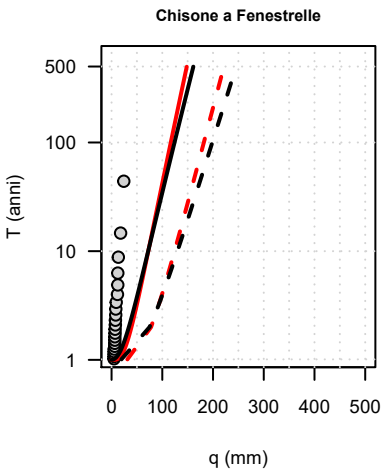

Artanavaz a Saint Oyen
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

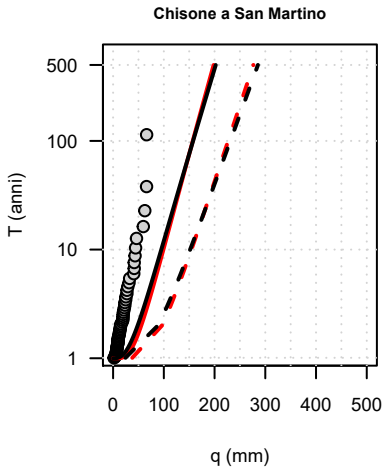
Ayasse a Champorcher
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

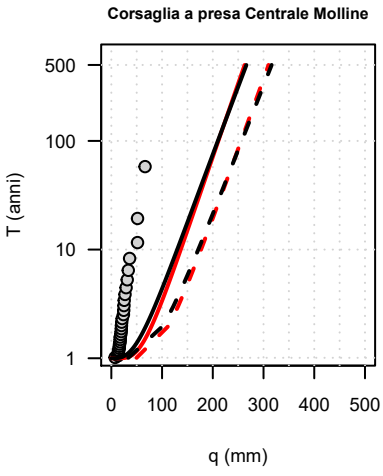
Cervo a Passobreve
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

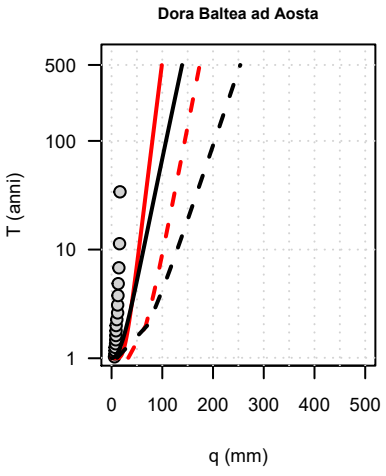

Cervo a Vigliano Biellese
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

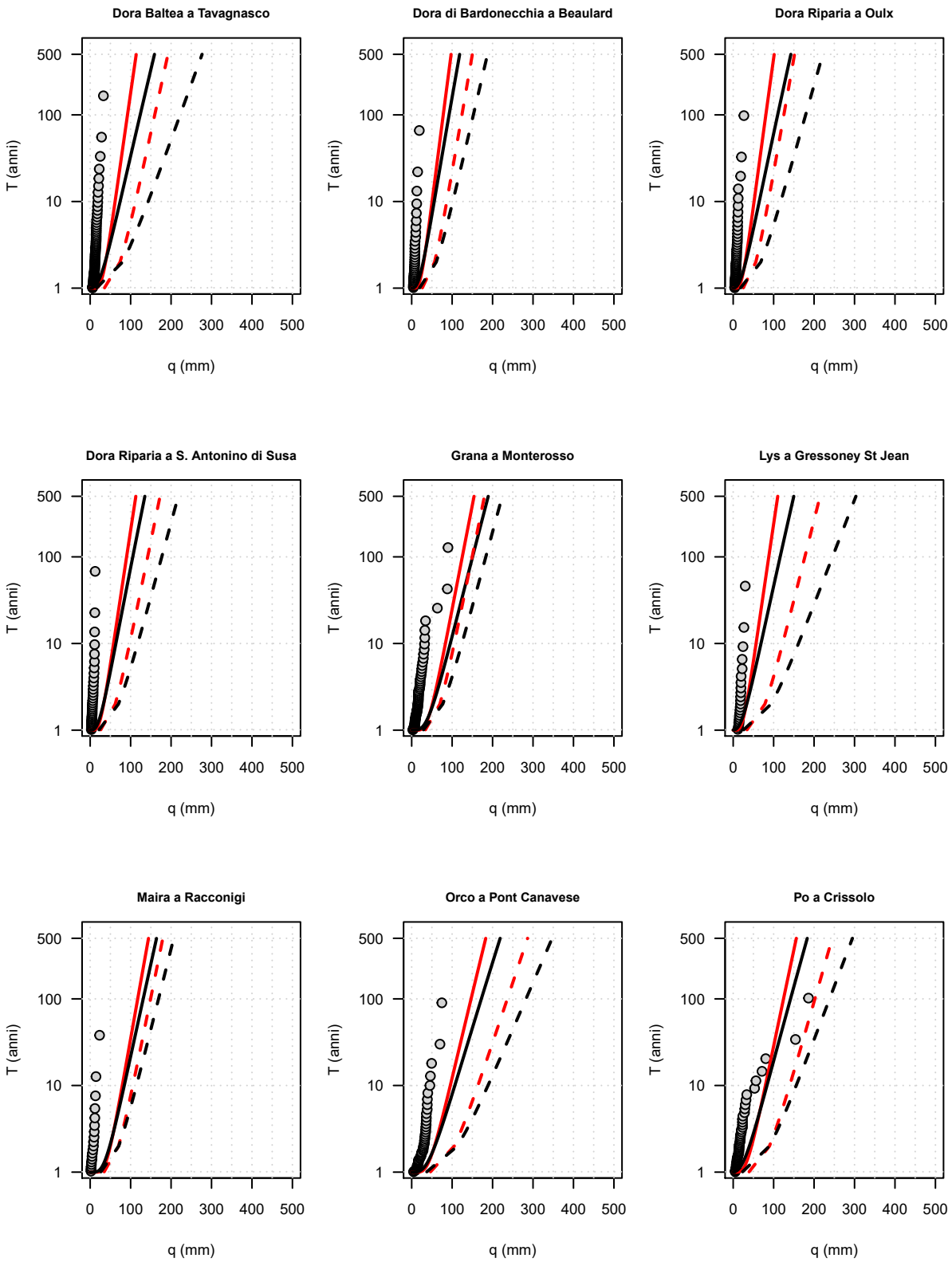

Chisone a Soucheres Basses
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

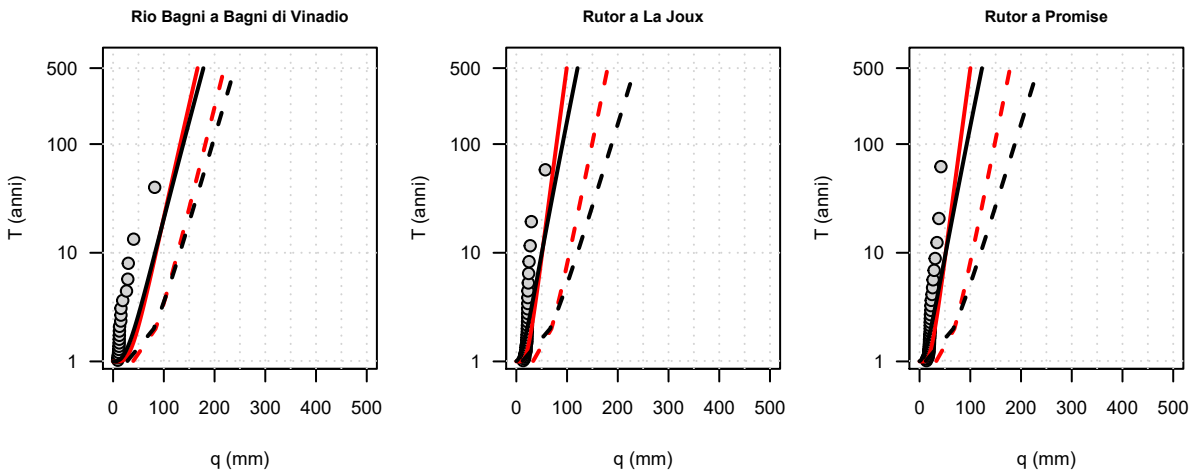

Chisone a Fenestrelle
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

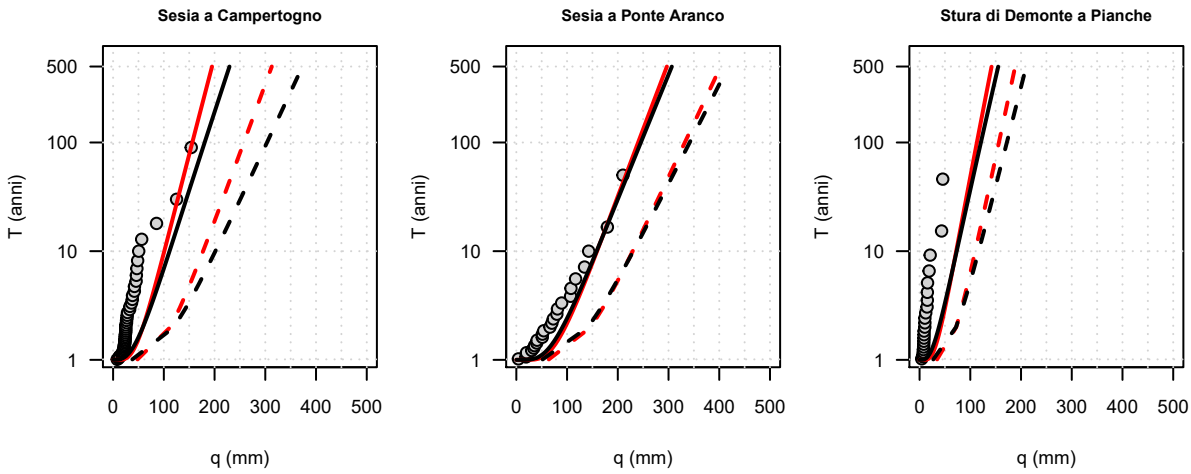

Chisone a San Martino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

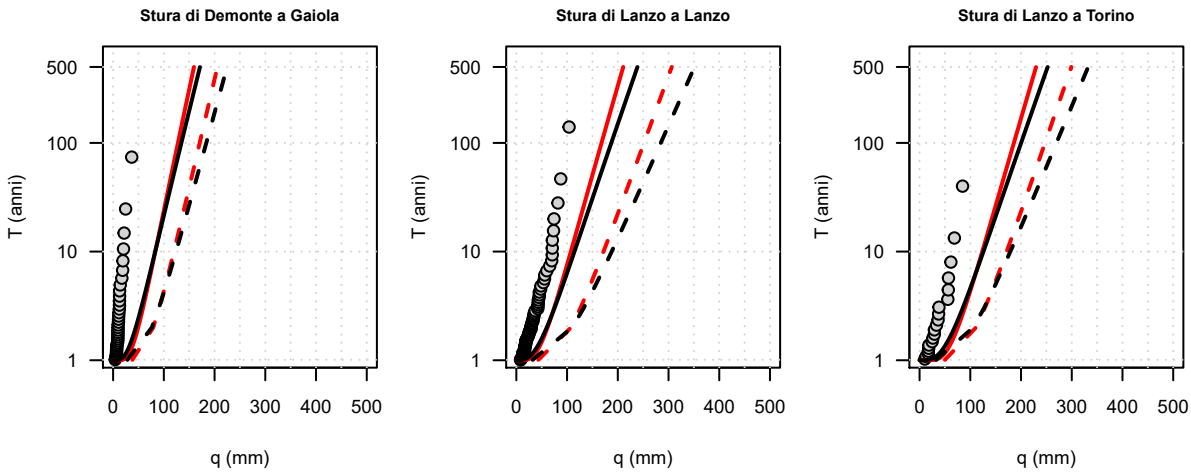

Corsaglia a presa Centrale Molline
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

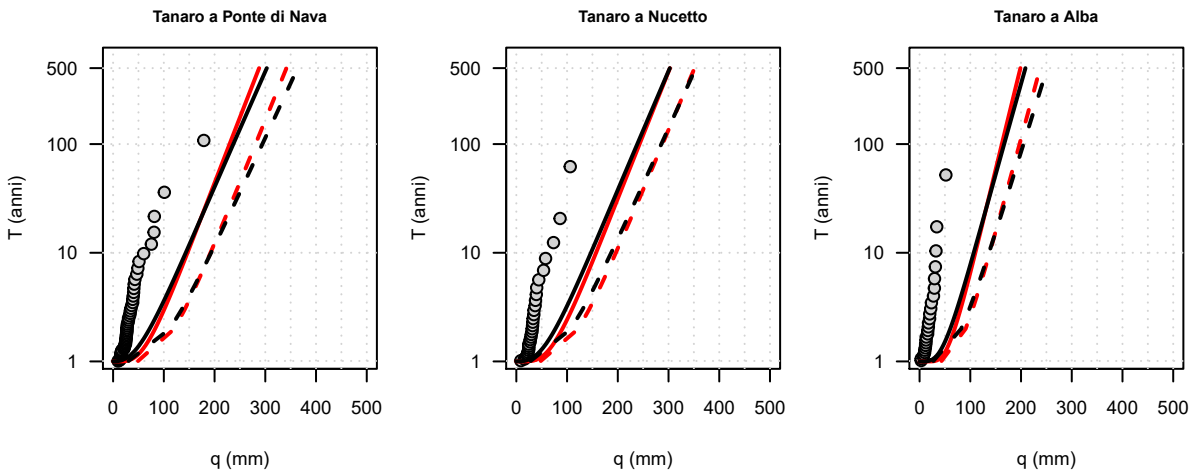

Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

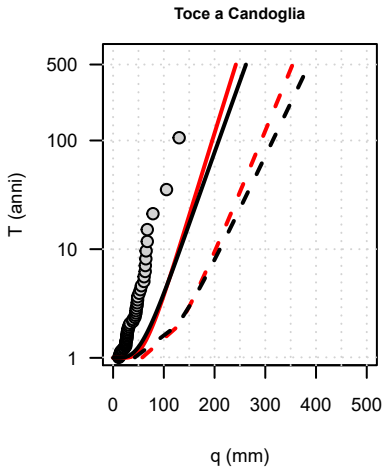

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Grana a Monterosso
Lys a Gressoney St Jean
Maira a Racconigi
Orco a Pont Canavese
Po a Crissolo
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

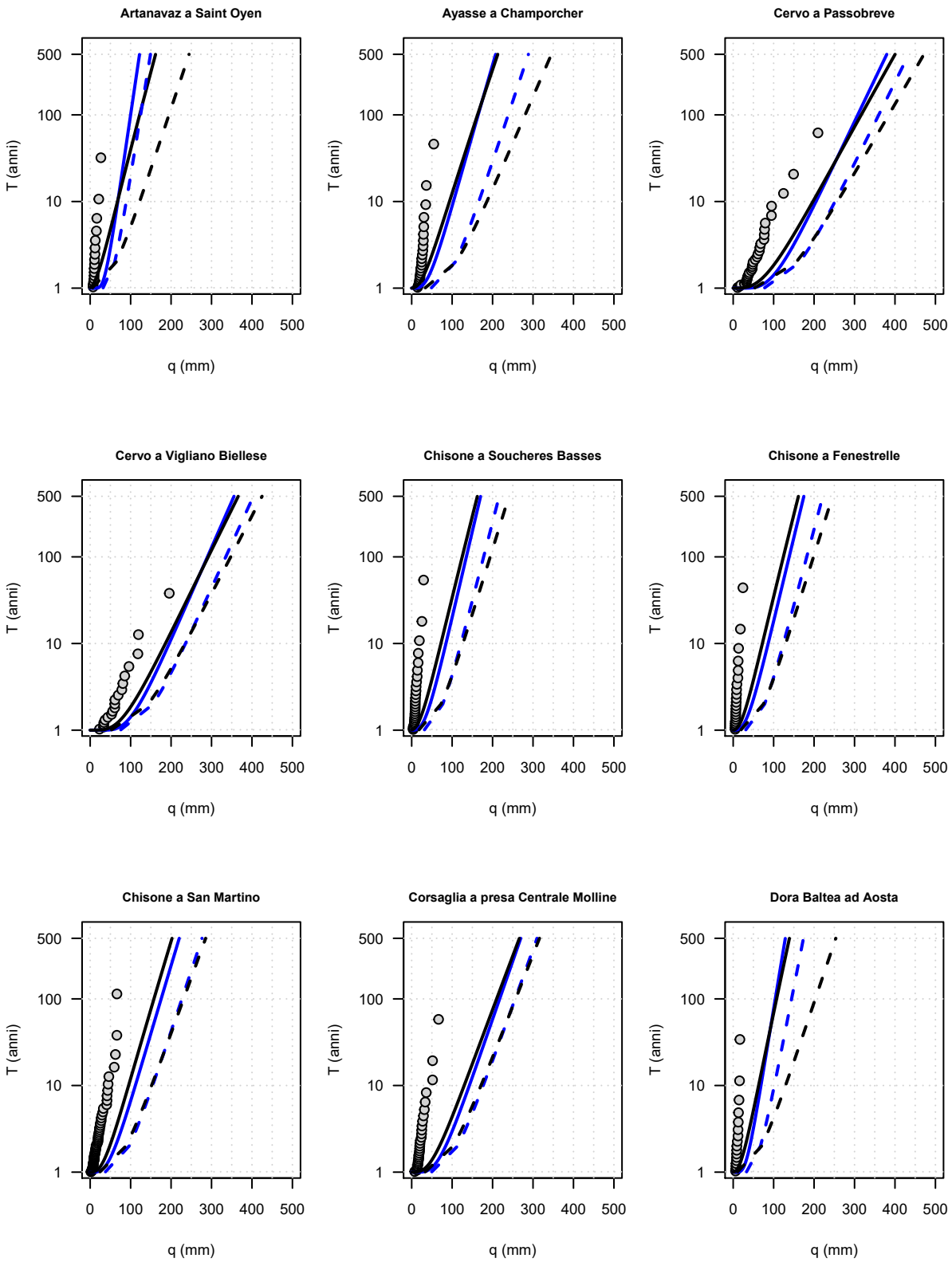

Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

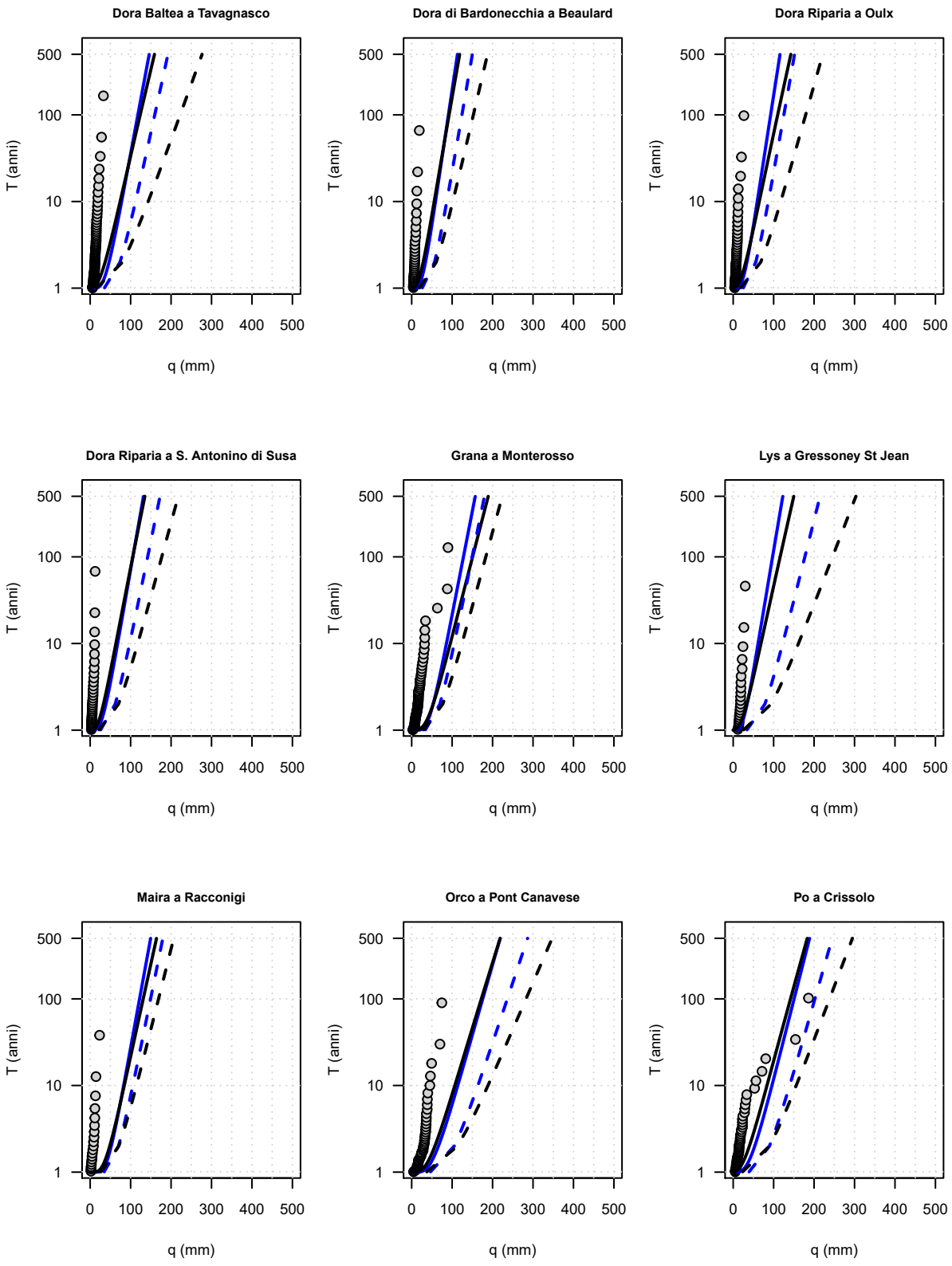

Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

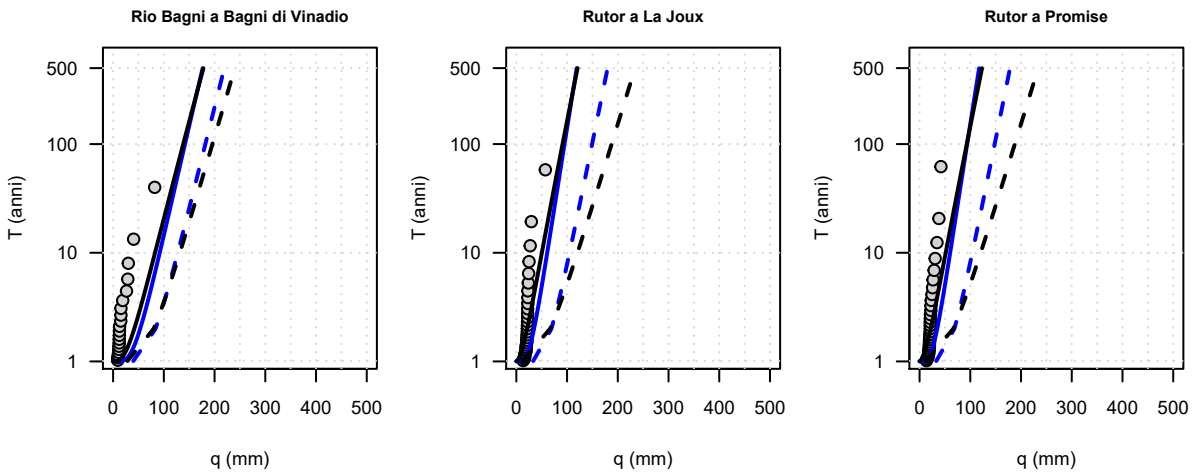

Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

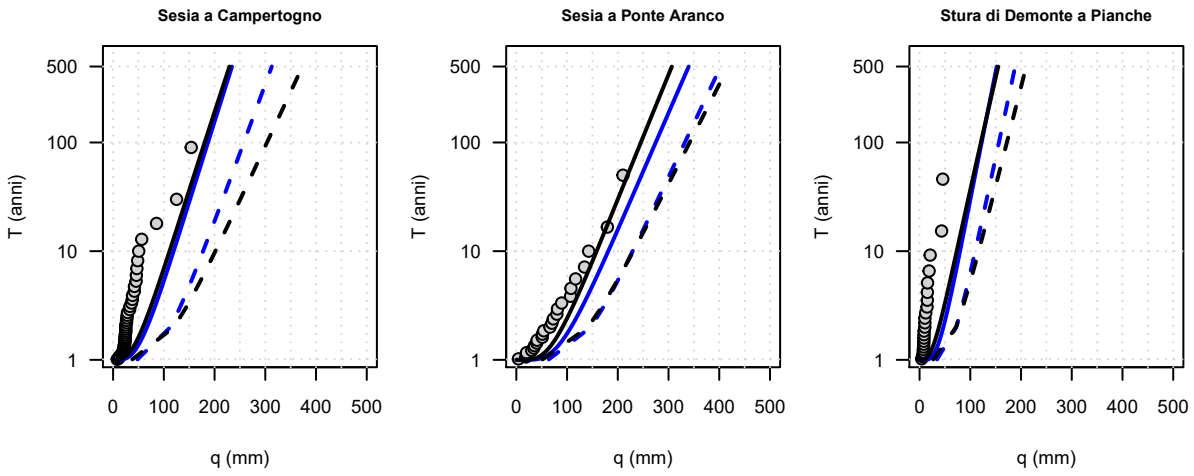

Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Alba
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

