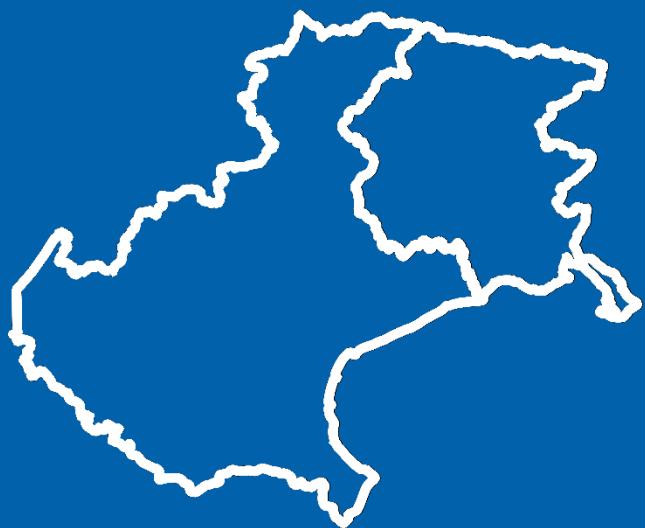




PluviaMap Nord Est



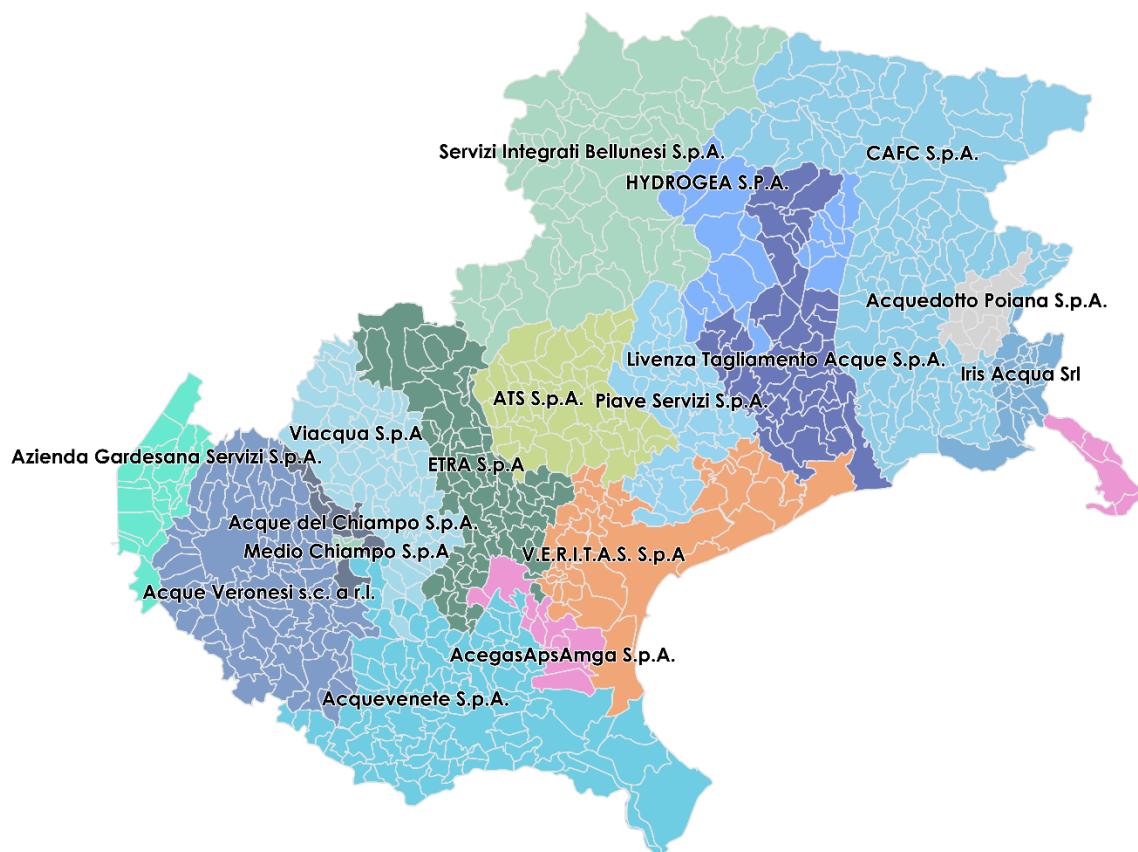
**Dati pluviometrici per la progettazione
idraulica nel Veneto e nel Friuli-Venezia
Giulia**

VIVERACQUA
— GESTORI IDRICI DEL VENETO —

● ● ● ● ● ●
SMART WATER MANAGEMENT FVG

1. SOMMARIO

1. Premessa	3
2. Il sistema di monitoraggio meteorologico della Regione Veneto	3
3. Il sistema di monitoraggio meteorologico della Regione Friuli-Venezia Giulia.....	13
4. Distribuzioni di probabilità	18
5. Il metodo di regionalizzazione adottato	19
6. Parametri idrologici oggetto della ricerca di regionalizzazione	22
7. Modalità di utilizzo delle elaborazioni eseguite per la caratterizzazione delle linee segnalatrici di possibilità .. pluviometrica	22
8. Esempio di calcolo delle altezze di pioggia per alcune durate	22
9. Bibliografia	23



1. PREMESSA

Il progetto e la verifica delle opere idrauliche richiedono l'acquisizione di un insieme sempre più vasto e rigoroso di parametri conoscitivi, ed in particolare degli aspetti idrologici connessi con le variazioni climatiche in atto.

Di rilevanza particolare risulta l'individuazione delle leggi che in ciascuna località legano tra loro durata, altezza e frequenza degli eventi pluviometrici estremi, espresse in ambito scientifico dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica oggetto di numerosi studi, che richiedono un continuo aggiornamento per ottenere valori di precipitazione da considerare a base di progetto rappresentativi dell'ambito di esecuzione degli interventi.

Per tale ragione i Gestori delle Aziende del Servizio Idrico Integrato delle Regioni Veneto e Friuli-Venezia Giulia hanno ritenuto opportuno proporre il presente studio, estremamente vasto e dettagliato per ampiezza di dati prodotti e valido per l'intera superficie delle due Regioni, ma nel tempo stesso assai agile e di semplice consultazione pur essendo riferito ad un lungo periodo di osservazione che si protrae fino a tutto l'anno 2023.

La ricerca si avvale delle intere serie di precipitazione di varia durata registrate nelle Regioni in esame nel periodo 1992 - 2023 di durata pari a 5, 10, 15, 30, 45 minuti primi; 1, 3, 6, 12, 24 ore; 1, 2, 3, 4, 5 giorni consecutivi.

Lo studio applica a tali serie il metodo della regionalizzazione, che consente di superare il problema di mancanza di osservazioni locali stimandone il valore con opportuna procedura a partire dalle stazioni di misura.

L'estensione puntuale delle stime idrologiche è stata svolta con riferimento alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, che costituiscono una delle leggi maggiormente significative per la caratterizzazione idrologica del territorio, in quanto rientrano in un esteso numero di leggi mirate alla determinazione delle portate di piena.

Lo studio è stato completato dallo sviluppo di un applicativo WebGIS, che consente

agevolmente ai progettisti la consultazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica calcolate in ogni Comune delle due Regioni, mediante navigazione su mappa o ricerca per nome.

2. IL SISTEMA DI MONITORAGGIO METEOROLOGICO DELLA REGIONE VENETO

Il sistema di monitoraggio meteorologico realizzato dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (A.R.P.A.V.) attraverso il Centro Meteorologico di Teolo costituisce una fonte di eccellenza nell'acquisizione di dati, in particolare di precipitazione, tra i più moderni ed avanzati a livello europeo.

La durata delle misure, iniziata intorno al 1990 per un numero elevato di stazioni pluviometriche distribuite con regolarità nel territorio, ha raggiunto e superato ad oggi i trent'anni di osservazione, che rappresenta un cosiddetto periodo "normale" di osservazione dei dati climatici secondo il World Meteorological Organization (WMO), per cui risulta possibile effettuare indagini conoscitive ed analisi statistiche fondate in quanto basate su una serie temporale di durata adeguata.

La conoscenza di un quadro informativo tanto articolato e vasto risulta di notevole importanza sia da un punto di vista teorico di analisi del fenomeno di precipitazione sia da un punto di vista applicativo connesso con il progetto e la realizzazione di opere idrauliche di regimazione delle acque e di difesa e tutela del territorio.

Tale conoscenza risulta particolarmente qualificata in un ambito, quello delle piogge brevi ed intense, la cui rilevazione antecedente alle misure A.R.P.A.V. non risultava adeguata per la nota difficoltà di lettura delle tracce rilasciate dai pluviografi a pennino sulle superfici cartacee di registrazione, strumenti dei quali era dotata la rete di rilevamento gestita dall'allora servizio idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia.