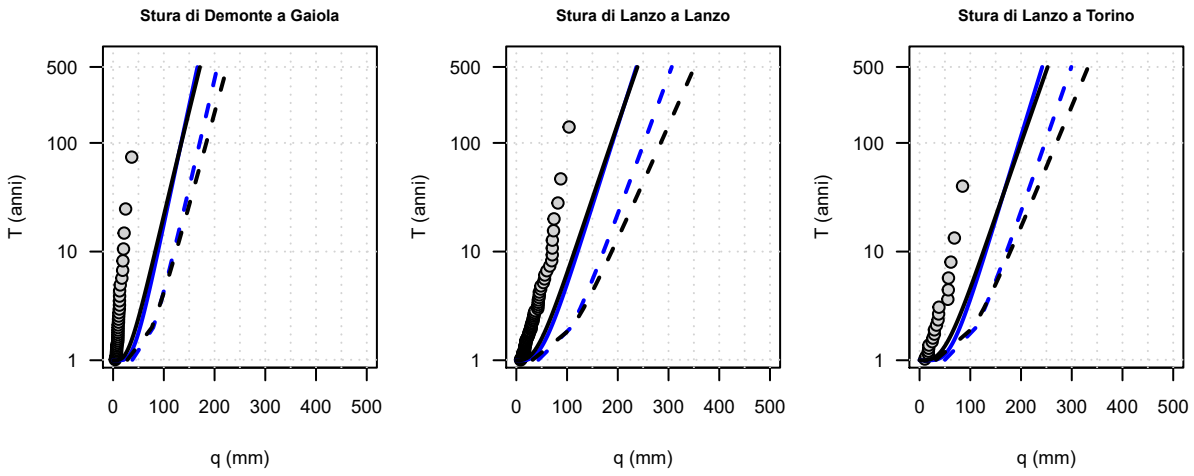

Toce a Candoglia
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

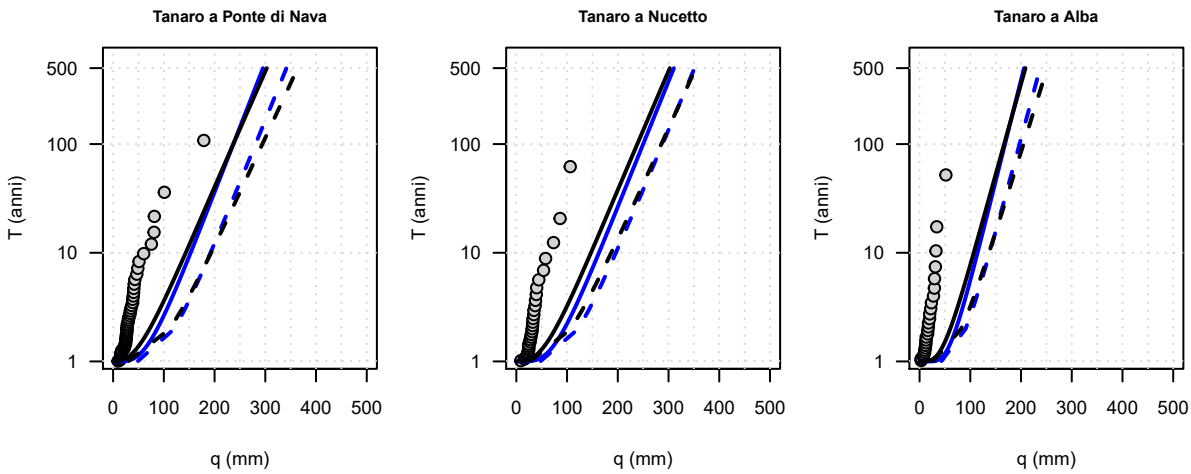

Artanavaz a Saint Oyen
Ayasse a Champorcher
Cervo a Passobreve
Cervo a Vigliano Biellese
Chisone a Soucheres Basses
Chisone a Fenestrelle
Chisone a San Martino
Corsaglia a presa Centrale Molline
Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

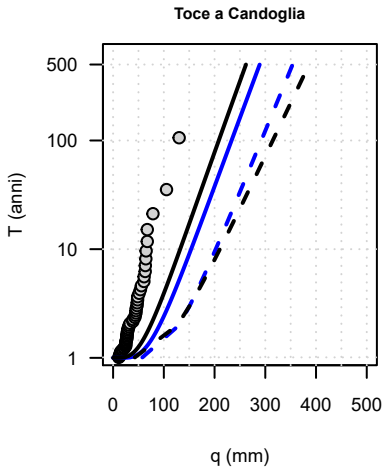

Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora Riparia a Oulx
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
Grana a Monterosso
Lys a Gressoney St Jean
Maira a Racconigi
Orco a Pont Canavese
Po a Crissolo
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500


Rio Bagni a Bagni di Vinadio
Rutor a La Joux
Rutor a Promise
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500


Sesia a Campertogno
Sesia a Ponte Aranco
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

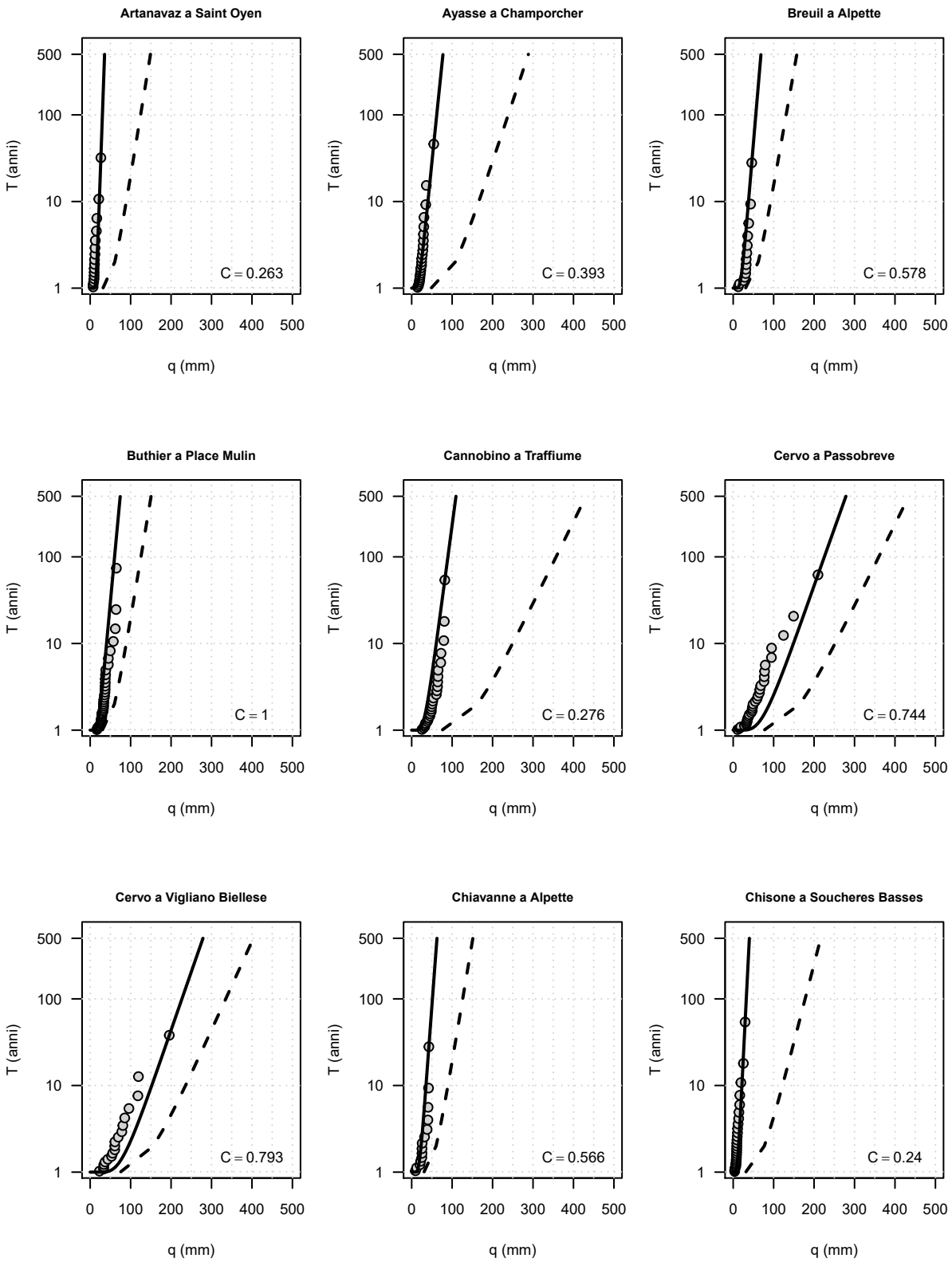

Stura di Demonte a Gaiola
Stura di Lanzo a Lanzo
Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

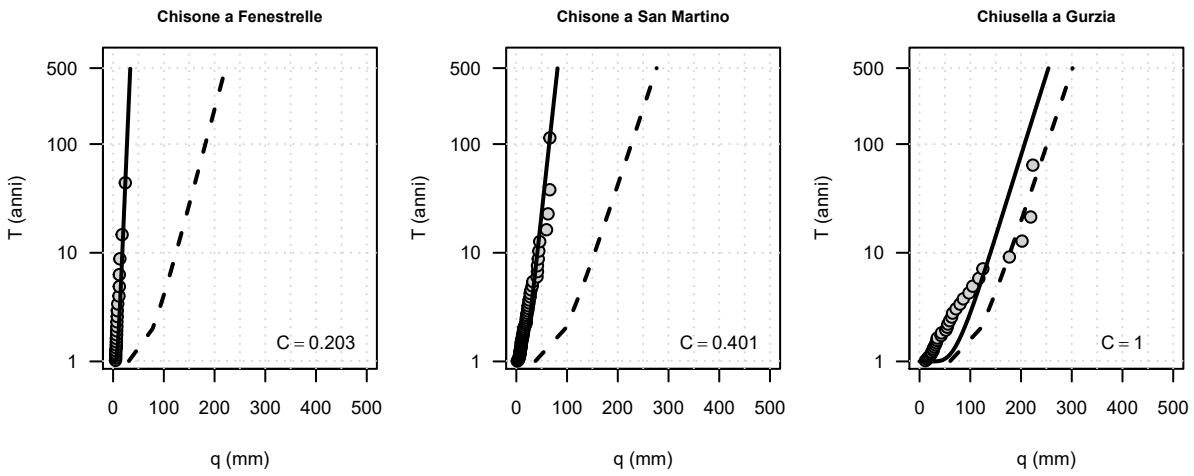

Tanaro a Ponte di Nava
Tanaro a Nucetto
Tanaro a Alba
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500


Toce a Candoglia
T (anni)
q (mm)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500

ALLEGATO F.5 – Calibrazione del coefficiente di deflusso con modellazione semplificata della curva ipsometrica

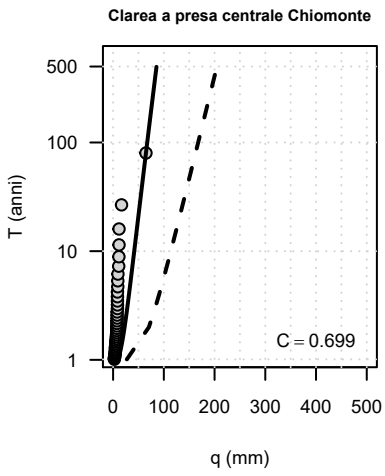
In questa sezione si enfatizza il ruolo assunto dal coefficiente di deflusso nell'attenuazione della portata di piena, per tutti i 121 bacini idrografici selezionati. Come effettuato in precedenza, si distinguono i risultati in funzione della funzione di modellazione della curva ipsometrica adottata. Di seguito si riportano i risultati ottenuti con la modellazione semplificata della curva ipsometrica, indicando il risultato della calibrazione per ogni bacino idrografico considerato.

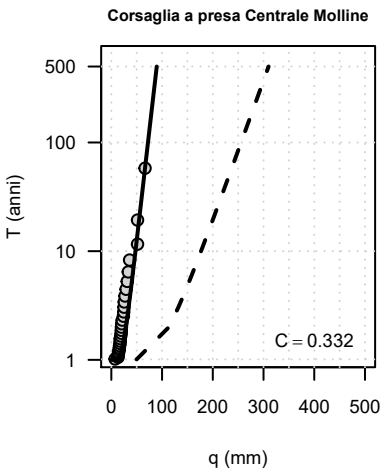

Artanavaz a Saint Oyen
C = 0.263
Ayasse a Champorcher
C = 0.393
Breuil a Alpette
C = 0.578
Buthier a Place Mulin
C = 1
Cannobino a Traffiume
C = 0.276
Cervo a Passobreve
C = 0.744
Cervo a Vigliano Biellese
C = 0.793
Chiavanne a Alpette
C = 0.566
Chisone a Soucheres Basses
C = 0.24
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

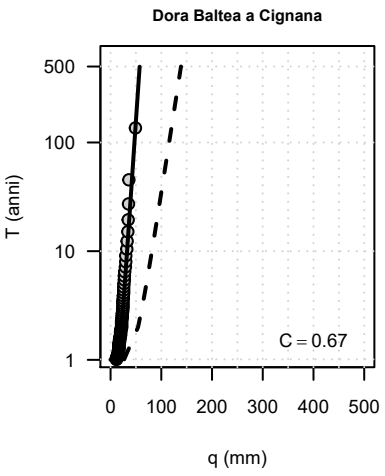

Chisone a Fenestrelle
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.203
0
100
200
300
400
500
q (mm)

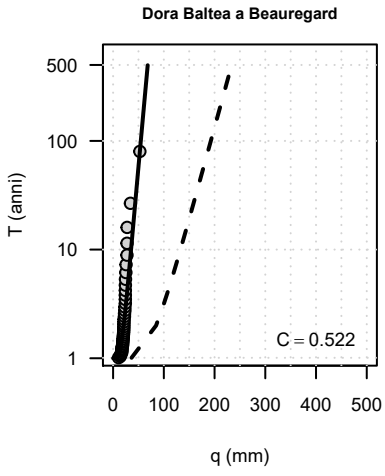
Chisone a San Martino
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.401
0
100
200
300
400
500
q (mm)

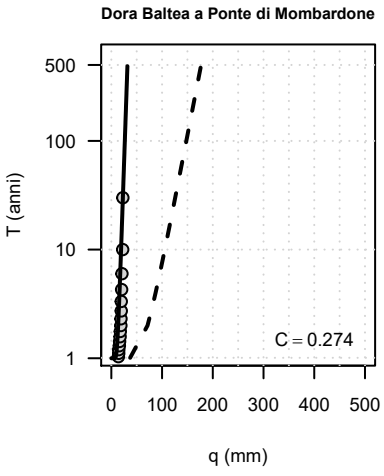
Chiusella a Gurzia
T (anni)
500
100
10
1
C = 1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

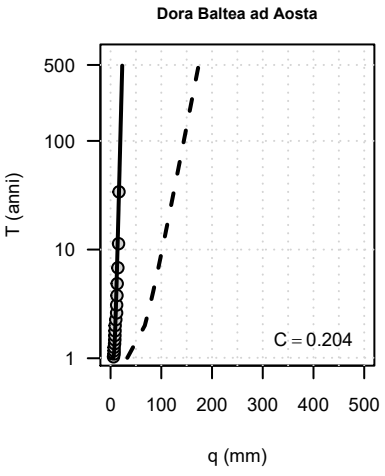

Clarea a presa centrale Chiomonte
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.699
0
100
200
300
400
500
q (mm)

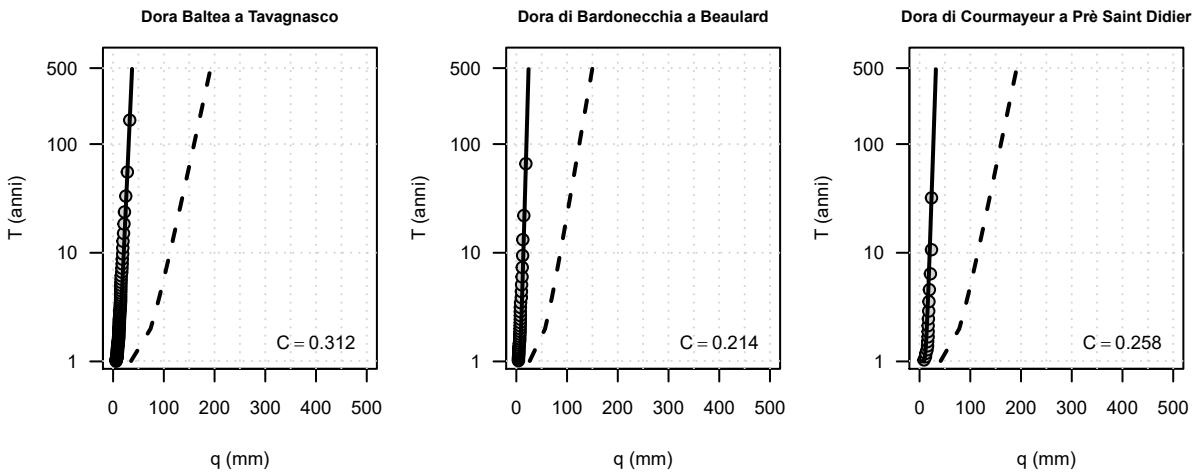

Corsaglia a presa Centrale Molline
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.332
0
100
200
300
400
500
q (mm)

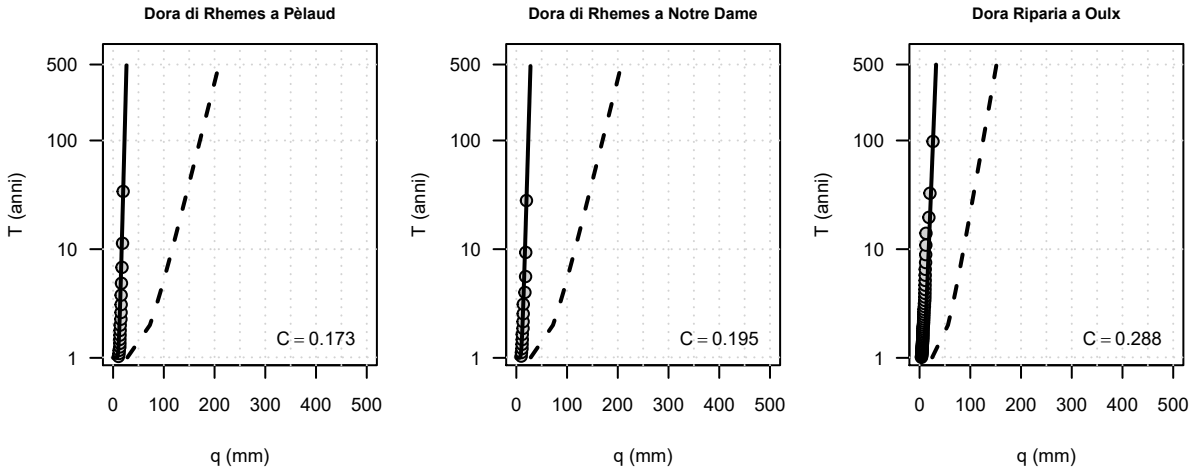

Dora Baltea a Cignana
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.67
0
100
200
300
400
500
q (mm)