D'altro canto, le precipitazioni di forte intensità, specie se di breve durata, sono risultate nel corso degli ultimi anni una delle cause più frequenti di dissesto idraulico del territorio, di generazione di allagamenti e talora anche di vittime, per cui nella terminologia comune di diffusione delle informazioni sono state caratterizzate con perifrasi indicative della pericolosità del fenomeno con il termine di "bombe d'acqua", espressione certo non scientifica ma evocativa.

Una adeguata conoscenza del regime delle piogge intense e dei valori da esse raggiunti e quindi prevedibili in futuro si presenta ad una programmazione adeguata delle opere da realizzare nei vari ambiti fisici di intervento nella Regione Veneto per fronteggiare erosione del suolo nelle aree collinari e montane, allagamenti negli agglomerati urbani e ristagni d'acqua nelle zone di bonifica di pianura, oltre alle esondazioni dei corsi d'acqua che la solcano nel territorio.

La ricerca è stata svolta con riferimento agli ambiti territoriali di pertinenza del Consorzio Viveracqua e comprende i seguenti gestori: Acque del Chiampo S.p.A., Acque Venete S.p.A., Acque Veronesi Scarl, Azienda Gardesana Servizi S.p.A., Alto Trevigiano Servizi s.r.l., ETRA S.p.A., BIM - Gestione Servizi Pubblici S.p.A - GSP ora Servizi integrati bellunesi S.p.A., Livenza Tagliamento Acque S.p.A., Medio Chiampo S.p.A., Piave Servizi S.p.A., Veritas S.p.A., Viacqua S.p.A. e AcegasApsAmga (vedi Figura 1).

Le stazioni pluviometriche A.R.P.A.V. utilizzate per la ricerca sono indicate in Figura 2 ed elencate nella Tabella 1 successiva.

Per lo svolgimento della ricerca si è fatto ricorso alle stazioni pluviometriche dotate di un numero minimo di anni di misurazione computati a partire dall'inizio degli Anni Novanta, periodo a partire dal quale furono iniziati i rilievi con i nuovi metodi di misura delle precipitazioni.

Nella Regione Veneto sono state selezionate in tal modo 138 stazioni pluviometriche dotate di osservazioni comprese nell'intervallo temporale 1992 - 2023, della durata superiore nella maggior parte dei casi a 30 anni (Tabella 1).

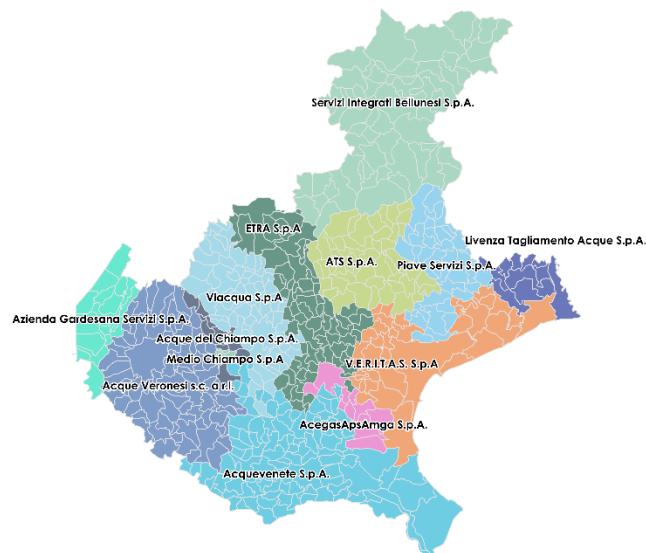


Figura 1. Ambiti territoriali dei Gestori del Servizio Idrico Integrato della Regione Veneto

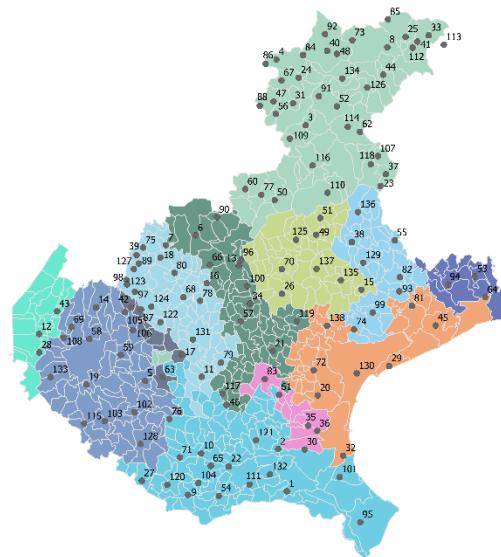


Figura 2. Stazioni pluviometriche della Regione Veneto utilizzate per l'esecuzione dell'analisi

Tabella 1. Stazioni pluviometriche comprese nella Regione Veneto utilizzate per la ricerca: numero d'ordine, denominazione, altitudine, coordinate (wgs 84, epsg 4326), periodo di osservazione, anni di osservazione.