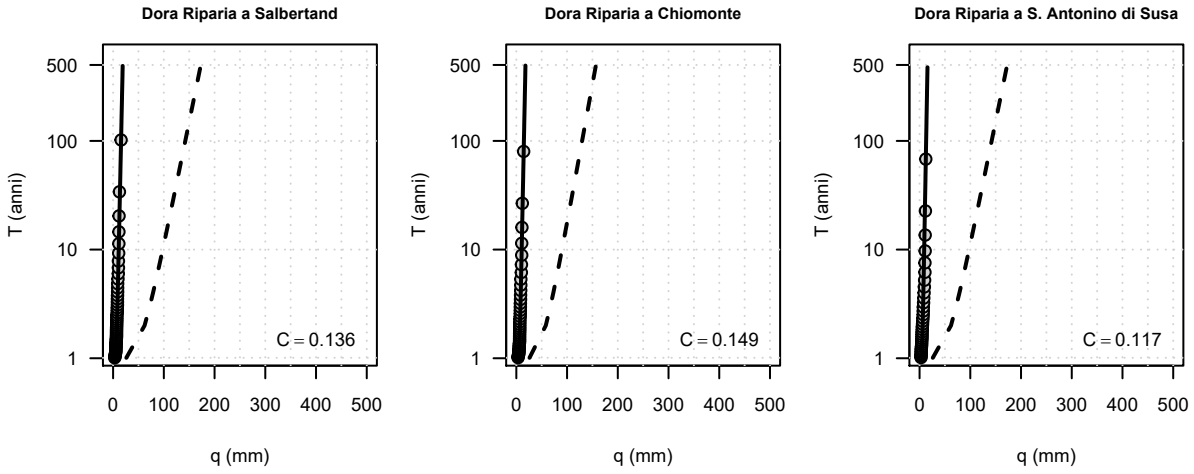

Dora Baltea a Beauregard
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.522
0
100
200
300
400
500
q (mm)

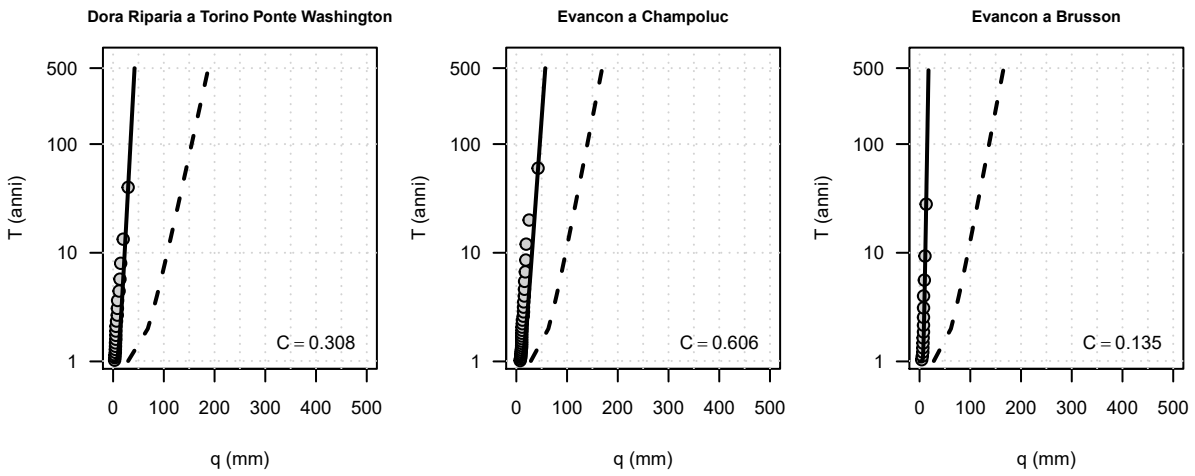

Dora Baltea a Ponte di Mombardone
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.274
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.204
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
T (anni)
q (mm)
C = 0.312
C = 0.214
C = 0.258
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

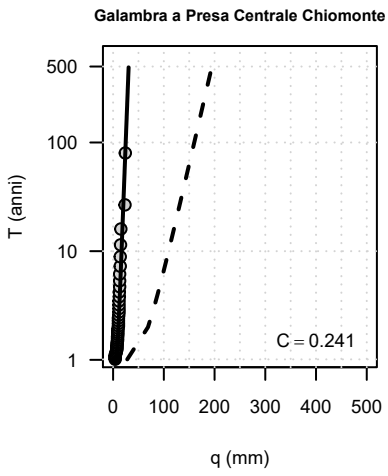

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
T (anni)
q (mm)
C = 0.173
C = 0.195
C = 0.288
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

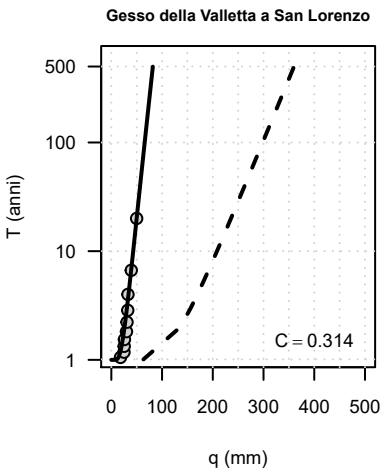

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
T (anni)
q (mm)
C = 0.136
C = 0.149
C = 0.117
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

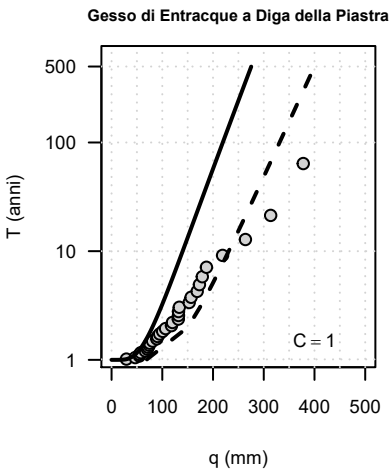

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.308
0
100
200
300
400
500
q (mm)

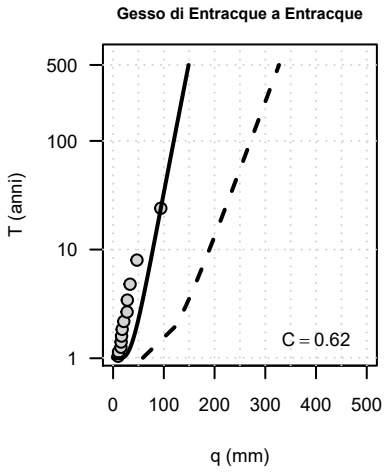
Evancon a Champoluc
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.606
0
100
200
300
400
500
q (mm)

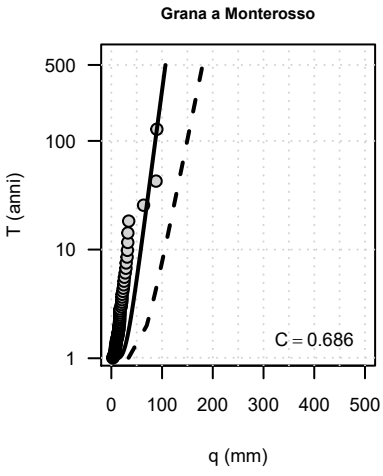
Evancon a Brusson
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.135
0
100
200
300
400
500
q (mm)

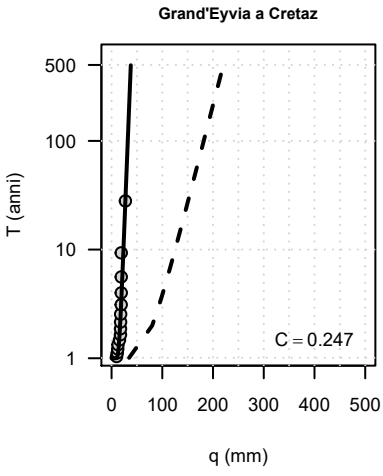

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.241
0
100
200
300
400
500
q (mm)

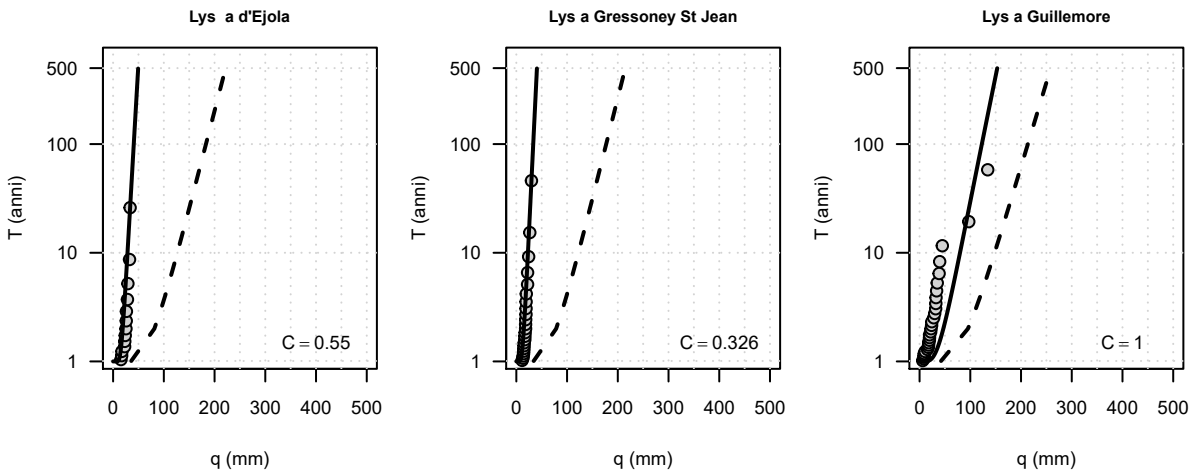

Gesso della Valletta a San Lorenzo
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.314
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Gesso di Entracque a Diga della Piastra
T (anni)
500
100
10
1
C = 1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Gesso di Entracque a Entracque
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.62
0
100
200
300
400
500
q (mm)

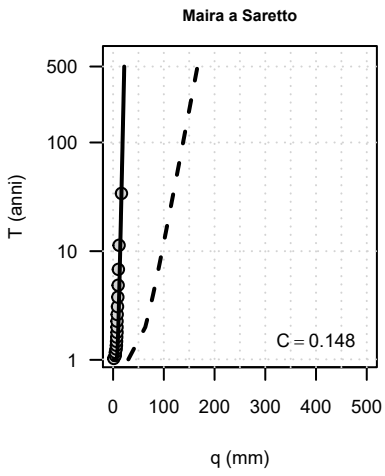

Grana a Monterosso
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.686
0
100
200
300
400
500
q (mm)

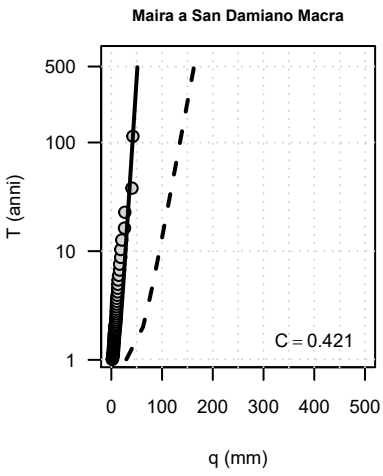

Grand'Eyvia a Cretaz
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.247
0
100
200
300
400
500
q (mm)

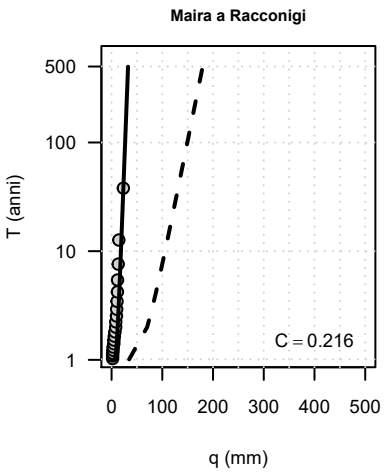

Lys a d'Ejola
T (anni)
q (mm)
C = 0.55

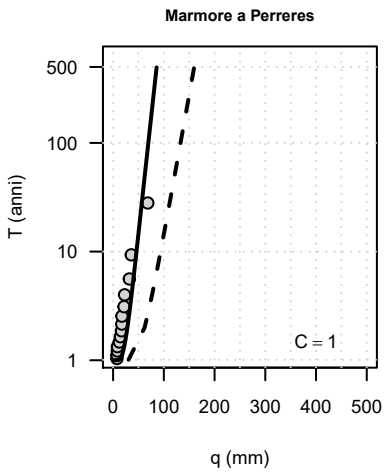
Lys a Gressoney St Jean
T (anni)
q (mm)
C = 0.326

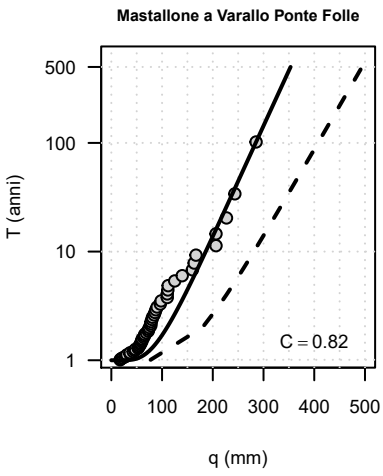
Lys a Guillemore
T (anni)
q (mm)
C = 1

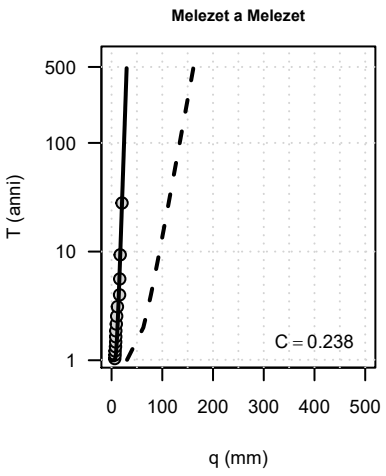

Maira a Saretto
T (anni)
q (mm)
C = 0.148

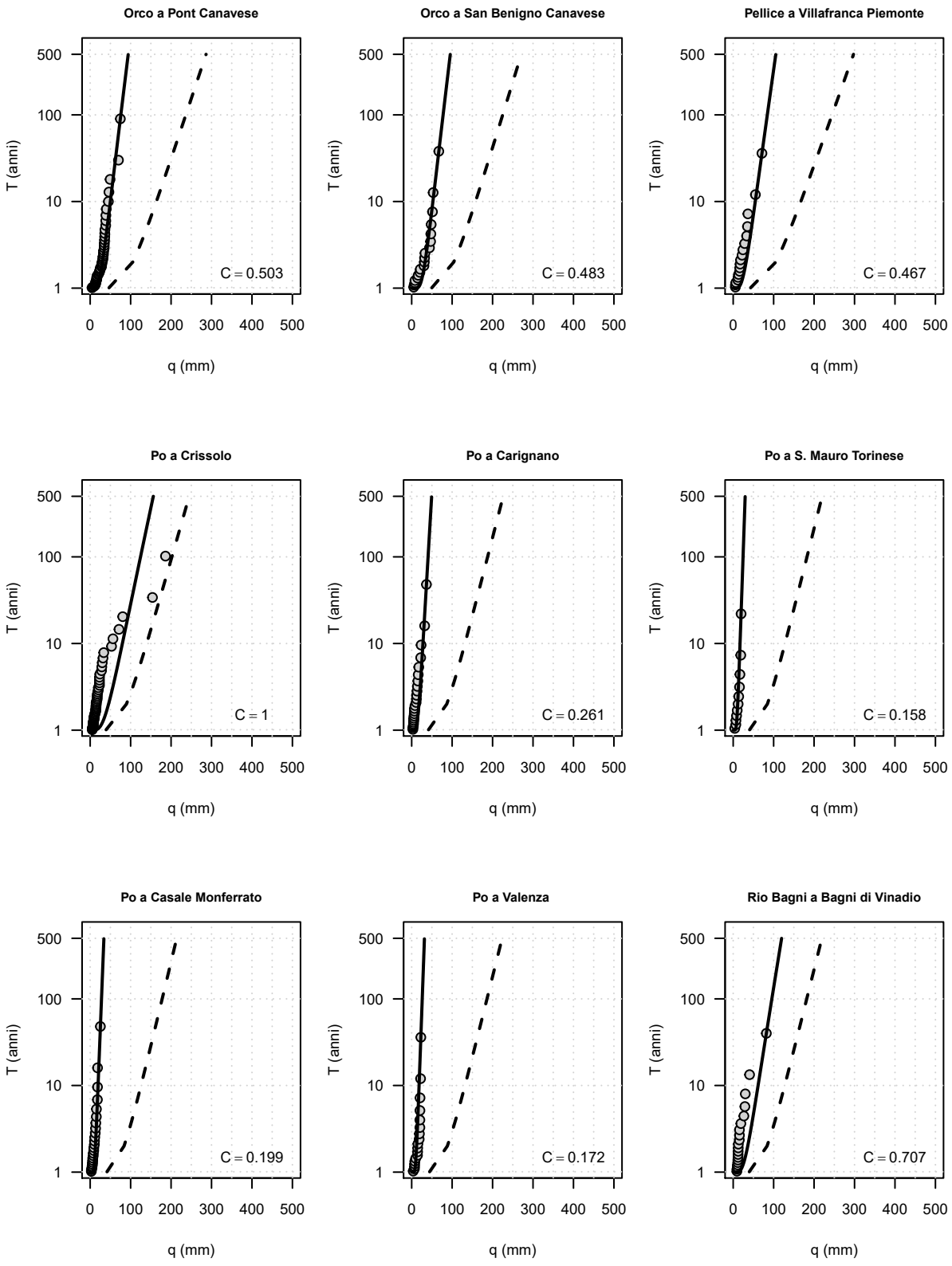

Maira a San Damiano Macra
T (anni)
q (mm)
C = 0.421

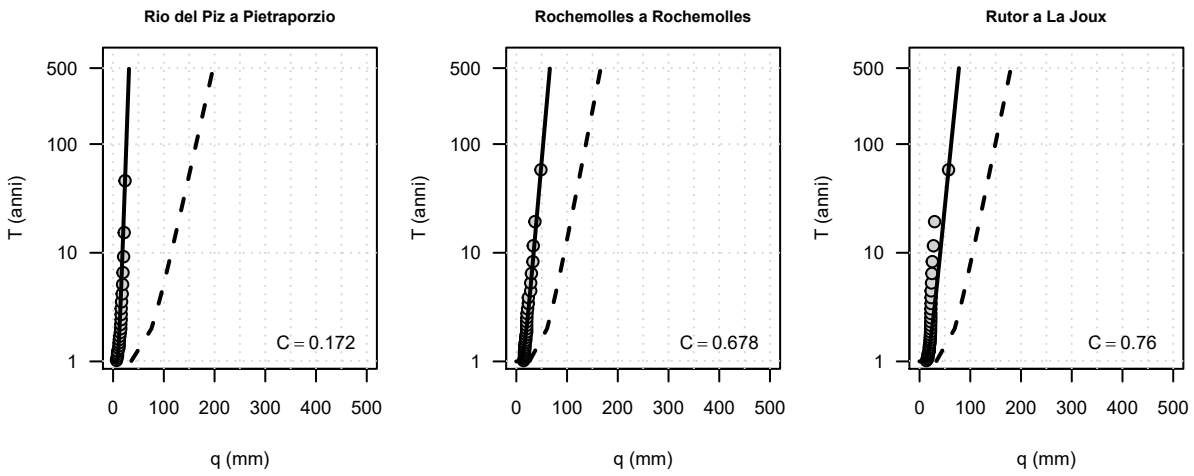

Maira a Racconigi
T (anni)
q (mm)
C = 0.216


Marmore a Perreres
T (anni)
q (mm)
C = 1


Mastallone a Varallo Ponte Folle
T (anni)
q (mm)
C = 0.82

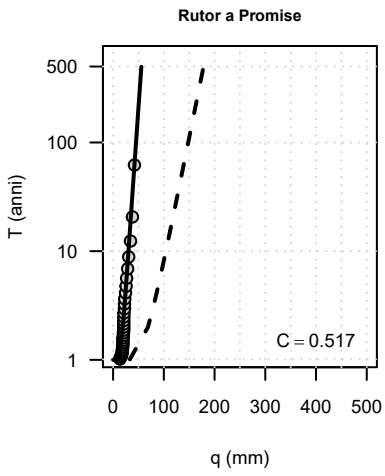

Melezet a Melezet
T (anni)
q (mm)
C = 0.238

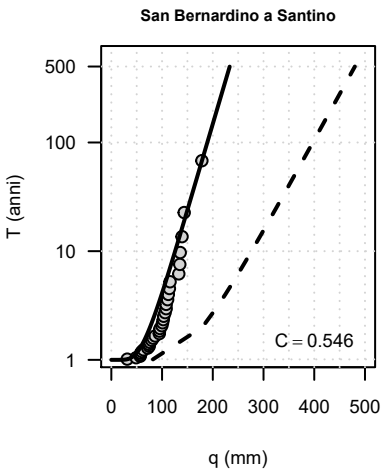

Orco a Pont Canavese
C = 0.503
Orco a San Benigno Canavese
C = 0.483
Pellice a Villafranca Piemonte
C = 0.467
Po a Crissolo
C = 1
Po a Carignano
C = 0.261
Po a S. Mauro Torinese
C = 0.158
Po a Casale Monferrato
C = 0.199
Po a Valenza
C = 0.172
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
C = 0.707
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

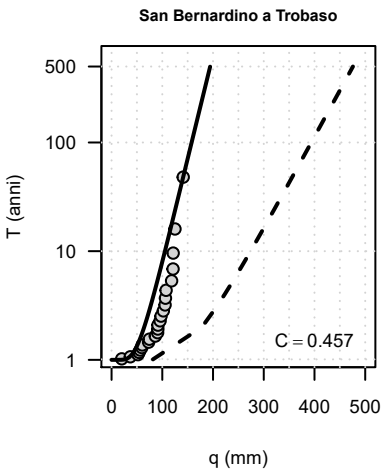

Rio del Piz a Pietraporzio
T (anni)
q (mm)
C = 0.172

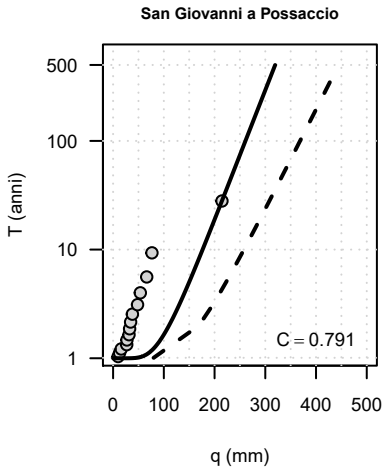
Rochemolles a Rochemolles
T (anni)
q (mm)
C = 0.678