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
1	Adria - Bellombra	-1	12.00767	45.0157	1992 - 2023	32
2	Agna	1	11.95774	45.15928	1992 - 2023	32
3	Agordo	585	12.03316	46.27807	1985 - 2023	39
4	Arabba	1642	11.87603	46.50001	1984 - 2023	40
5	Arcole	27	11.29579	45.37552	1992 - 2023	32
6	Asiago – aeroporto	1016	11.51099	45.88345	1997 - 2023	27
7	Astico a Pedescala	307	11.3672	45.84469	1987 - 2023	37
8	Auronzo	849	12.4259	46.55628	1986 - 2023	38
9	Bagnolo di Po - Pellizzare	6	11.5295	44.98946	1989 - 2023	35
10	Balduina (Sant'Urbano)	7	11.58414	45.13474	1995 - 2023	29
11	Barbarano Vicentino	16	11.57052	45.39777	1992 - 2023	32
12	Bardolino - Calmasino	160	10.76588	45.51797	1992 - 2023	32
13	Bassano del Grappa	127	11.73015	45.78507	2000 - 2023	24
14	Bosco Chiesanuova	1051	11.03857	45.61937	2000 - 2023	24
15	Breda di Piave	17	12.33785	45.71789	1992 - 2023	32
16	Breganze	196	11.57627	45.72044	1992 - 2023	32
17	Brendola	80	11.46921	45.47211	1992 - 2023	32
18	Brustole' (Velo d'Astico)	331	11.34328	45.80134	1992 - 2023	32

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
19	Buttapietra	39	11.01034	45.35302	1992 - 2023	32
20	Campagna Lupia - Valle Averto	0	12.14154	45.34944	1998 - 2023	26
21	Campodarsego	16	11.91335	45.49554	1993 - 2023	31
22	Concadirame (Rovigo)	6	11.72081	45.09316	1989 - 2023	35
23	Cansiglio - Tramedere	1022	12.41474	46.07751	1993 - 2023	31
24	Caprile	1007	11.99	46.44047	1984 - 2023	40
25	Casamazzagno	1342	12.51558	46.59392	1993 - 2023	31
26	Castelfranco Veneto	49	11.94776	45.69494	1992 - 2023	32
27	Castelnovo Bariano	10	11.30252	45.03103	1992 - 2023	32
28	Castelnuovo del Garda	120	10.77164	45.45488	1992 - 2023	32
29	Cavallino Treporti	1	12.48625	45.45874	1992 - 2023	32
30	Cavarzere	-2	12.08719	45.16153	1996 - 2023	28
31	Cencenighe	770	11.96643	46.35239	1984 - 2023	40
32	Chioggia - Sant'Anna	0	12.27579	45.14466	1992 - 2023	32
33	Cimacanale (San Pietro di Cadore)	1246	12.63077	46.60209	1997 - 2023	27
34	Cittadella	50	11.79353	45.65649	1992 - 2023	32
35	Codevigo	0	12.0997	45.24369	1992 - 2023	32
36	Codevigo – Ca' di Mezzo	1	12.14505	45.22693	1997 - 2023	27
37	Col Indes (Tambre)	1181	12.44011	46.11915	1987 - 2023	37

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
38	Conegliano	90	12.28231	45.88135	1992 - 2023	32
39	Contra' Doppio (Posina)	724	11.22509	45.80701	1987 - 2023	37
40	Cortina d'Ampezzo - Gilardon	1271	12.12736	46.53672	1993 - 2023	31
41	Costalta	1232	12.57553	46.57881	1993 - 2023	31
42	Crespadoro	374	11.20905	45.62622	1993 - 2023	31
43	Dolce'	105	10.84872	45.59957	1992 - 2023	32
44	Domegge di Cadore	822	12.4103	46.461	1989 - 2023	35
45	Eraclea	-1	12.70704	45.60319	1992 - 2023	32
46	Faedo (Cinto Euganeo)	250	11.6977	45.30473	1995 - 2023	29
47	Falcade	1150	11.86942	46.35547	1997 - 2023	27
48	Faloria	2235	12.17505	46.52747	1991 - 2023	33
49	Farra di Soligo	169	12.10444	45.90215	1992 - 2023	32
50	Feltre	264	11.8946	46.01623	1997 - 2023	27
51	Follina	208	12.12183	45.96035	1993 - 2023	31
52	Forno di Zoldo - Campo	872	12.18453	46.34669	1985 - 2023	39
53	Fossalta di Portogruaro	3	12.89392	45.77569	1992 - 2023	32
54	Frassinelle Polesine	4	11.67877	44.99047	1992 - 2023	32
55	Gaiarine	17	12.49347	45.8922	1992 - 2023	32
56	Gares	1365	11.8827	46.31315	1985 - 2023	39

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
57	Grantorto	32	11.75216	45.59474	1992 - 2023	32
58	Grezzana	156	11.01348	45.50978	1992 - 2023	32
59	Illasi	144	11.17154	45.46032	1992 - 2023	32
60	Lamon - Sala	650	11.74645	46.04988	1992 - 2023	32
61	Legnaro	7	11.95216	45.34737	1992 - 2023	32
62	Longarone	435	12.30348	46.26155	1992 - 2023	32
63	Lonigo	29	11.37962	45.39047	1991 - 2023	33
64	Lugugnana (Portogruaro)	0	12.94667	45.70494	1992 - 2023	32
65	Lusia	6	11.63361	45.09244	1996 - 2023	28
66	Lusiana	767	11.5881	45.78417	1992 - 2023	32
67	Malga Ciapela	1475	11.90475	46.4287	1986 - 2023	38
68	Malo	98	11.46436	45.66934	1992 - 2023	32
69	Marano di Valpolicella	284	10.92328	45.5479	1992 - 2023	32
70	Maser	100	11.94235	45.77894	1992 - 2023	32
71	Masi	9	11.48086	45.11739	1995 - 2023	29
72	Mira	5	12.11744	45.43599	1992 - 2023	32
73	Misurina	1743	12.25003	46.57644	1993 - 2023	31
74	Mogliano Veneto	5	12.30777	45.58077	1998 - 2023	26
75	Molini (Laghi)	623	11.25601	45.83333	1992 - 2023	32
76	Montagnana	12	11.42278	45.24778	1991 - 2023	33

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
77	Monte Avena	1415	11.82711	46.03213	1986 - 2023	38
78	Montecchio Precalcino	75	11.54771	45.65885	1994 - 2023	30
79	Montegalda	22	11.66198	45.44959	1992 - 2023	32
80	Monte Summano	597	11.41481	45.751	1993 - 2023	31
81	Noventa di Piave - Grassaga	1	12.58849	45.66843	1992 - 2023	32
82	Oderzo	7	12.52425	45.76572	1992 - 2023	32
83	Padova – Orto Botanico	12	11.88006	45.39894	2000 - 2023	24
84	Passo Falzarego	2090	12.0068	46.51876	1987 - 2023	37
85	Passo Monte Croce Comelico	1621	12.42393	46.65218	1987 - 2023	37
86	Passo Pordoi	2154	11.82246	46.48346	1985 - 2023	39
87	Passo Santa Caterina (Valdagno)	807	11.25908	45.61985	1992 - 2023	32
88	Passo Valles	2042	11.80157	46.33916	1992 - 2023	32
89	Passo Xomo (Posina)	1051	11.23764	45.77779	1992 - 2023	32
90	Piana di Marcesina – Rendole	1310	11.61224	45.94935	1999 - 2023	25
91	Pian del Crep (Val di Zoldo)	1741	12.09309	46.37937	1993 - 2023	31
92	Podestagno (Cortina d'Ampezzo)	1316	12.11224	46.59365	1985 - 2023	39
93	Ponte di Piave	3	12.52392	45.71714	1995 - 2023	29
94	Portogruaro - Lison	2	12.76124	45.74551	1992 - 2023	32

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
95	Porto Tolle - Pradon	-3	12.3691	44.91736	1990 - 2023	34
96	Pove del Grappa - Costalunga	669	11.7401	45.80574	1991 - 2023	33
97	Recoaro Mille	1073	11.2255	45.68041	1987 - 2023	37
98	Rifugio la Guardia (Recoaro Terme)	1130	11.18129	45.71891	1992 - 2023	32
99	Roncade	7	12.39587	45.64143	1992 - 2023	32
100	Rosa'	88	11.77623	45.71661	1992 - 2023	32
101	Rosolina - Po di Tramontana	-2	12.26177	45.07116	1992 - 2023	32
102	Roverchiara	17	11.25117	45.26582	1992 - 2023	32
103	Salizzole	21	11.10933	45.22975	1992 - 2023	32
104	San Bellino	6	11.57662	45.03152	1989 - 2023	35
105	San Bortolo	935	11.18135	45.60856	1987 - 2023	37
106	San Giovanni Ilarione	317	11.22484	45.54834	1992 - 2023	32
107	San Martino d'Alpago	828	12.39679	46.18046	1993 - 2023	31
108	San Pietro in Cariano	127	10.88805	45.50933	1992 - 2023	32
109	Sant'Andrea (Gosaldo)	1254	11.9577	46.22968	1985 - 2023	39
110	Sant'Antonio Tortal	544	12.15445	46.04837	1989 - 2023	35
111	Sant'Apollinare (Rovigo)	2	11.82596	45.03342	1998 - 2023	26
112	Santo Stefano di Cadore	902	12.5525	46.55722	1986 - 2023	38
113	Sappada	1265	12.7081	46.57071	1998 - 2023	26