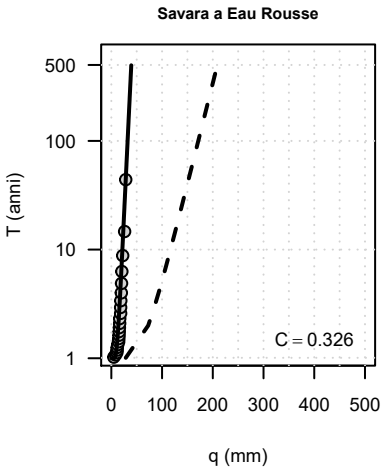
Rutor a La Joux
T (anni)
q (mm)
C = 0.76

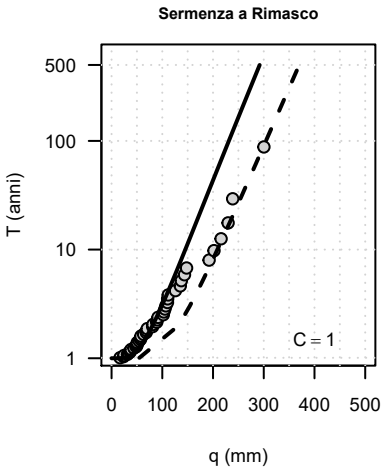

Rutor a Promise
T (anni)
q (mm)
C = 0.517

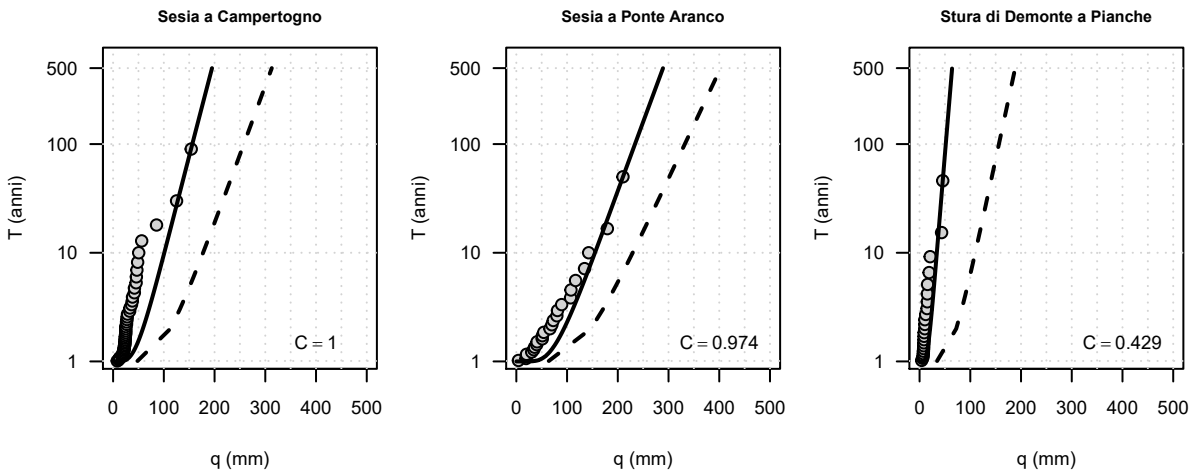

San Bernardino a Santino
T (anni)
q (mm)
C = 0.546


San Bernardino a Trobaso
T (anni)
q (mm)
C = 0.457


San Giovanni a Possaccio
T (anni)
q (mm)
C = 0.791

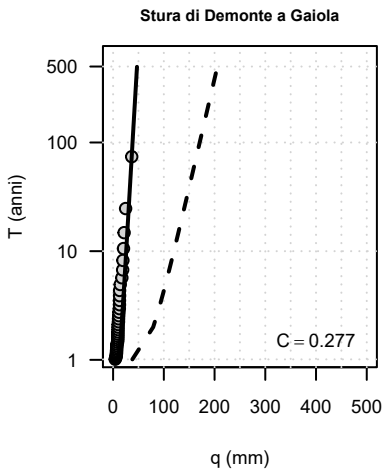

Savara a Eau Rousse
T (anni)
q (mm)
C = 0.326

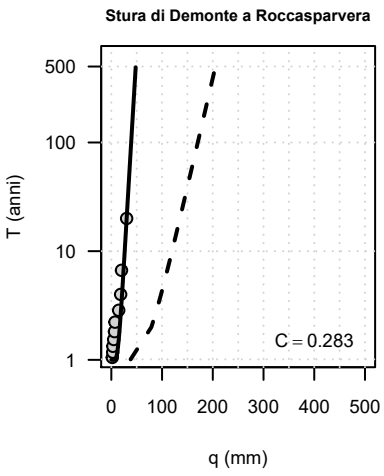

Sermenza a Rimasco
T (anni)
q (mm)
C = 1

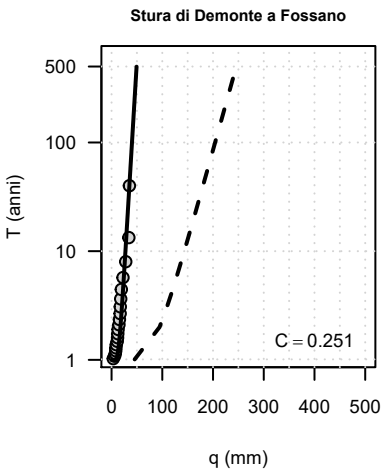

Sesia a Campertogno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 1

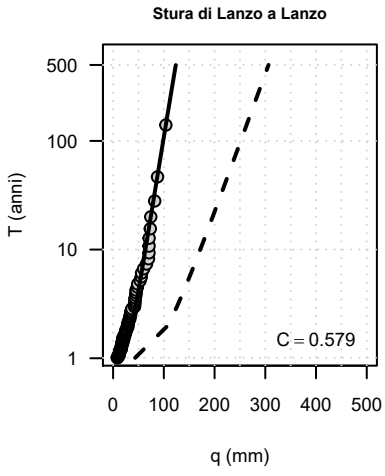
Sesia a Ponte Aranco
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.974

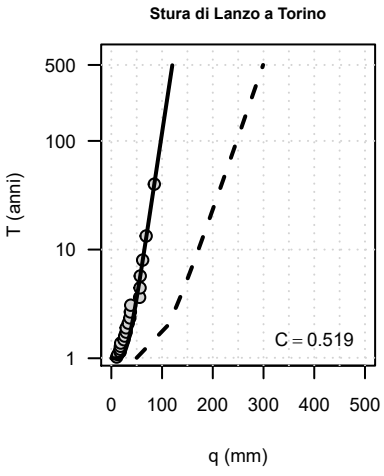
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.429

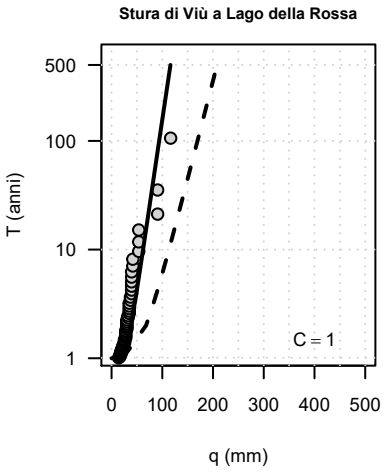

Stura di Demonte a Gaiola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.277

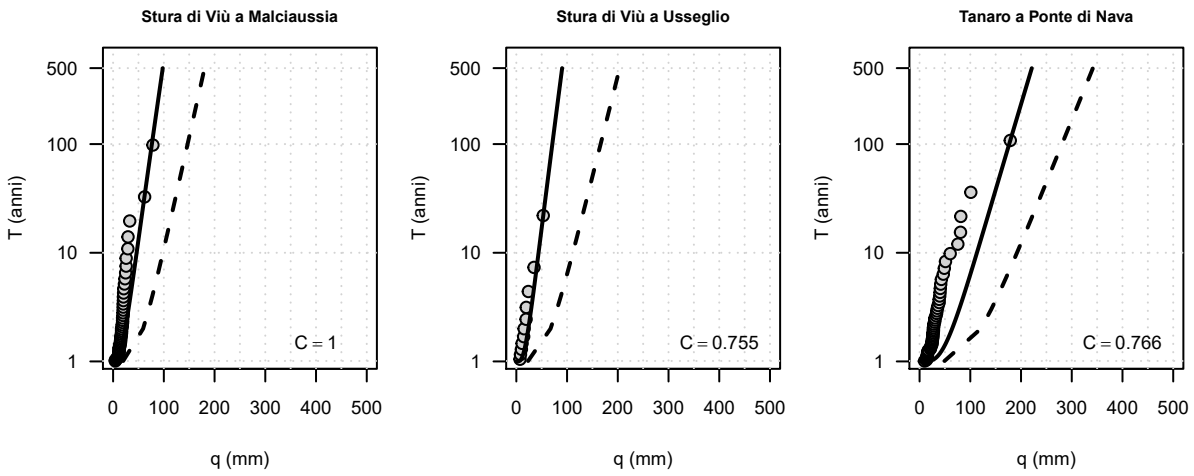

Stura di Demonte a Roccasparvera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.283


Stura di Demonte a Fossano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.251


Stura di Lanzo a Lanzo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.579

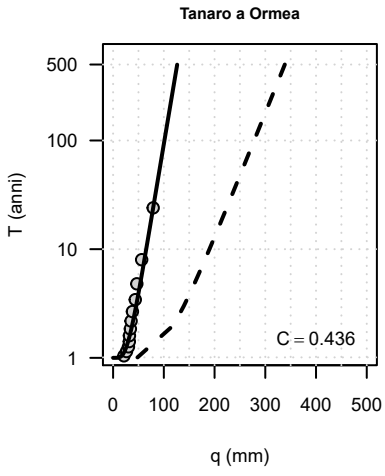

Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.519

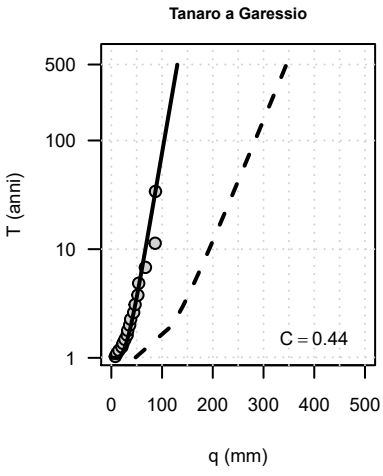

Stura di Viù a Lago della Rossa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 1

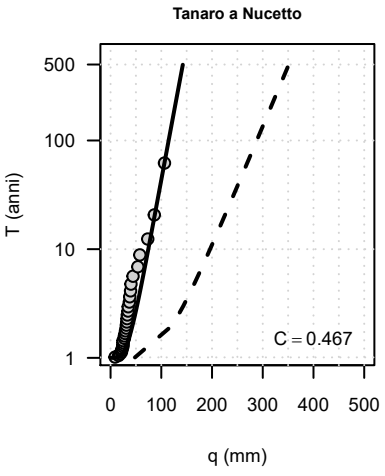

Stura di Viù a Malciaussia
C = 1

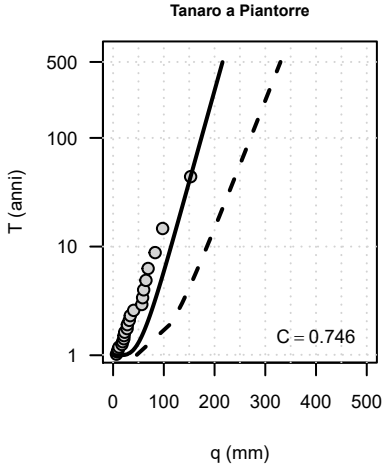
Stura di Viù a Usseglio
C = 0.755

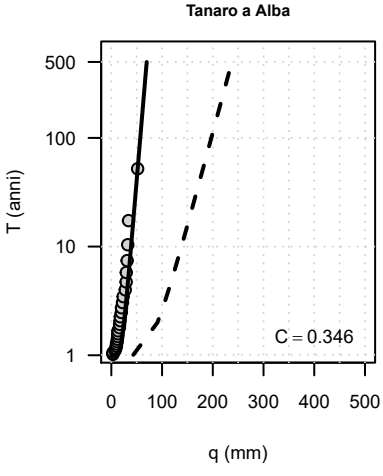
Tanaro a Ponte di Nava
C = 0.766

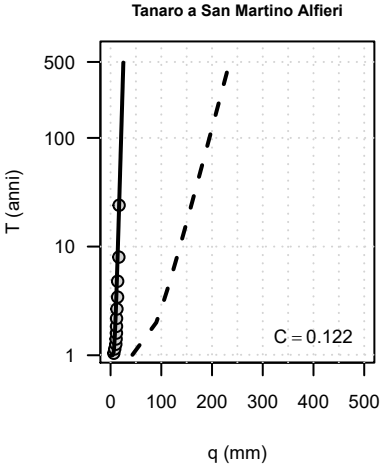

Tanaro a Ormea
C = 0.436

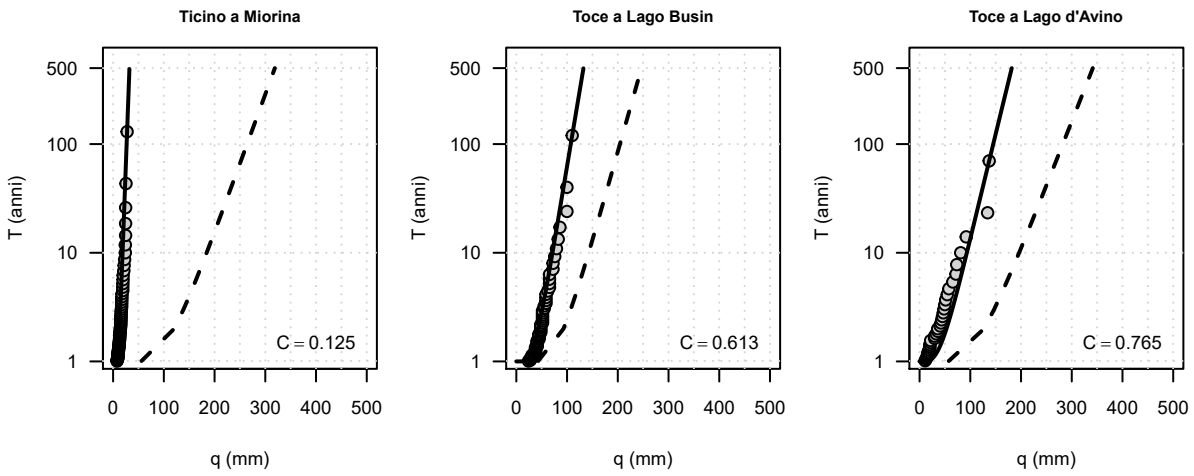

Tanaro a Garessio
C = 0.44


Tanaro a Nucetto
C = 0.467


Tanaro a Piantorre
C = 0.746

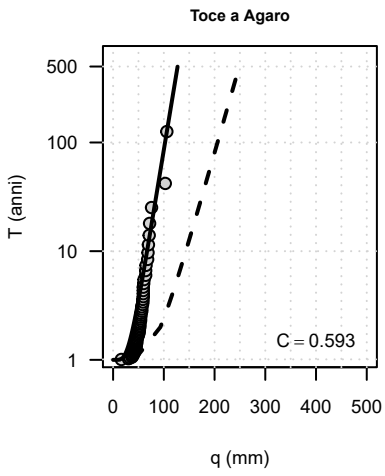

Tanaro a Alba
C = 0.346

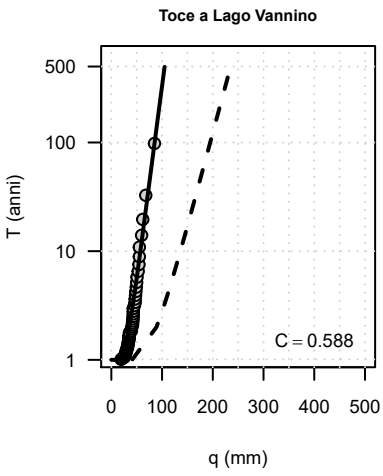

Tanaro a San Martino Alfieri
C = 0.122

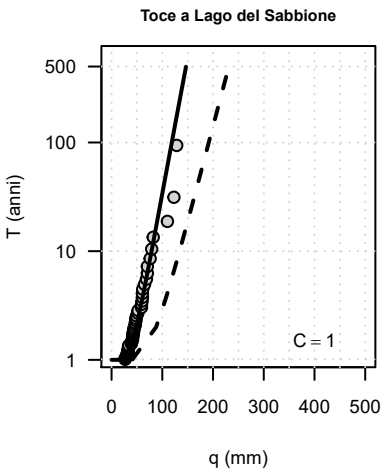

Ticino a Miorina
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.125
0
100
200
300
400
500
q (mm)

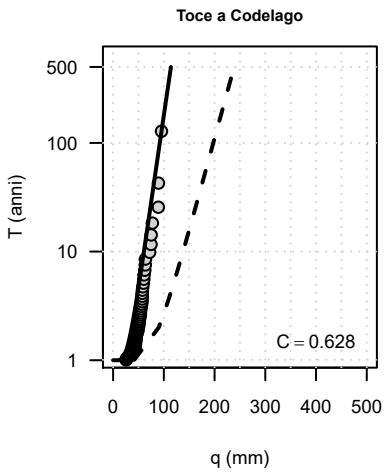
Toce a Lago Busin
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.613
0
100
200
300
400
500
q (mm)

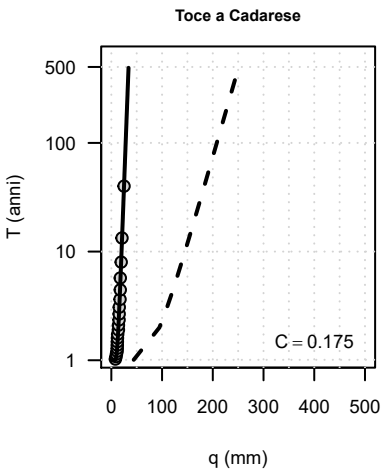
Toce a Lago d'Avino
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.765
0
100
200
300
400
500
q (mm)

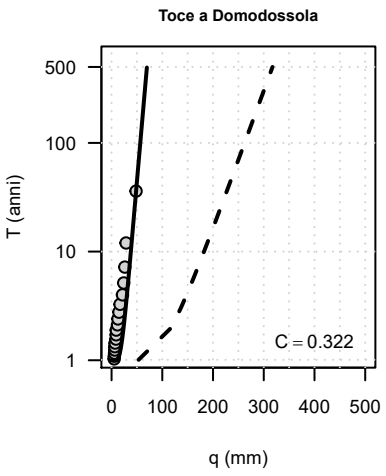

Toce a Agaro
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.593
0
100
200
300
400
500
q (mm)

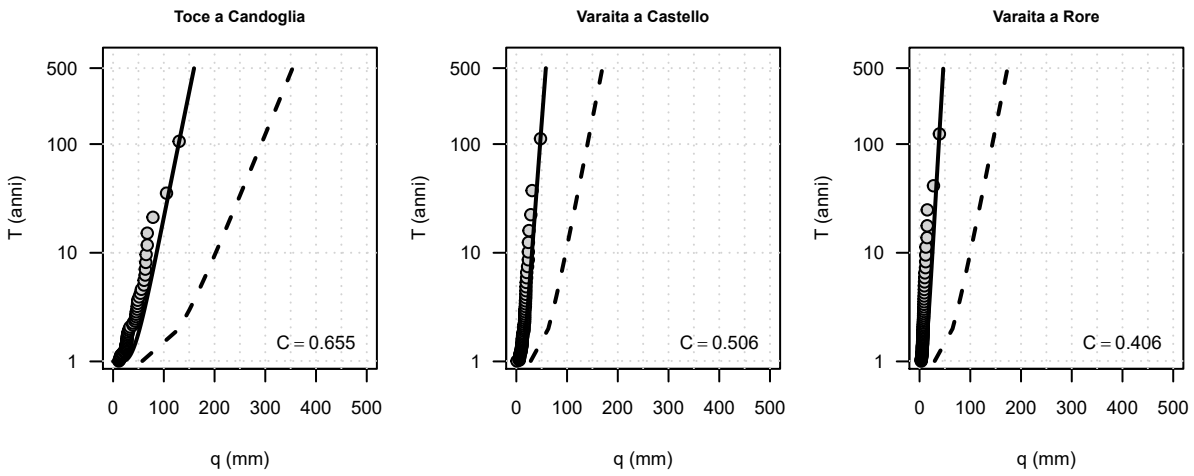

Toce a Lago Vannino
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.588
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Toce a Lago del Sabbione
T (anni)
500
100
10
1
C = 1
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Toce a Codelago
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.628
0
100
200
300
400
500
q (mm)

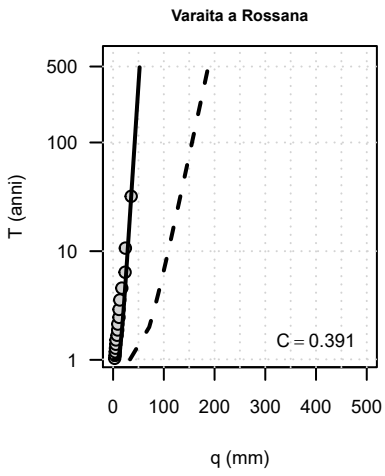

Toce a Cadarese
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.175
0
100
200
300
400
500
q (mm)

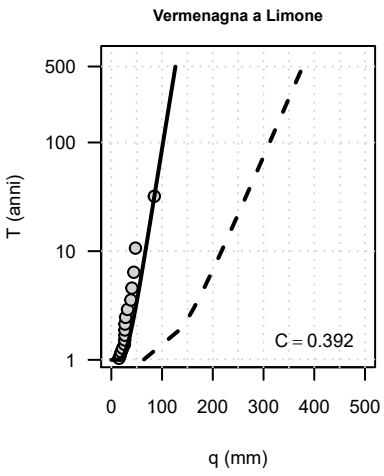

Toce a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.322
0
100
200
300
400
500
q (mm)

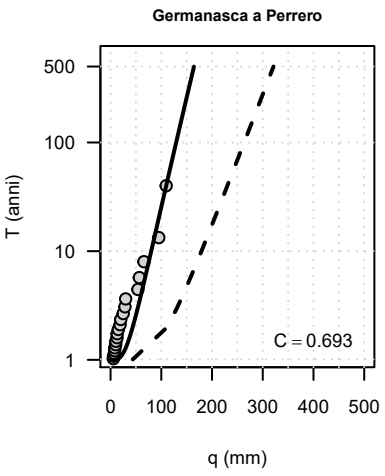

Toce a Candoglia
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.655
0
100
200
300
400
500
q (mm)

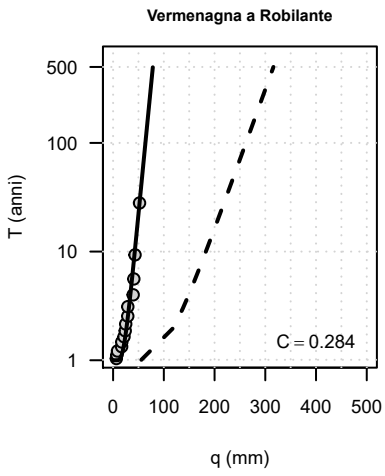
Varaita a Castello
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.506
0
100
200
300
400
500
q (mm)

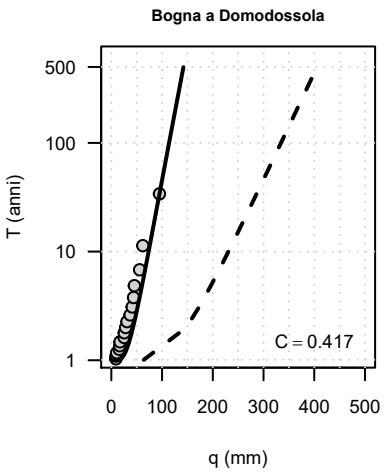
Varaita a Rore
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.406
0
100
200
300
400
500
q (mm)

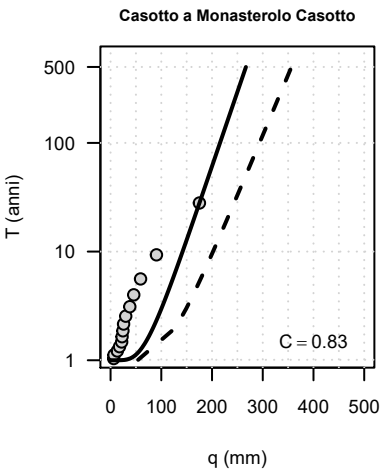

Varaita a Rossana
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.391
0
100
200
300
400
500
q (mm)

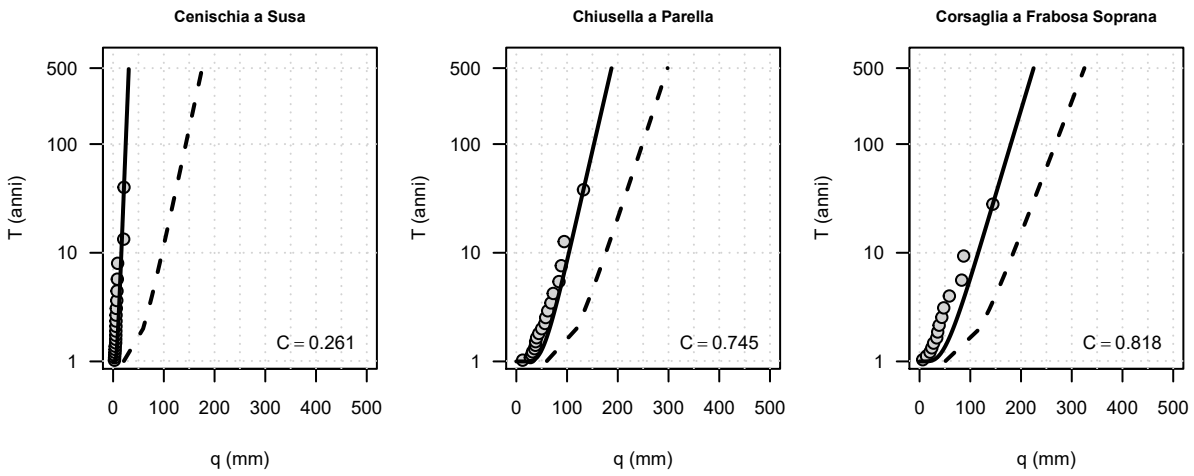

Vermenagna a Limone
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.392
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Germanasca a Perrero
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.693
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Vermenagna a Robilante
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.284
0
100
200
300
400
500
q (mm)

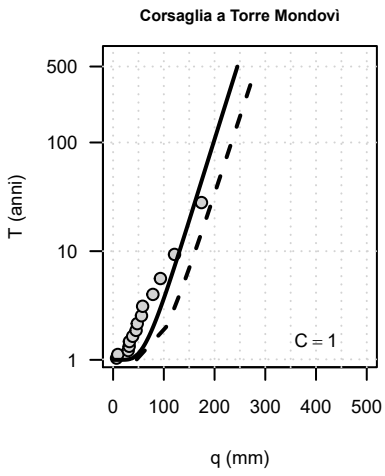

Bogna a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.417
0
100
200
300
400
500
q (mm)

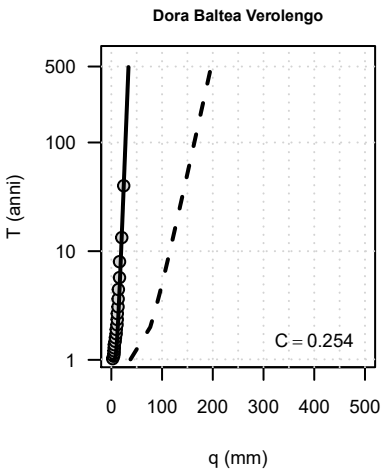

Casotto a Monasterolo Casotto
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.83
0
100
200
300
400
500
q (mm)

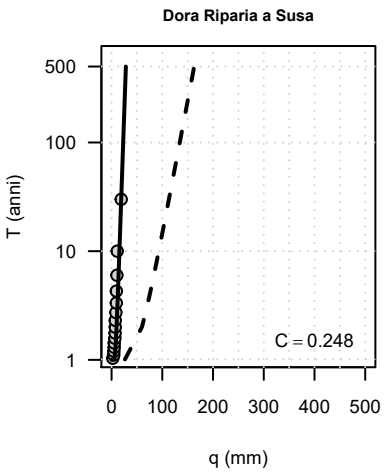

Cenischia a Susa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.261

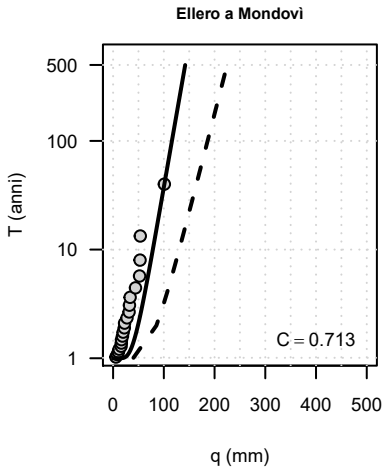
Chiusella a Parella
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.745

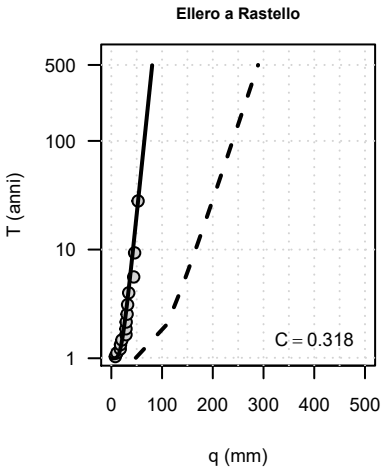
Corsaglia a Frabosa Soprana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.818

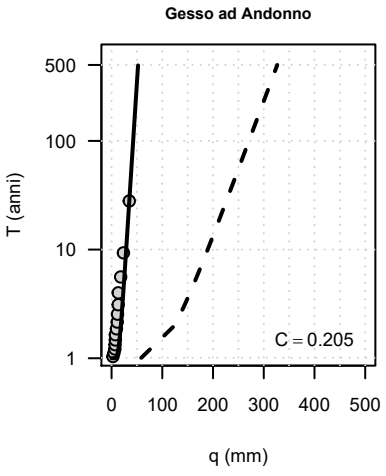

Corsaglia a Torre Mondovì
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 1

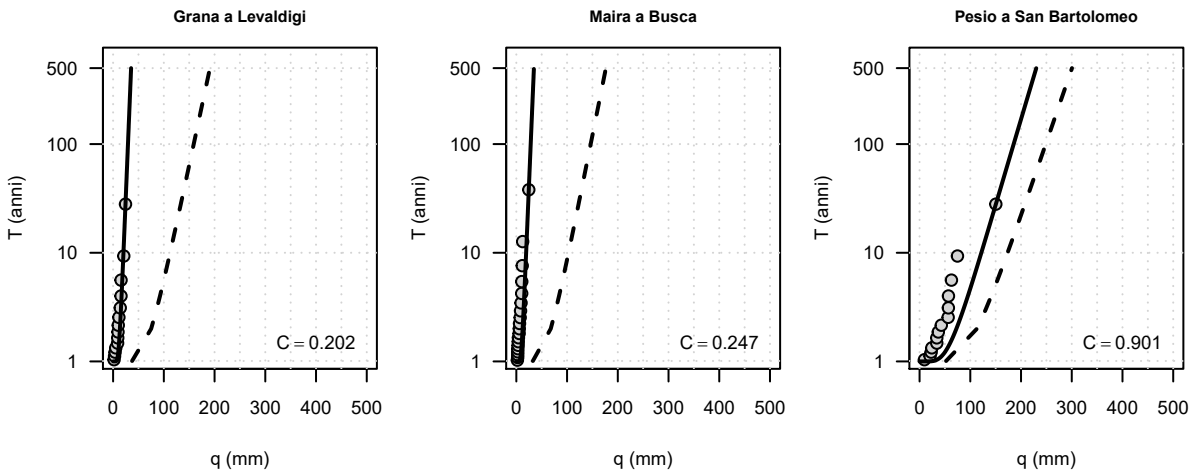

Dora Baltea Verolengo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.254


Dora Riparia a Susa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.248


Ellero a Mondovì
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.713

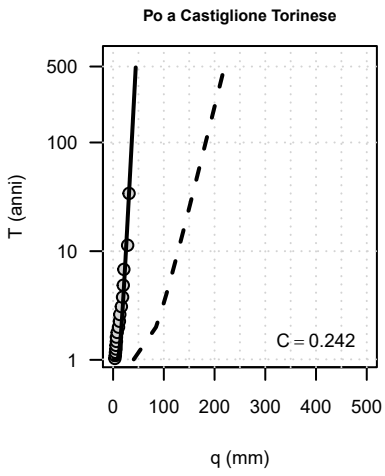

Ellero a Rastello
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.318

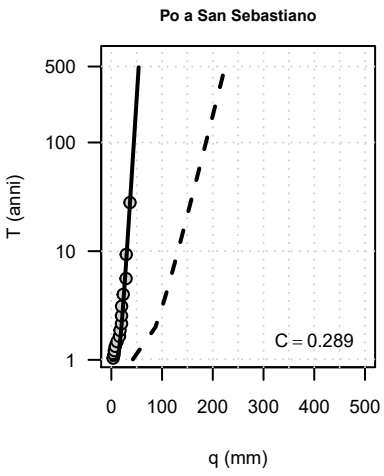

Gesso ad Andonno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.205

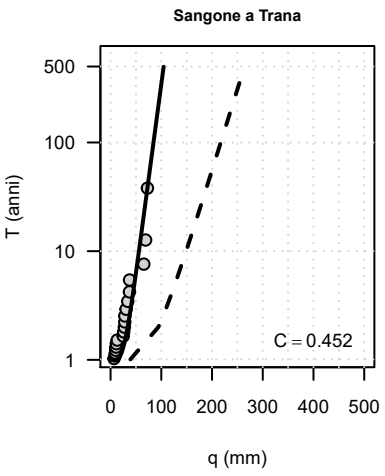

Grana a Levaldigi
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.202
0
100
200
300
400
500
q (mm)

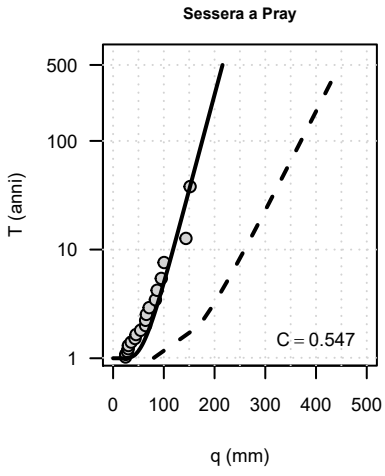
Maira a Busca
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.247
0
100
200
300
400
500
q (mm)

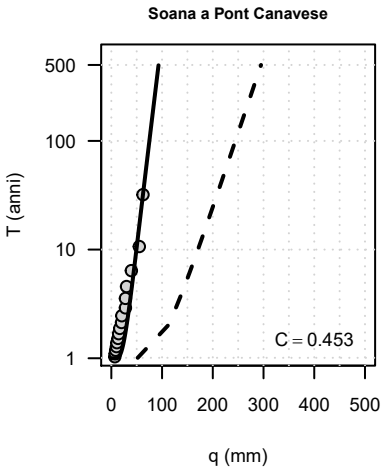
Pesio a San Bartolomeo
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.901
0
100
200
300
400
500
q (mm)

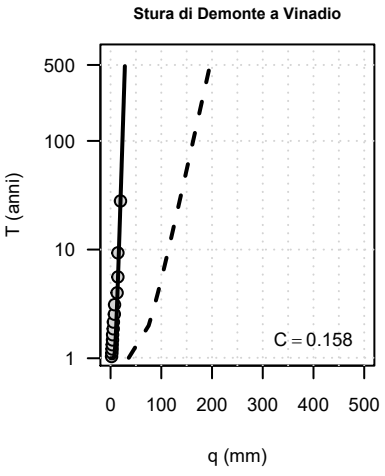

Po a Castiglione Torinese
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.242
0
100
200
300
400
500
q (mm)

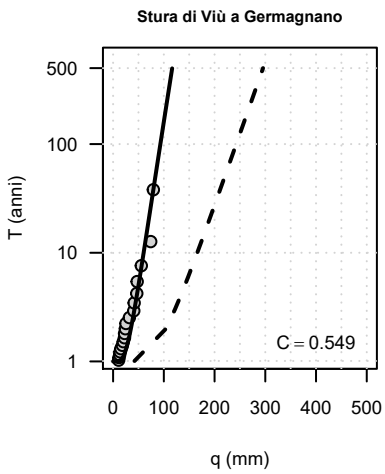

Po a San Sebastiano
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.289
0
100
200
300
400
500
q (mm)

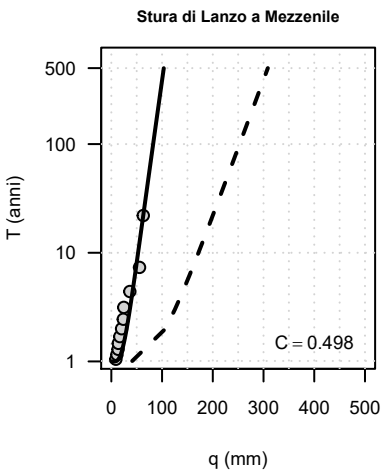

Sangone a Trana
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.452
0
100
200
300
400
500
q (mm)

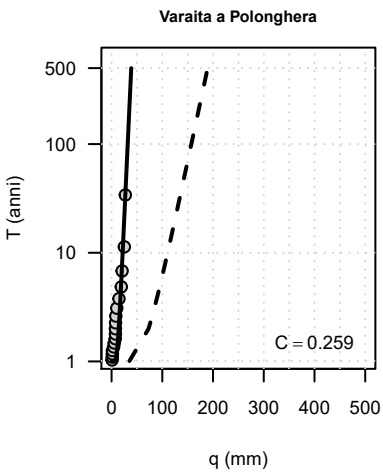

Sessera a Pray
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.547
0
100
200
300
400
500
q (mm)

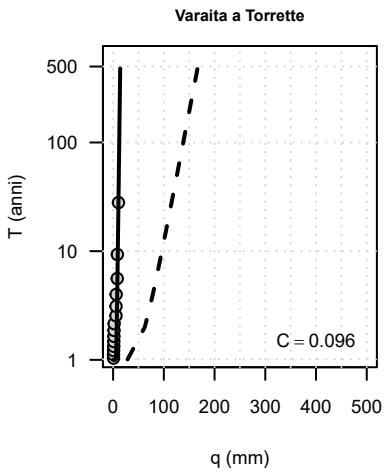

Soana a Pont Canavese
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.453
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Demonte a Vinadio
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.158
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Viù a Germagnano
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.549
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Lanzo a Mezzenile
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.498
0
100
200
300
400
500
q (mm)

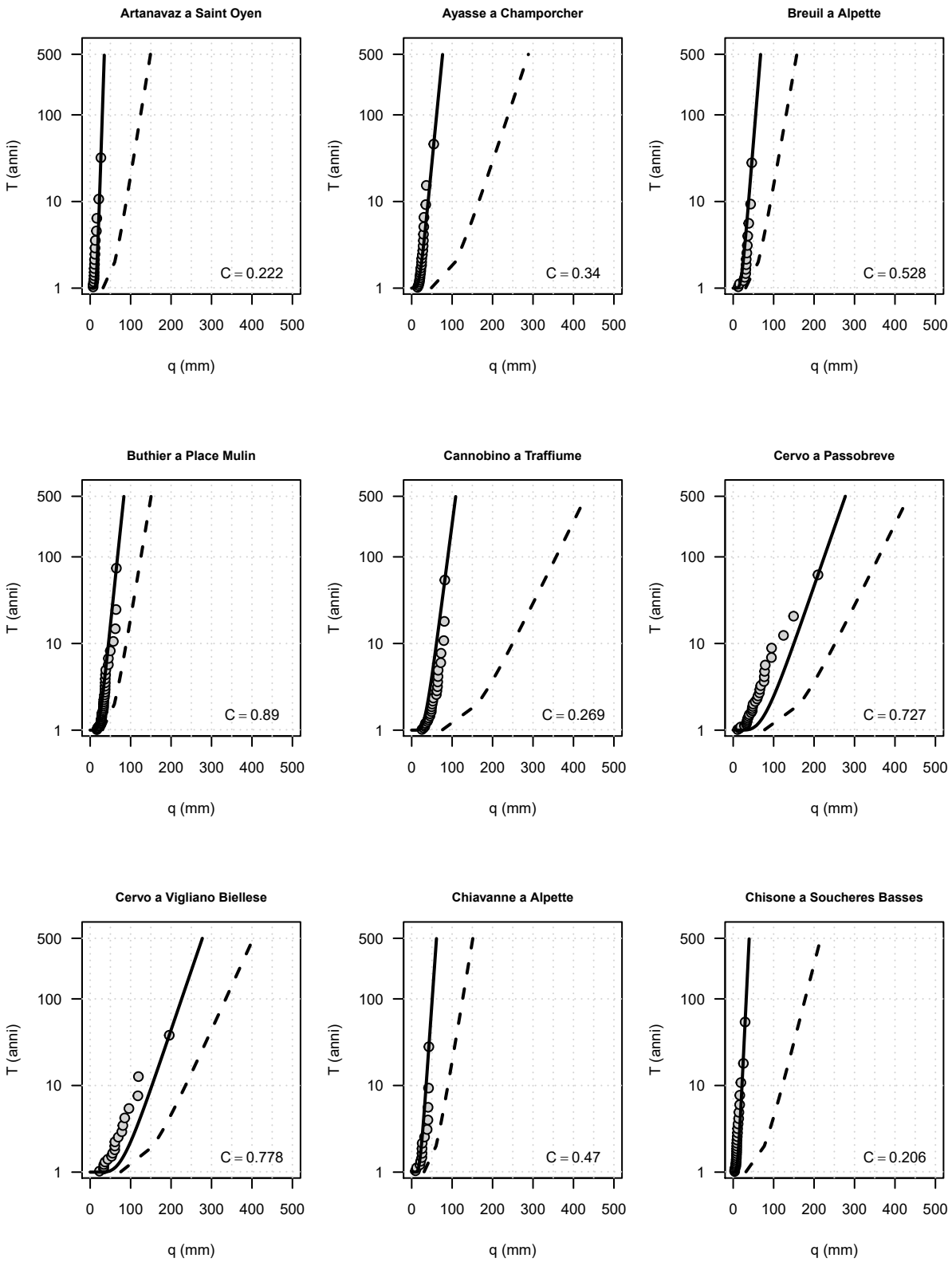

Varaita a Polonghera
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.259
0
100
200
300
400
500
q (mm)

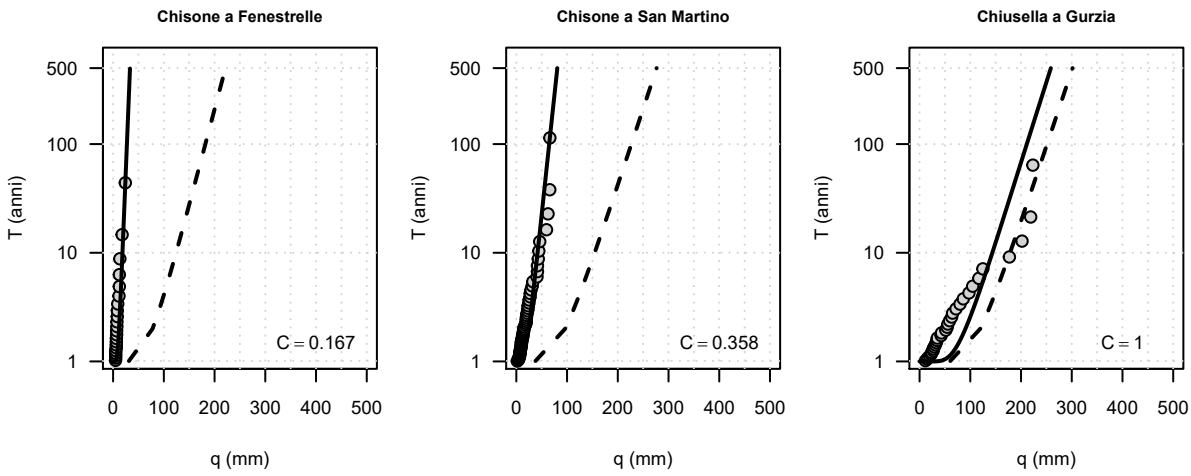

Varaita a Torrette
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.096
0
100
200
300
400
500
q (mm)

ALLEGATO F.6 – Calibrazione del coefficiente di deflusso con modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler

In questa sezione si enfatizza il ruolo assunto dal coefficiente di deflusso nell'attenuazione della portata di piena, per tutti i 121 bacini idrografici selezionati.