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
114	Soffranco	606	12.24275	46.27823	1993 - 2023	31
115	Sorga'	24	11.00829	45.21755	1992 - 2023	32
116	Sospirolo	426	12.07537	46.14066	1985 - 2023	39
117	Teolo	155	11.67712	45.34275	1992 - 2023	32
118	Torch	593	12.36299	46.15158	1987 - 2023	37
119	Trebaseleghe	23	12.02572	45.60243	1996 - 2023	28
120	Trecinta	9	11.42662	45.02168	1994 - 2023	30
121	Tribano	3	11.84879	45.18671	1996 - 2023	28
122	Trissino	264	11.35786	45.57925	1992 - 2023	32
123	Turcati (Recoaro Terme)	714	11.18506	45.70407	1987 - 2023	37
124	Valdagno	229	11.30861	45.63131	1987 - 2023	37
125	Valdobbiadene - Bigolino	225	12.00707	45.88208	1992 - 2023	32
126	Valle di Cadore	794	12.3323	46.41547	1997 - 2023	27
127	Valli del Pasubio	602	11.21469	45.75779	1992 - 2023	32
128	Vangadizza	12	11.28772	45.15742	1992 - 2023	32
129	Vazzola - Tezze	40	12.34188	45.81171	1992 - 2023	32
130	VeneziaCavanis	20	12.32813	45.42998	2000 - 2023	24
131	Vicenza	29	11.52037	45.52437	1997 - 2023	27
132	Villadose	0	11.9222	45.07147	1992 - 2023	32
133	Villafranca Veronese	67	10.83261	45.37243	1991 - 2023	33

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long.	Lat.	Periodo di misura	Anni
134	Villanova (Borca di Cadore)	967	12.20623	46.4433	1985 - 2023	39
135	Villorba	41	12.23495	45.74897	1992 - 2023	32
136	Vittorio Veneto	123	12.30758	45.98542	2000 - 2023	24
137	Volpago del Montello	122	12.11303	45.78505	1992 - 2023	32
138	Zero Branco	12	12.17482	45.59069	1992 - 2023	32

3. IL SISTEMA DI MONITORAGGIO METEOROLOGICO DELLA REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA

Il monitoraggio meteorologico nella Regione Friuli Venezia Giulia è svolto dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente, A.R.P.A. FVG, che ha raccolto nel tempo una vasta mole di dati meteorologici, in particolare misure di precipitazione, che si prestano ad elaborazioni significative e di estrema importanza sia in ambito di studi di carattere scientifico inerente al mutamento climatico in atto, sia in ambito applicativo ai fini della progettazione di interventi a tutela e valorizzazione del territorio regionale.

L'Arpa FVG, come è noto, è un Ente di diritto pubblico istituito con la Legge Regionale n.6 del 3 marzo 1998, integrata e modificata dalla Legge Regionale n.16 del 15 dicembre 1998, preposto all'esercizio delle funzioni e delle attività tecniche finalizzate alla vigilanza ed al controllo ambientale, all'esercizio delle attività di ricerca e di supporto tecnico scientifico nonché all'erogazione di prestazioni analitiche di rilievo sia ambientale che sanitario.

Nell'ambito delle attività mirate al controllo ambientale assume particolare rilevanza l'acquisizione di dati meteorologici, e, tra questi, la previsione e la misura delle precipitazioni, operata con l'ausilio di una rete di monitoraggio densamente estesa nell'intero territorio regionale con funzione di studio degli eventi meteorologici e di allertamento in collaborazione con il Sistema di Protezione Civile.