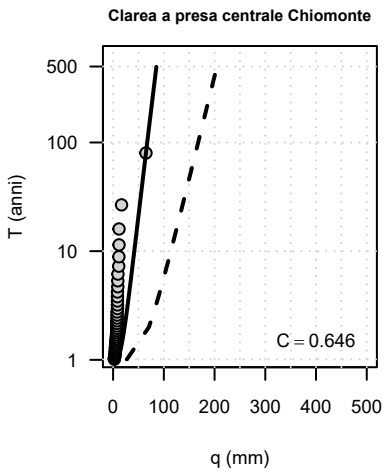
Nelle pagine seguenti si riportano i risultati ottenuti a seguito della modellazione della curva ipsometrica con funzione di Strahler, indicando il risultato della calibrazione per ogni bacino idrografico considerato.

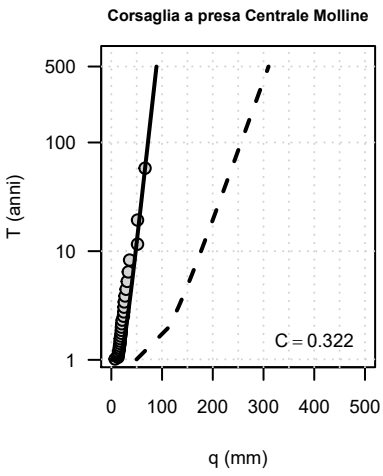

Artanavaz a Saint Oyen
C = 0.222
Ayasse a Champorcher
C = 0.34
Breuil a Alpette
C = 0.528
Buthier a Place Mulin
C = 0.89
Cannobino a Traffiume
C = 0.269
Cervo a Passobreve
C = 0.727
Cervo a Vigliano Biellese
C = 0.778
Chiavanne a Alpette
C = 0.47
Chisone a Soucheres Basses
C = 0.206
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

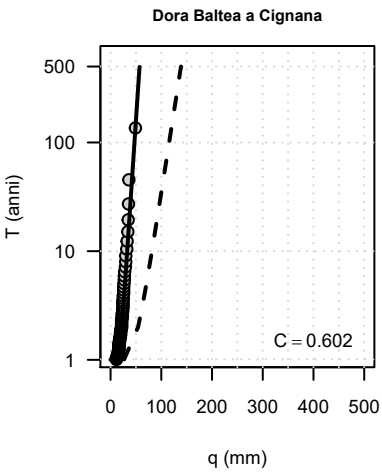

Chisone a Fenestrelle
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.167
0
100
200
300
400
500
q (mm)

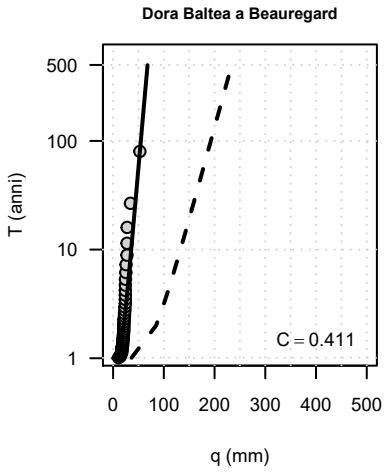
Chisone a San Martino
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.358
0
100
200
300
400
500
q (mm)

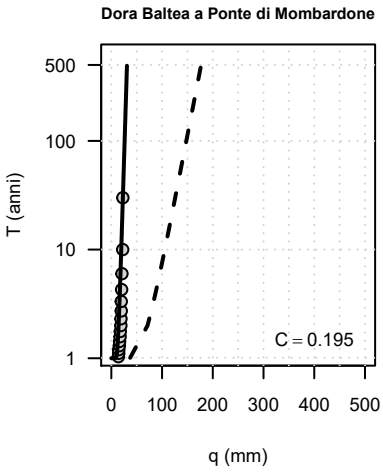
Chiusella a Gurzia
T (anni)
500
100
10
1
C = 1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

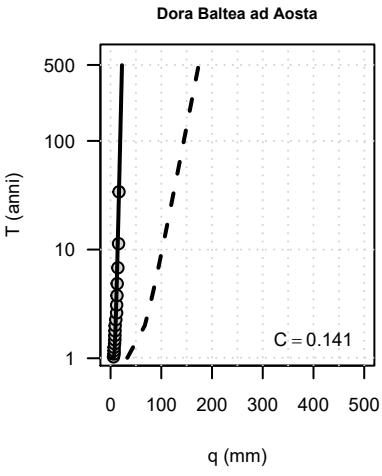

Clarea a presa centrale Chiomonte
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.646
0
100
200
300
400
500
q (mm)

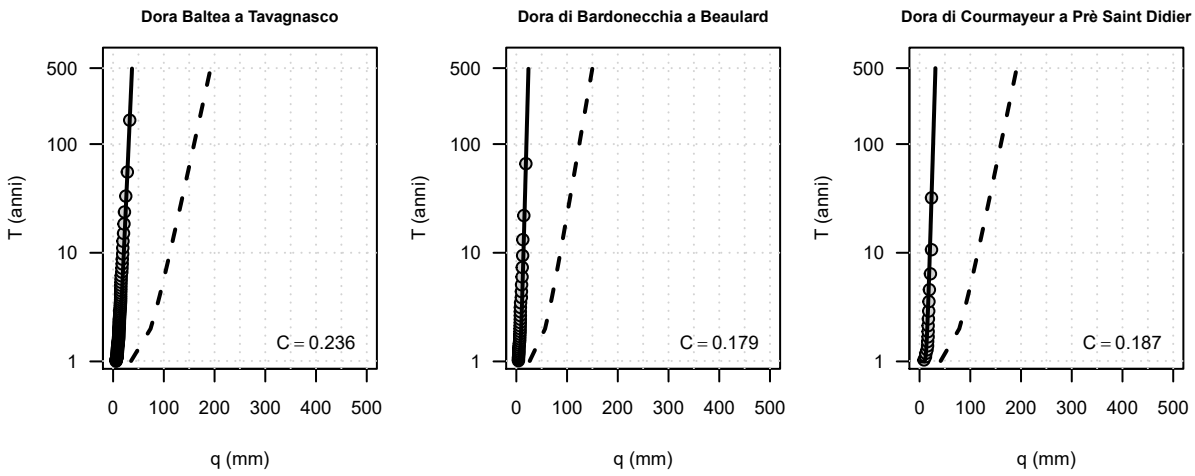

Corsaglia a presa Centrale Molline
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.322
0
100
200
300
400
500
q (mm)

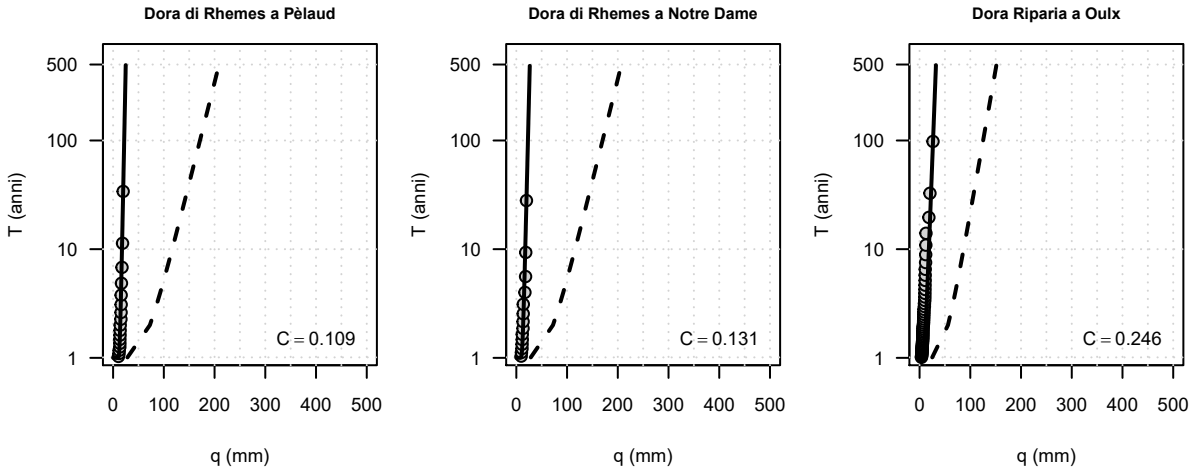

Dora Baltea a Cignana
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.602
0
100
200
300
400
500
q (mm)

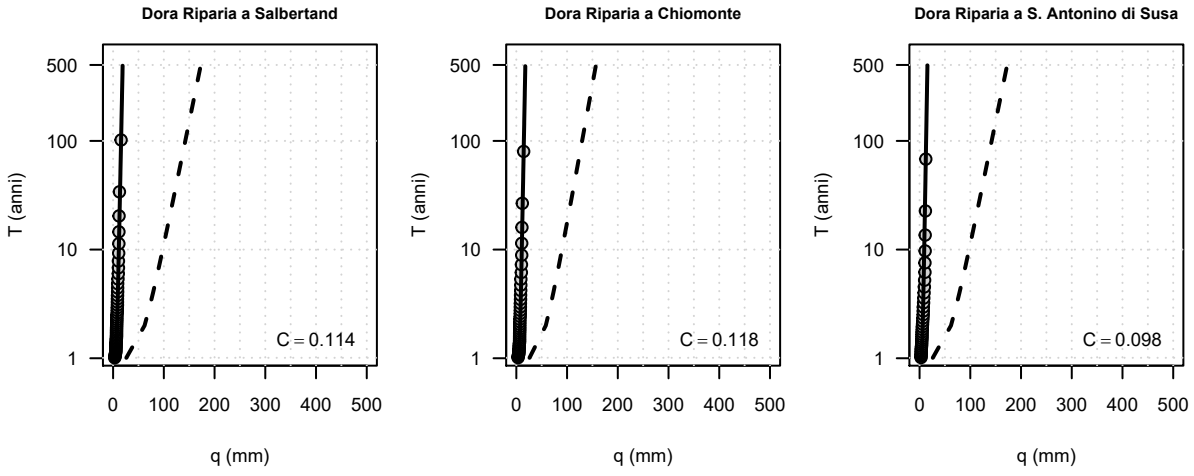

Dora Baltea a Beauregard
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.411
0
100
200
300
400
500
q (mm)

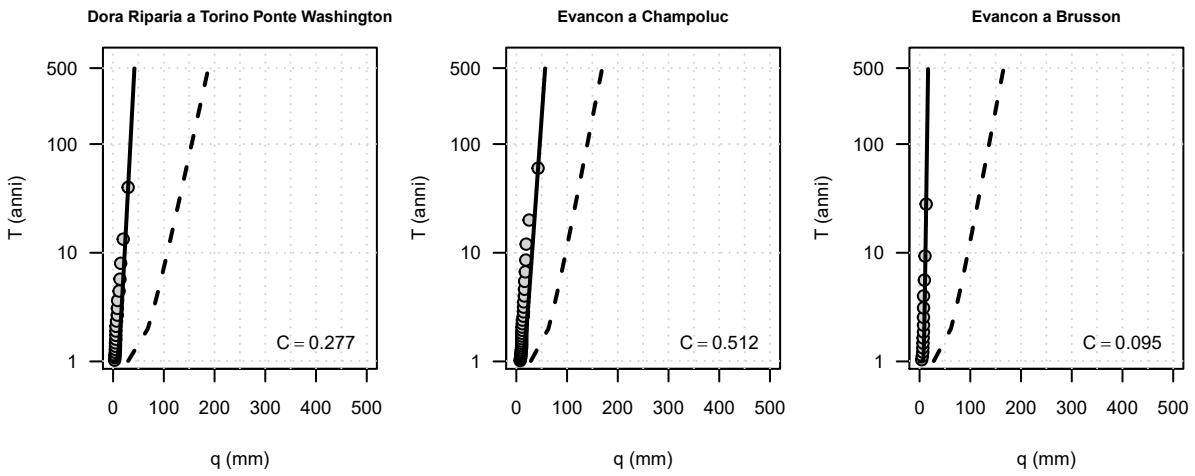

Dora Baltea a Ponte di Mombardone
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.195
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Dora Baltea ad Aosta
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.141
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Dora Baltea a Tavagnasco
Dora di Bardonecchia a Beaulard
Dora di Courmayeur a Prè Saint Didier
T (anni)
q (mm)
C = 0.236
C = 0.179
C = 0.187

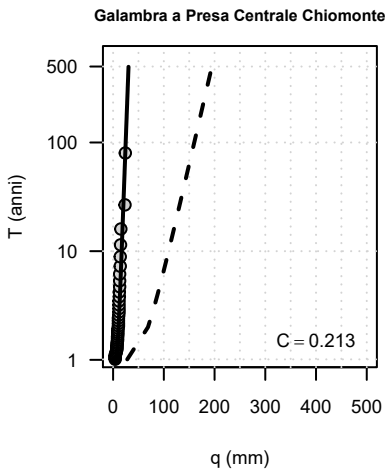

Dora di Rhemes a Pèlaud
Dora di Rhemes a Notre Dame
Dora Riparia a Oulx
T (anni)
q (mm)
C = 0.109
C = 0.131
C = 0.246

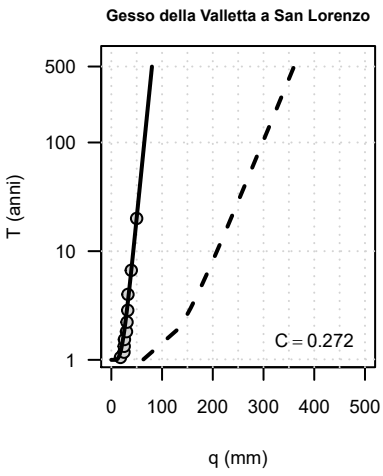

Dora Riparia a Salbertand
Dora Riparia a Chiomonte
Dora Riparia a S. Antonino di Susa
T (anni)
q (mm)
C = 0.114
C = 0.118
C = 0.098

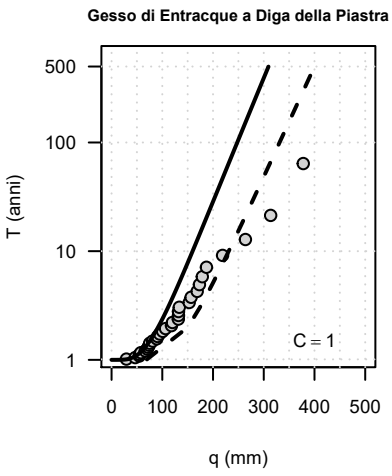

Dora Riparia a Torino Ponte Washington
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.277
0
100
200
300
400
500
q (mm)

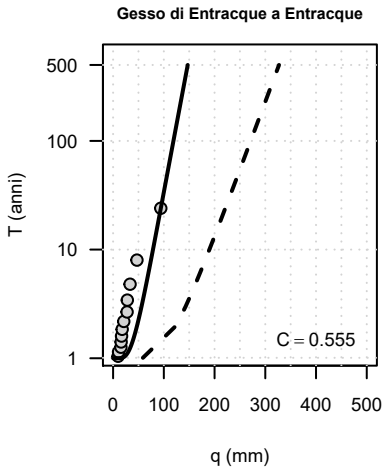
Evancon a Champoluc
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.512
0
100
200
300
400
500
q (mm)

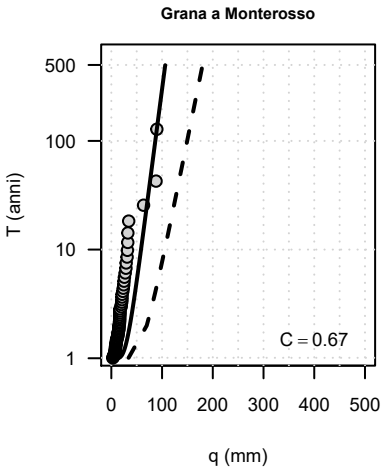
Evancon a Brusson
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.095
0
100
200
300
400
500
q (mm)

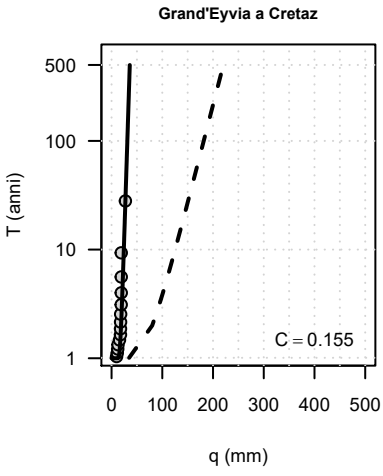

Galambra a Presa Centrale Chiomonte
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.213
0
100
200
300
400
500
q (mm)

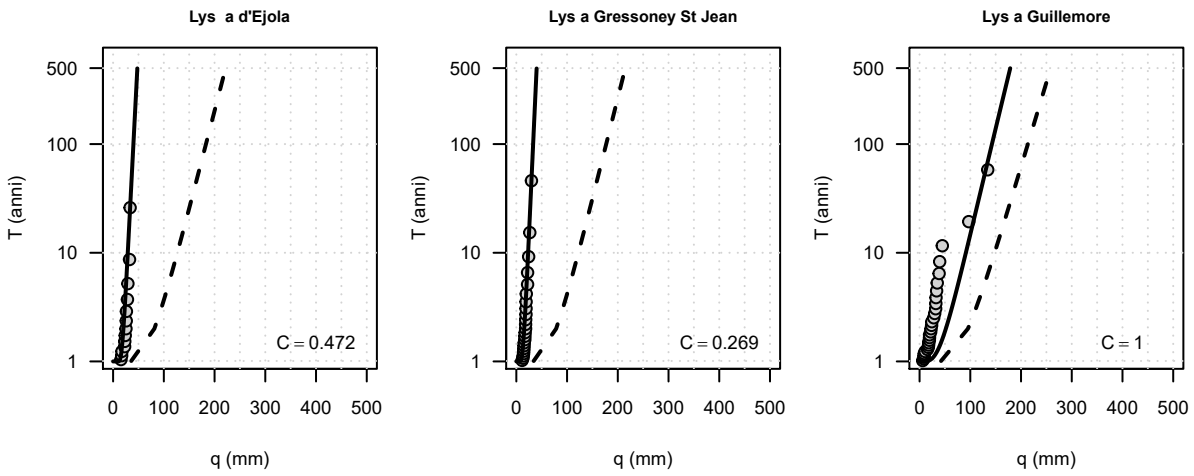

Gesso della Valletta a San Lorenzo
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.272
0
100
200
300
400
500
q (mm)

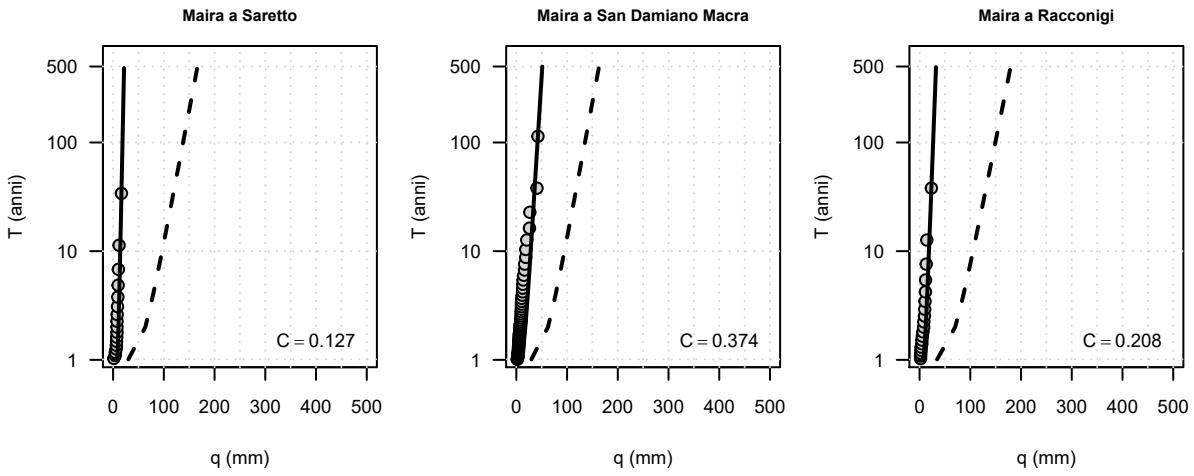

Gesso di Entracque a Diga della Piastra
T (anni)
500
100
10
1
C = 1
0
100
200
300
400
500
q (mm)

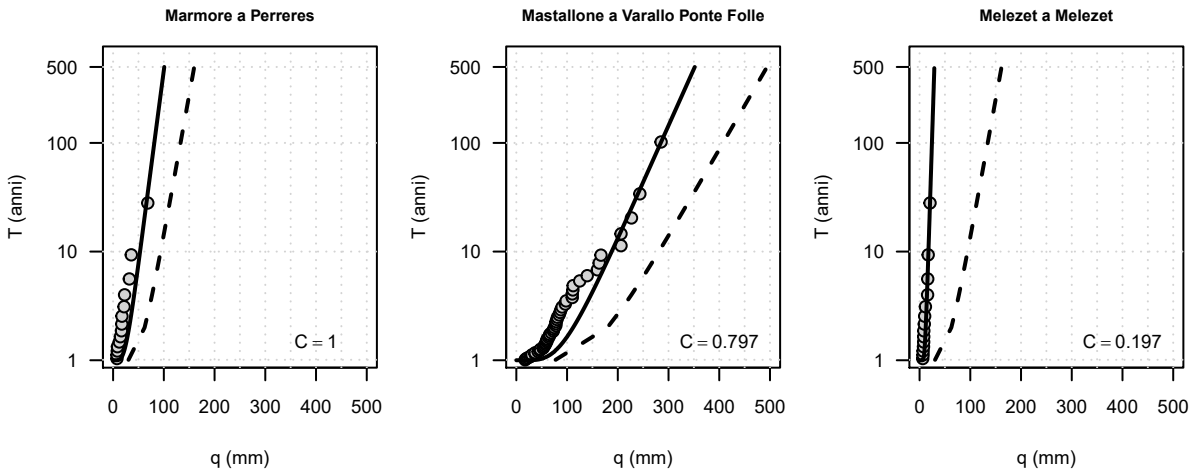

Gesso di Entracque a Entracque
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.555
0
100
200
300
400
500
q (mm)

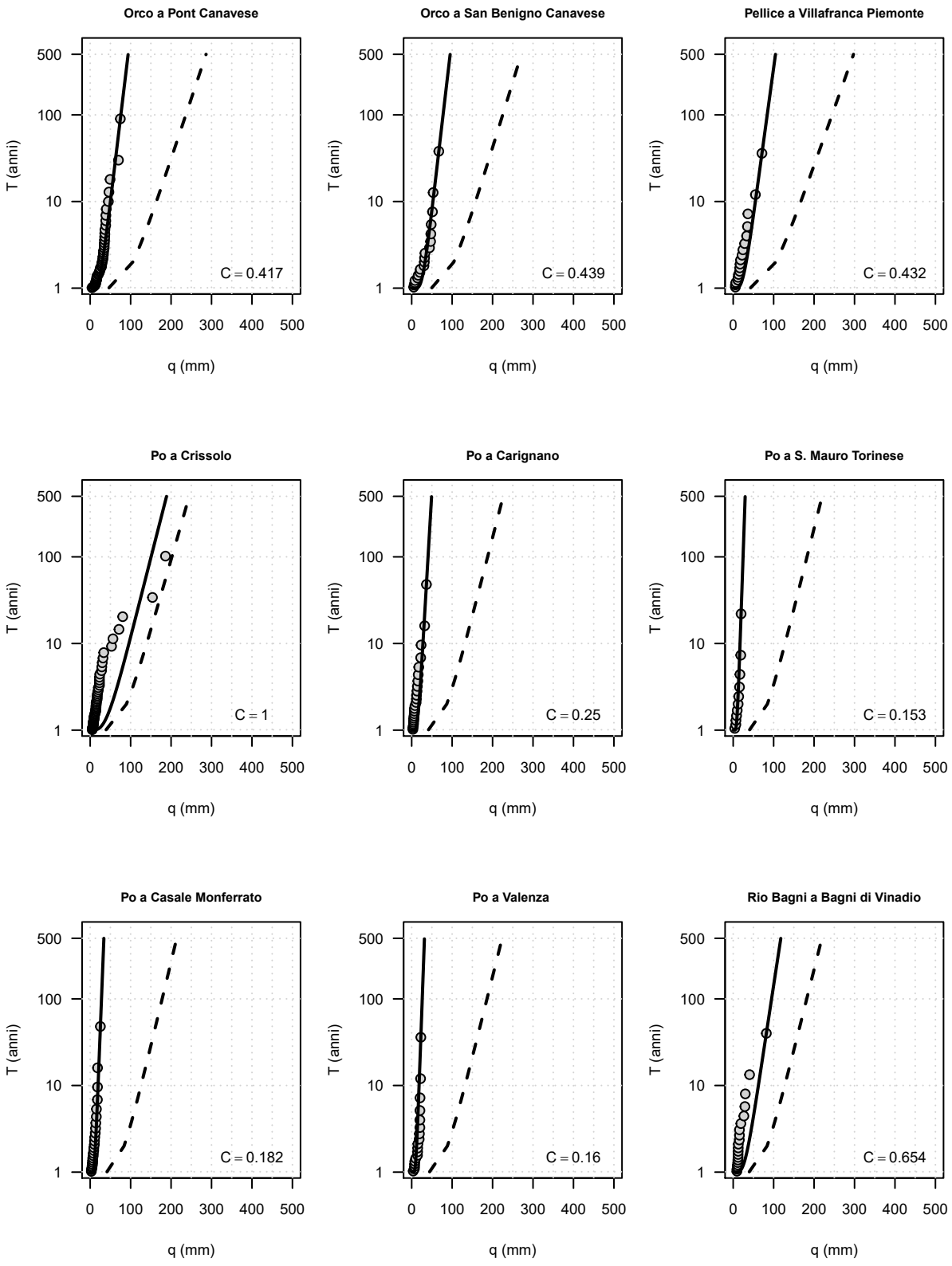

Grana a Monterosso
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.67
0
100
200
300
400
500
q (mm)

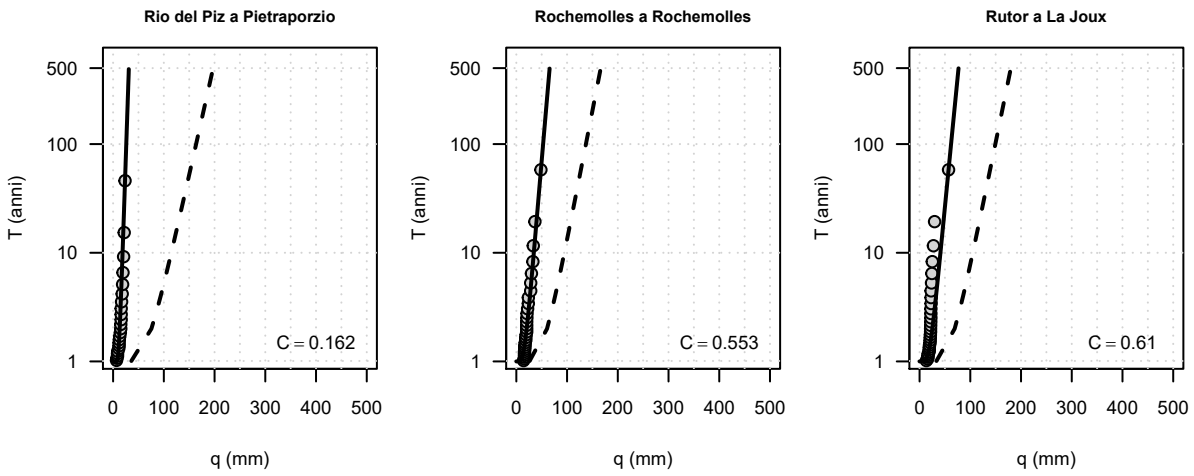

Grand'Eyvia a Cretaz
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.155
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Lys a d'Ejola
C = 0.472
Lys a Gressoney St Jean
C = 0.269
Lys a Guillemore
C = 1
T (anni)
q (mm)


Maira a Saretto
C = 0.127
Maira a San Damiano Macra
C = 0.374
Maira a Racconigi
C = 0.208
T (anni)
q (mm)

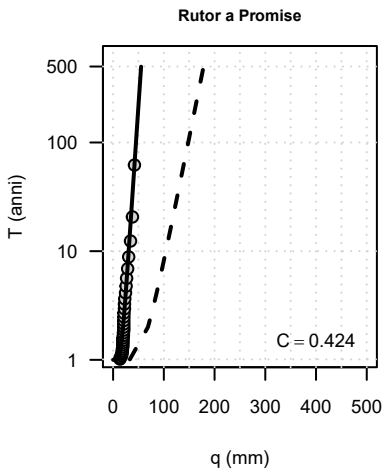

Marmore a Perreres
C = 1
Mastallone a Varallo Ponte Folle
C = 0.797
Melezet a Melezet
C = 0.197
T (anni)
q (mm)

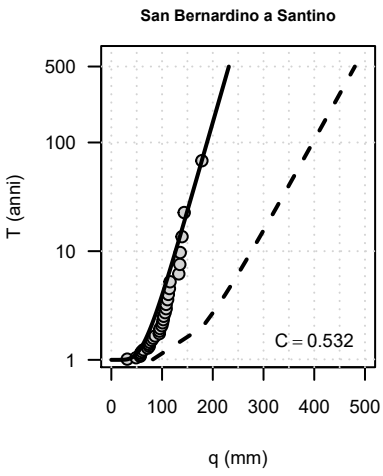

Orco a Pont Canavese
C = 0.417
Orco a San Benigno Canavese
C = 0.439
Pellice a Villafranca Piemonte
C = 0.432
Po a Crissolo
C = 1
Po a Carignano
C = 0.25
Po a S. Mauro Torinese
C = 0.153
Po a Casale Monferrato
C = 0.182
Po a Valenza
C = 0.16
Rio Bagni a Bagni di Vinadio
C = 0.654
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

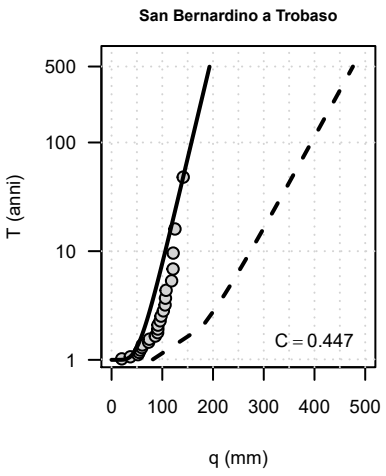

Rio del Piz a Pietraporzio
T (anni)
q (mm)
C = 0.162

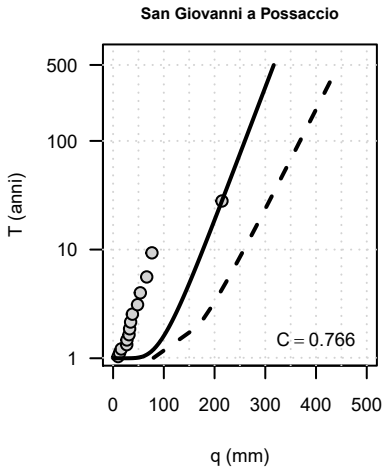
Rochemolles a Rochemolles
T (anni)
q (mm)
C = 0.553

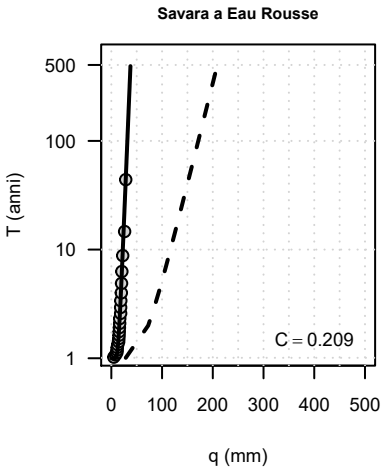
Rutor a La Joux
T (anni)
q (mm)
C = 0.61

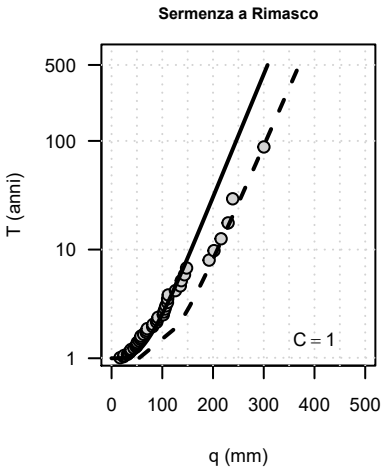

Rutor a Promise
T (anni)
q (mm)
C = 0.424

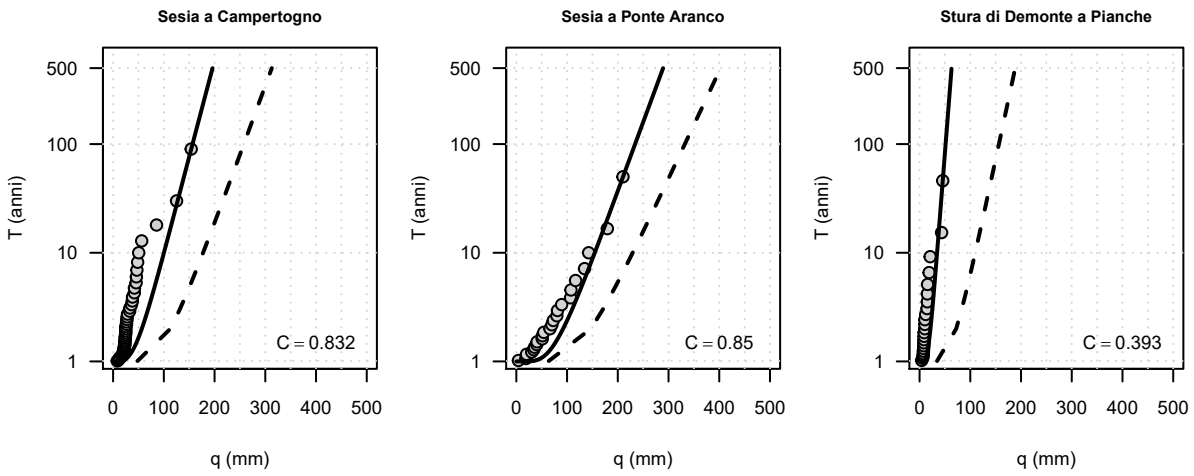

San Bernardino a Santino
T (anni)
q (mm)
C = 0.532


San Bernardino a Trobaso
T (anni)
q (mm)
C = 0.447


San Giovanni a Possaccio
T (anni)
q (mm)
C = 0.766

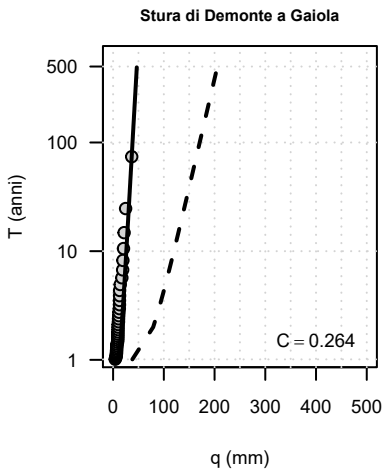

Savara a Eau Rousse
T (anni)
q (mm)
C = 0.209

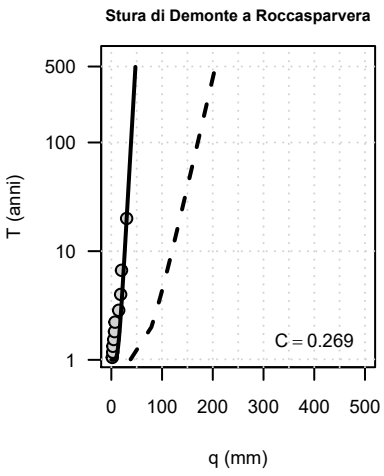

Sermenza a Rimasco
T (anni)
q (mm)
C = 1

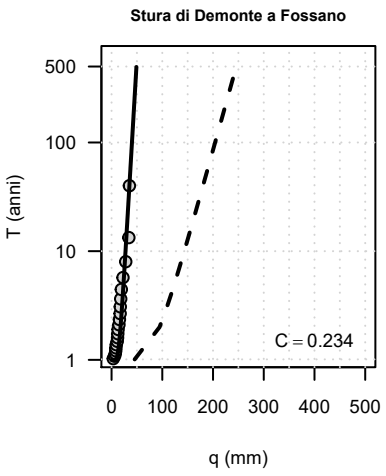

Sesia a Campertogno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.832

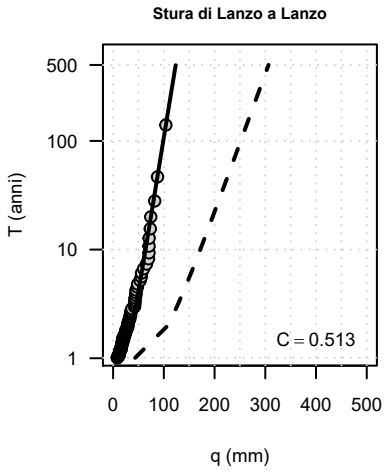
Sesia a Ponte Aranco
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.85

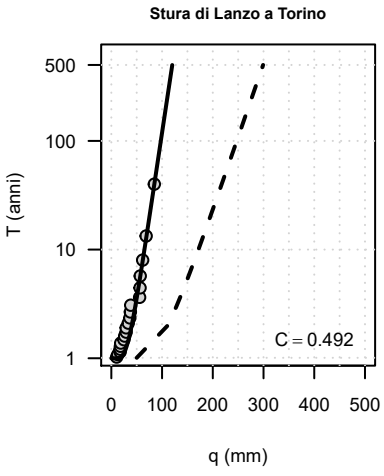
Stura di Demonte a Pianche
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.393

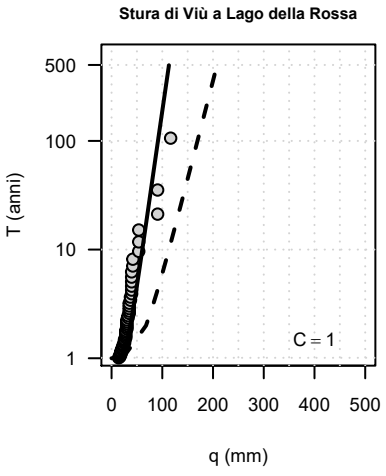

Stura di Demonte a Gaiola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.264

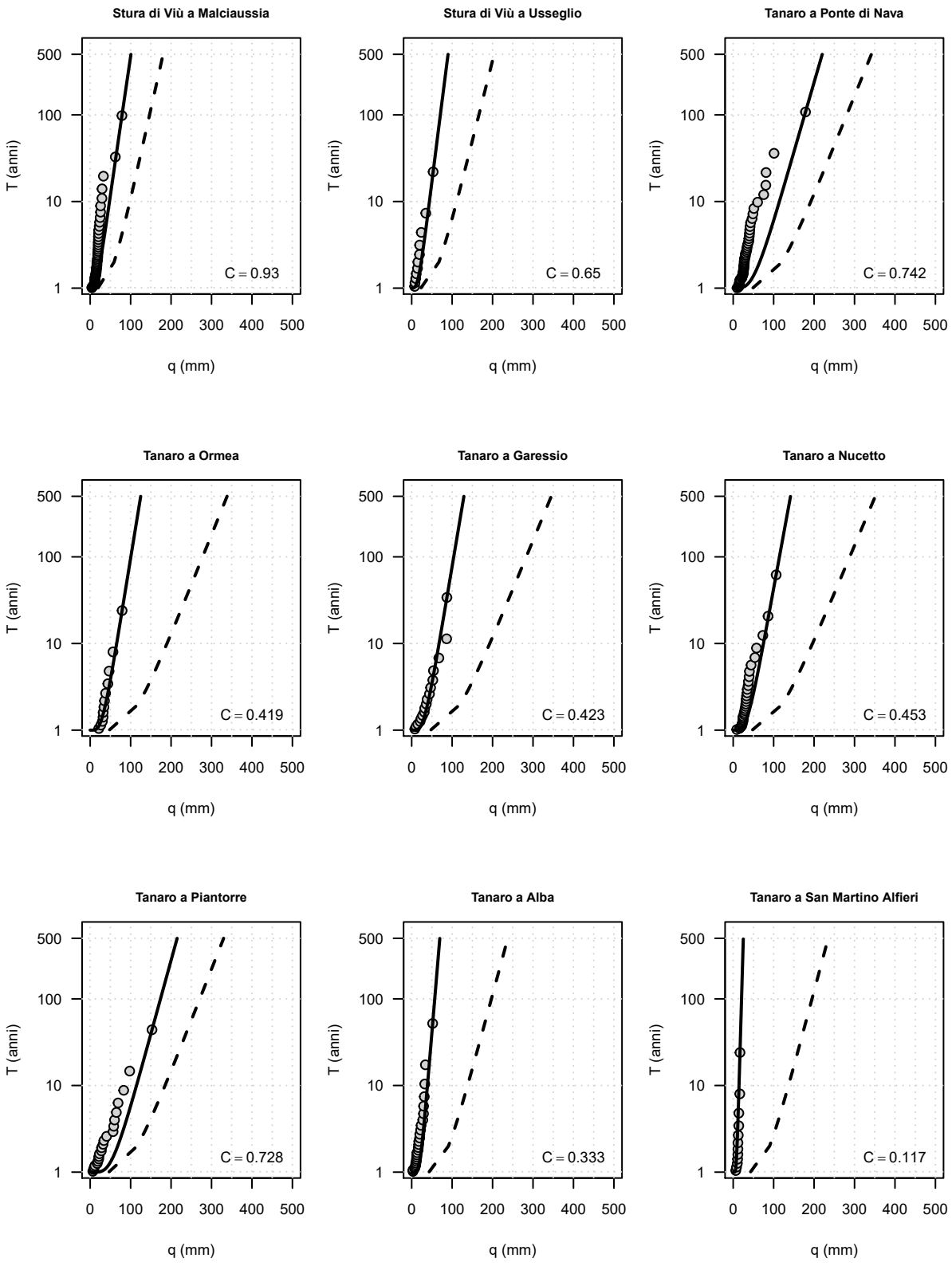

Stura di Demonte a Roccasparvera
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.269

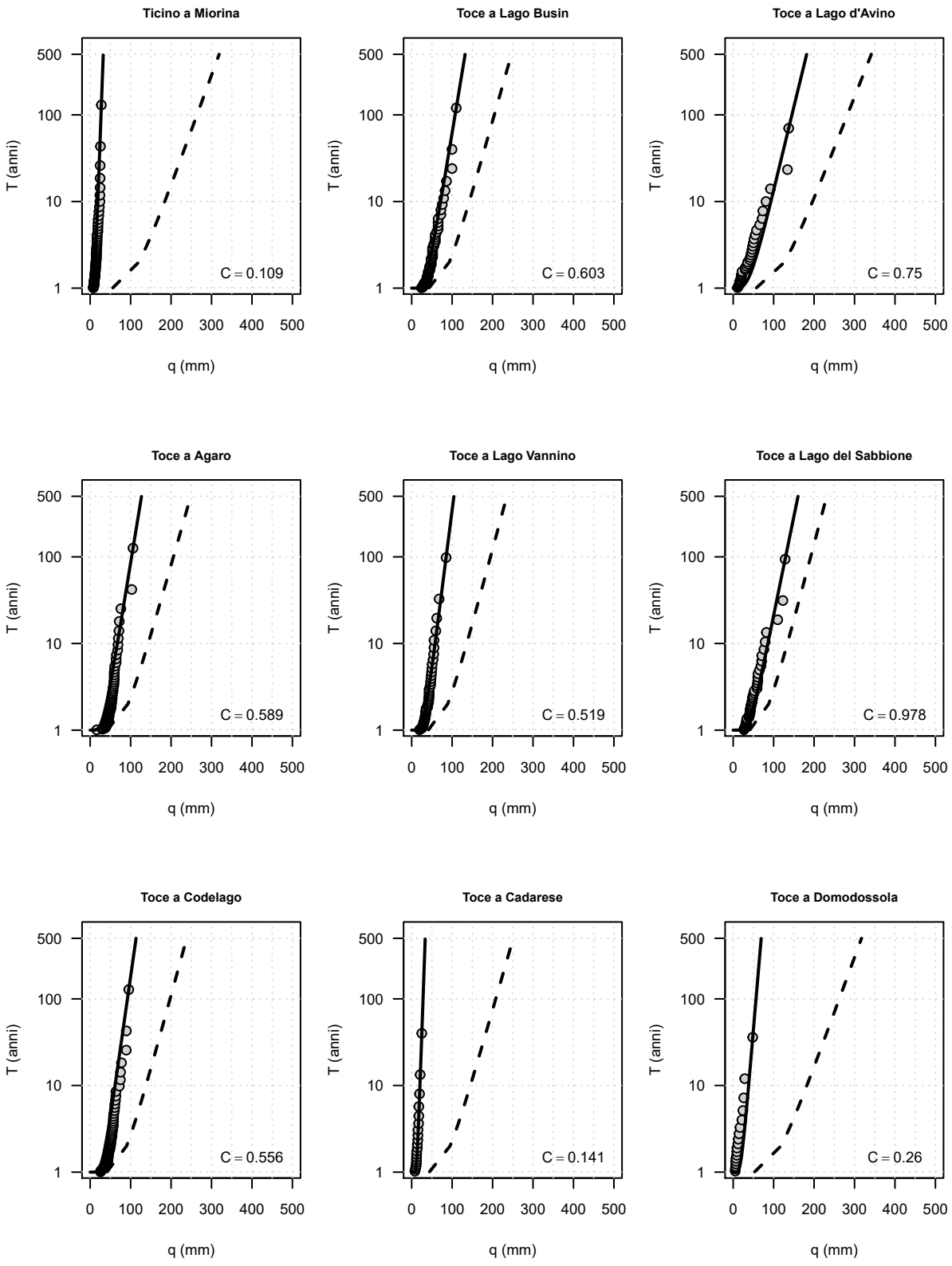

Stura di Demonte a Fossano
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.234