Tale Sistema è stato attivato progressivamente nella Regione Friuli-Venezia Giulia in affiancamento ed in sostituzione di quello preesistente realizzato a cura dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle acque del Ministero dei Lavori Pubblici a partire da un intorno del 1920 nell'intero territorio nazionale, che trovò negli Annali Idrologici pubblicati dal Ministero stesso una vasta fonte di ricchezza delle osservazioni pluviometriche in estesi ambiti applicativi.

La trasformazione della rete di misura di parametri meteorologici operata in Regione venne attuata con un adeguamento funzionale delle apparecchiature di rilevamento, ed in particolare in ambito pluviometrico con la sostituzione del supporto cartaceo con registrazione ad inchiostro caratterizzante i precedenti pluviografi con un sistema di acquisizione elettronico dei dati pluviometrici a breve intervallo.

L'ammodernamento del sistema di misura ha consentito di ottenere importanti potenzialità, a partire dalla scansione temporale eseguita ad intervalli di cinque minuti primi o inferiori che consente di acquisire dati anche di eventi brevi ed intensi con conoscenza ben più complessa di quella acquisibile attraverso i precedenti strumenti a registrazione cartacea. Ulteriori conoscenze di notevole importanza risultano quelle di carattere climatico ascrivibili ad un possibile monitoraggio in continuo degli eventi pluviometrici.

In Friuli-Venezia Giulia, A.R.P.A. dispone di una struttura che ha il compito istituzionale specifico di osservare, comprendere e prevedere i fenomeni meteo-climatici sul territorio e di diffondere le informazioni che ne derivano: l'Osmer - Osservatorio meteorologico regionale.

L'Osmer è stato istituito con legge regionale 22.02.2000, n° 2, con la quale sono stati trasferiti all'Arpa FVG le attività e il personale di una precedente struttura dell'Ersa, l'attuale Agenzia regionale per lo sviluppo rurale, operante sin dal 1990 in ambito meteo-climatico.

In più di un quarto di secolo, i servizi erogati dalla struttura e le relative attività di comunicazione si sono ampliati ed evoluti accompagnando gli sviluppi tecnico-scientifici in un quadro via via più sistematico ed integrato.

Il servizio idrico integrato nella Regione Friuli-Venezia Giulia fa capo a due strutture principali, costituite rispettivamente dai gestori del Servizio Idrico Integrato e dall'Autorità unica per i Servizi Idrici e i Rifiuti (AUSIR).

I gestori del Servizio idrico integrato, la cui distribuzione territoriale è riprodotta in Figura 3.1, sono i seguenti: AcegasApsAmga S.p.A., Acquedotto del Carso S.p.A., Acquedotto

Poiana S.p.A., Consorzio Acquedotto del Friuli Centrale - CAFC S.p.A., Hydrogea S.p.A., Irisacqua S.r.l., Livenza Tagliamento Acque S.p.A. (Figura 3).

AcegasApsAmga S.p.A. cura la fornitura dell'acqua potabile nell'intera Provincia di Trieste e la gestione diretta del ciclo idrico integrato, acqua potabile e fognatura nei comuni di: Trieste, Muggia e San Dorligo della Valle.

Acquedotto del Carso S.p.A. gestisce le opere di adduzione e captazione, distribuzione e fognatura nei comuni di: Duino Aurisina/Devin Nabrežina, Sgonico/Zgonik, Monrupino/Repentabor.

In tali comuni opera anche il gestore AcegasApsAmga S.p.A.

L'Autorità unica per i servizi idrici e i rifiuti (AUSIR) è l'Ente di governo dell'ATO unico regionale per il servizio idrico integrato e per il servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani che è subentrato nelle funzioni in precedenza esercitate dalle liquidate Consulte d'Ambito per il SII.

Si tratta di un'Agenzia, qualificabile come ente pubblico economico ed istituita dalla L.R. 15 aprile 2016 n. 5, cui partecipano obbligatoriamente tutti i Comuni della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia per l'esercizio delle funzioni pubbliche relative al servizio idrico integrato e al servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani.

Con esclusivo riferimento alle funzioni relative al servizio idrico integrato, all'AUSIR partecipano anche 11 Comuni della Regione Veneto appartenenti al bacino idrografico interregionale del fiume Lemene, come perimetrato dal decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999.

L'Agenzia, in particolare, svolge attività di programmazione, organizzazione e controllo sull'attività di gestione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani e, pertanto, l'Ente si occupa esclusivamente di servizi pubblici locali a rete di rilevanza economica.