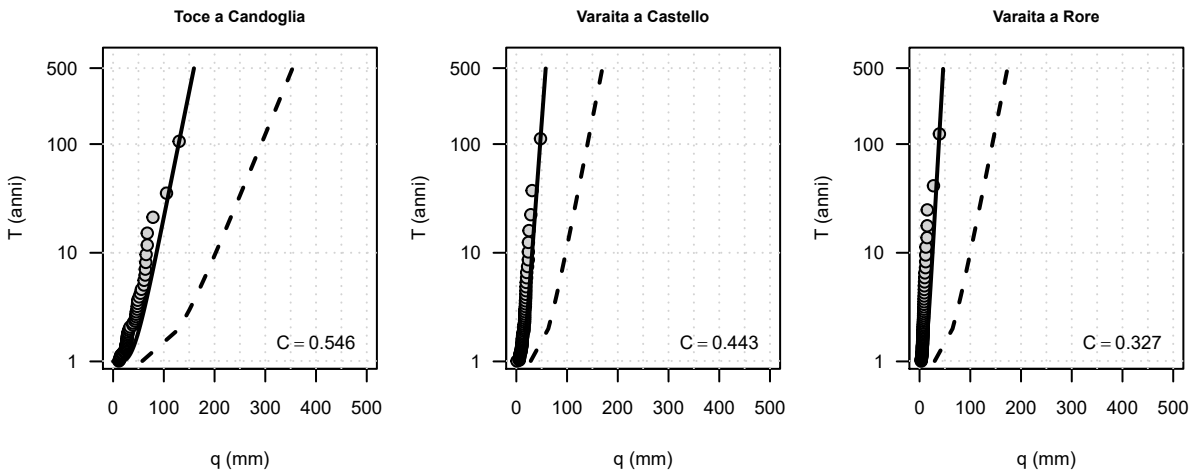

Stura di Lanzo a Lanzo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.513


Stura di Lanzo a Torino
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.492


Stura di Viù a Lago della Rossa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 1

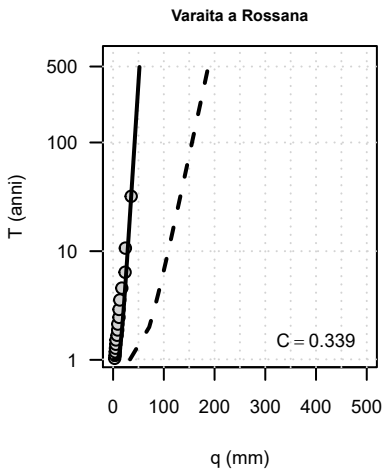

Stura di Viù a Malciaussia
C = 0.93
Stura di Viù a Usseglio
C = 0.65
Tanaro a Ponte di Nava
C = 0.742
Tanaro a Ormea
C = 0.419
Tanaro a Garessio
C = 0.423
Tanaro a Nucetto
C = 0.453
Tanaro a Piantorre
C = 0.728
Tanaro a Alba
C = 0.333
Tanaro a San Martino Alfieri
C = 0.117
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

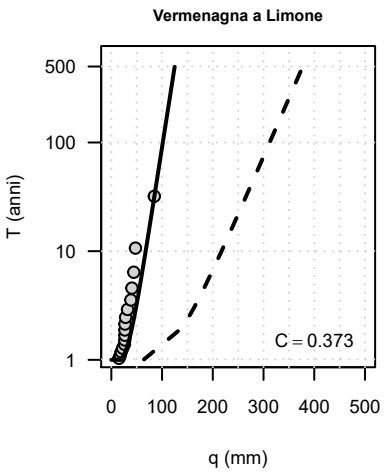

Ticino a Miorina
C = 0.109
Toce a Lago Busin
C = 0.603
Toce a Lago d'Avino
C = 0.75
Toce a Agaro
C = 0.589
Toce a Lago Vannino
C = 0.519
Toce a Lago del Sabbione
C = 0.978
Toce a Codelago
C = 0.556
Toce a Cadarese
C = 0.141
Toce a Domodossola
C = 0.26
T (anni)
q (mm)
1
10
100
500
0
100
200
300
400
500

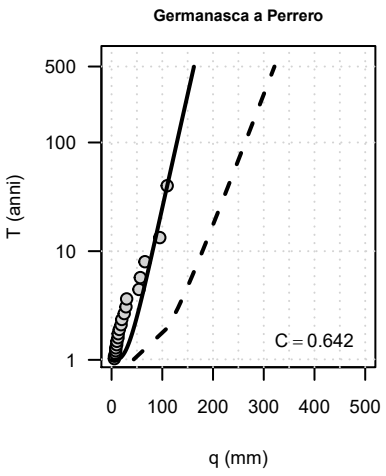

Toce a Candoglia
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.546

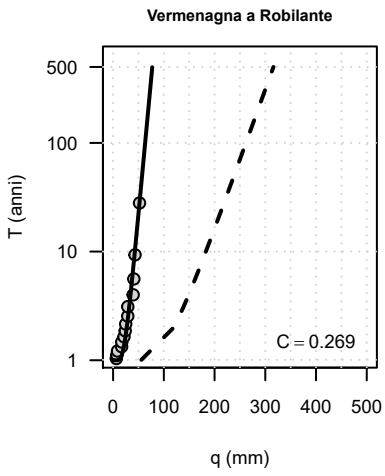
Varaita a Castello
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.443

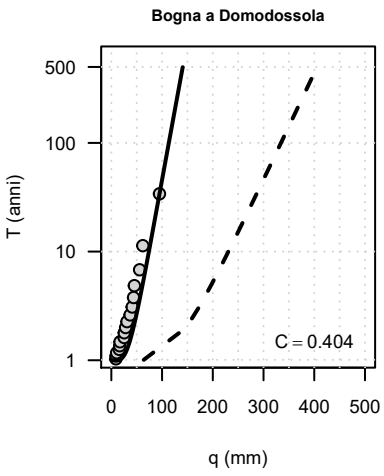
Varaita a Rore
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.327

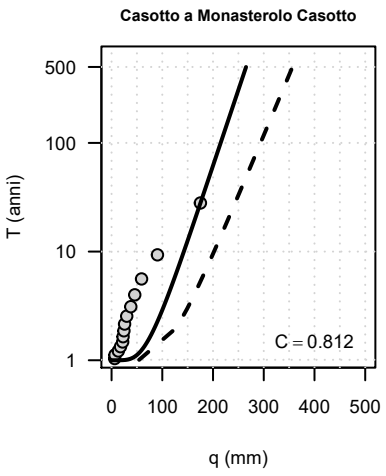

Varaita a Rossana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.339

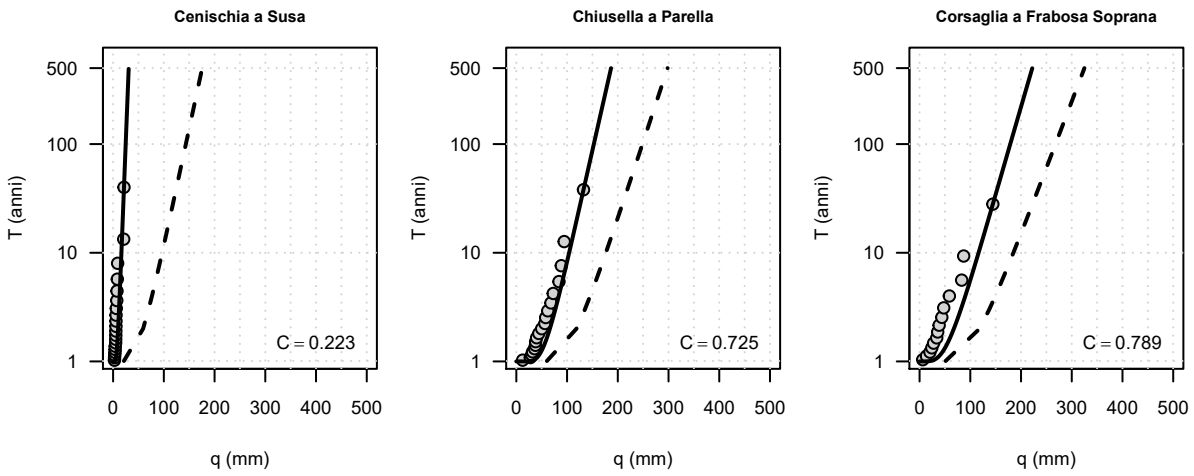

Vermenagna a Limone
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.373


Germanasca a Perrero
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.642


Vermenagna a Robilante
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.269

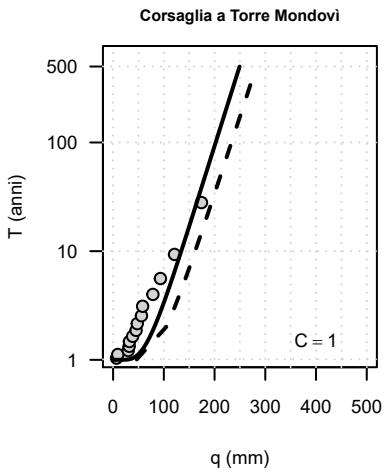

Bogna a Domodossola
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.404

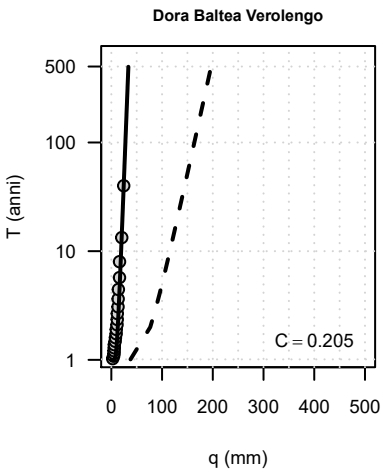

Casotto a Monasterolo Casotto
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.812

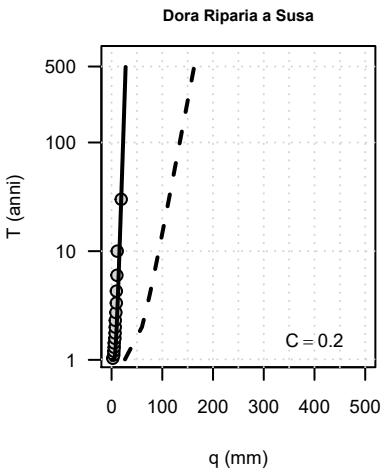

Cenischia a Susa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.223

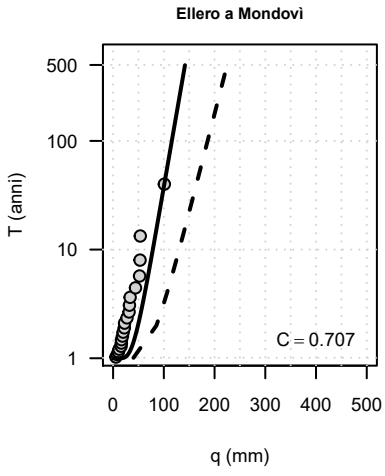
Chiusella a Parella
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.725

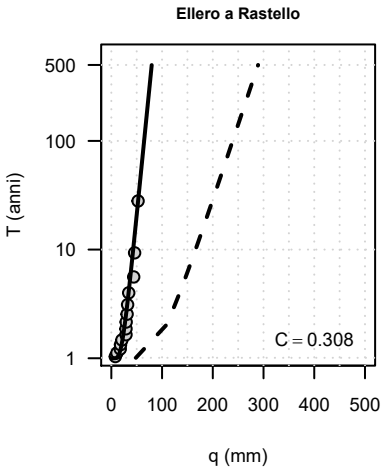
Corsaglia a Frabosa Soprana
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.789

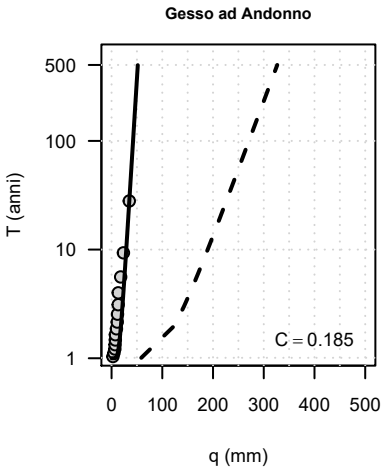

Corsaglia a Torre Mondovì
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 1

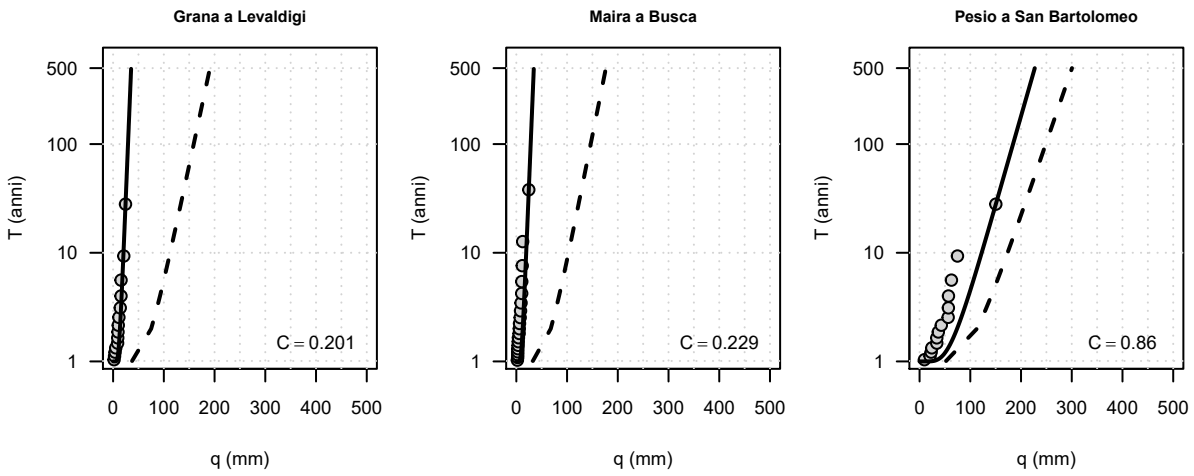

Dora Baltea Verolengo
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.205


Dora Riparia a Susa
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.2


Ellero a Mondovì
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.707

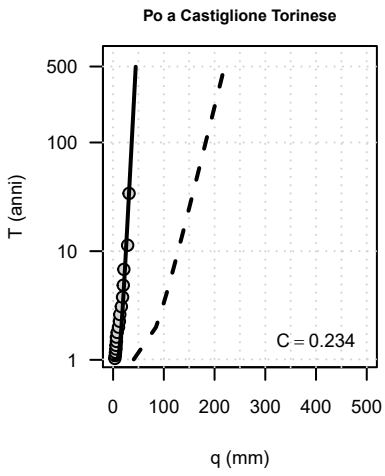

Ellero a Rastello
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.308

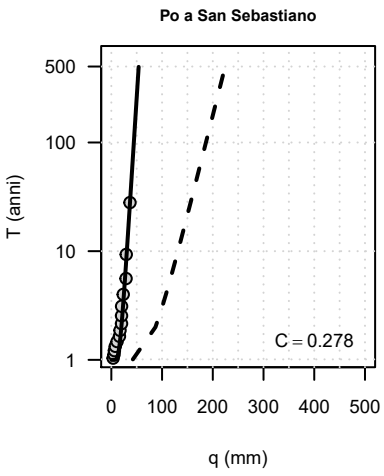

Gesso ad Andonno
T (anni)
500
100
10
1
0
100
200
300
400
500
q (mm)
C = 0.185

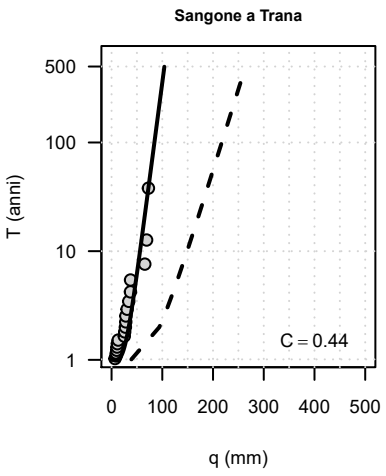

Grana a Levaldigi
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.201
0
100
200
300
400
500
q (mm)

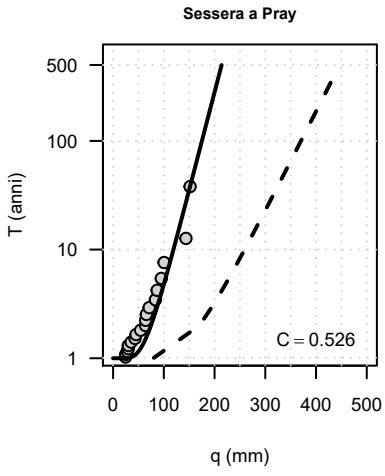
Maira a Busca
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.229
0
100
200
300
400
500
q (mm)

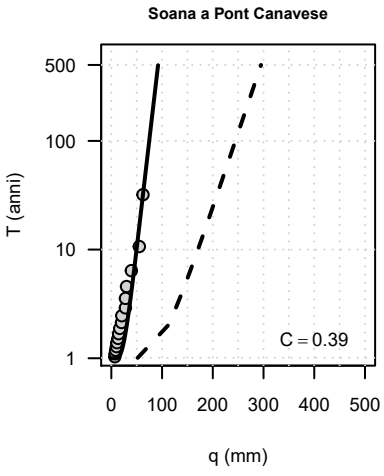
Pesio a San Bartolomeo
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.86
0
100
200
300
400
500
q (mm)

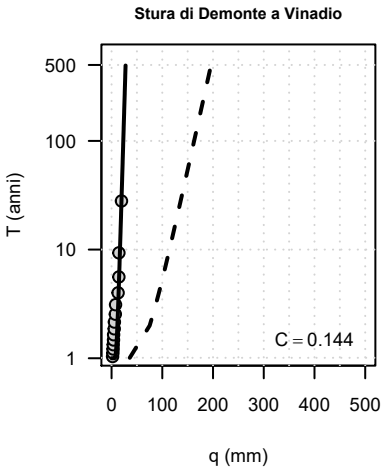

Po a Castiglione Torinese
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.234
0
100
200
300
400
500
q (mm)

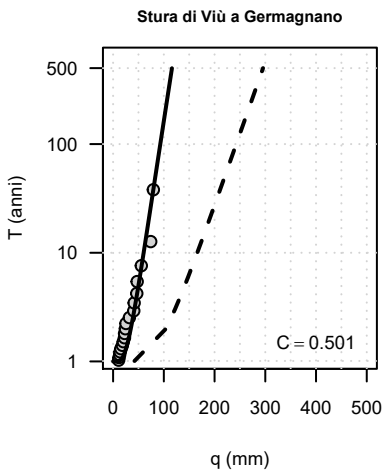

Po a San Sebastiano
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.278
0
100
200
300
400
500
q (mm)

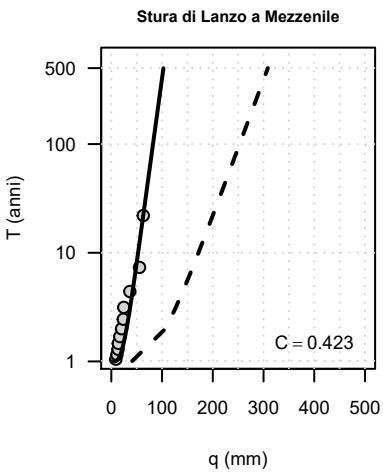

Sangone a Trana
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.44
0
100
200
300
400
500
q (mm)

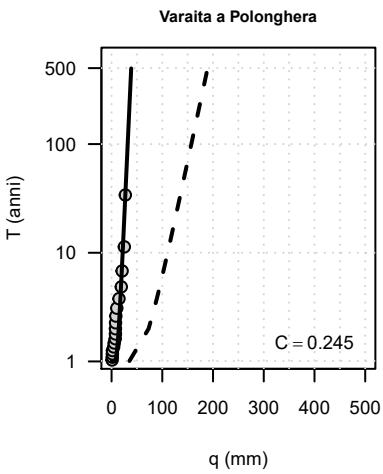

Sessera a Pray
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.526
0
100
200
300
400
500
q (mm)

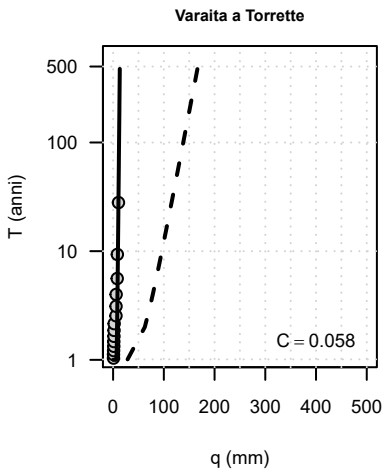

Soana a Pont Canavese
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.39
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Demonte a Vinadio
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.144
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Viù a Germagnano
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.501
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Stura di Lanzo a Mezzenile
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.423
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Varaita a Polonghera
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.245
0
100
200
300
400
500
q (mm)


Varaita a Torrette
T (anni)
500
100
10
1
C = 0.058
0
100
200
300
400
500
q (mm)