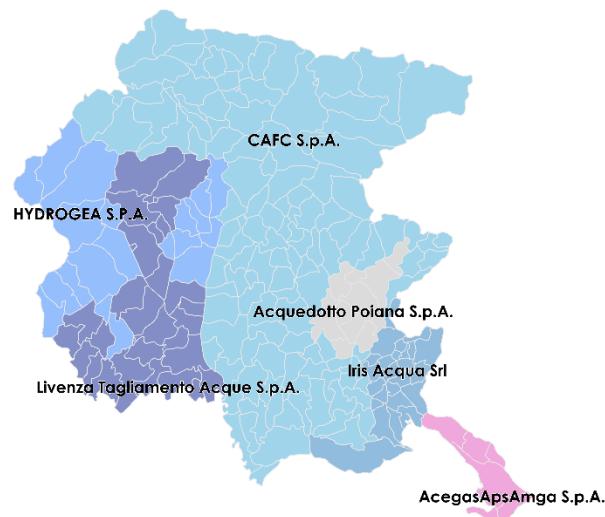


Figura 3. Ambiti territoriali dei gestori del Servizio Idrico Integrato della Regione Friuli-Venezia Giulia.

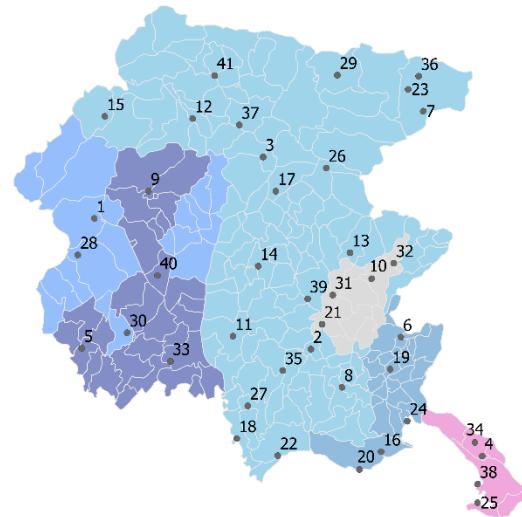


Figura 4. Stazioni pluviometriche della Regione Friuli-Venezia Giulia utilizzate per l'esecuzione dell'analisi.

Per la presente ricerca sono state utilizzate le stazioni pluviometriche A. R.P.A. FVG comprese negli ambiti territoriali dei gestori dotate di misura di precipitazione per intervalli di tempi estesi compresi nel periodo 1994 - 2023.

Sono state selezionate come rispondenti a tale requisito in totale 41 stazioni pluviometriche, elencate nella Tabella 2 e in Figura 4.

Una valutazione delle stazioni pluviometriche alla luce del loro posizionamento, mirata ad individuare quelle che forniscono misure delle condizioni atmosferiche con un grado di bontà sufficiente per essere utilizzabili a scopi meteorologici e per analisi e studi sul clima e sui cambiamenti climatici, come il riscaldamento

globale, oltre che idrologici, è stato riportato in una pubblicazione di A.R.P.A. FVG (A.R.P.A. FVG, 2014), ed ha fornito tra l'altro una classificazione di rappresentatività meteoclimatica ed idrologica per i pluviometri in dotazione della rete CAE e della rete MICROS.

Tabella 2. Stazioni pluviometriche comprese nella Regione Friuli-Venezia Giulia utilizzate per la ricerca: numero d'ordine, denominazione, altitudine, coordinate (wgs 84, epsg 4326), periodo di osservazione, anni di osservazione.

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long	Lat	Periodo di misura	Anni
1	Barcis	468	12.571	46.19322	2005 - 2023	19
2	Bicinicco	33	13.24011	45.92884	2008 - 2023	16
3	Bordano	230	13.08116	46.33278	2004 - 2021	18
4	Borgo Grotta Gigante	275	13.76464	45.70942	2007 - 2023	17
5	Brugnera	22	12.54498	45.91799	1995 - 2023	29
6	Capriva	85	13.51232	45.95813	1995 - 2023	29
7	Cave del Predil	914	13.56766	46.43708	2007 - 2023	17
8	Cervignano	8	13.33698	45.84952	1997 - 2023	27
9	Chievolis	345	12.73402	46.25454	2004 - 2023	20
10	Cividale	127	13.41998	46.08047	1999 - 2023	25
11	Codroipo	37	13.00271	45.95238	2000 - 2023	24
12	Enemonzo	438	12.86251	46.41043	1995 - 2023	29
13	Faedis	158	13.35229	46.13455	1995 - 2019	25
14	Fagagna	148	13.07385	46.10172	1995 - 2023	29

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long	Lat	Periodo di misura	Anni
15	Forni di Sopra	922	12.59365	46.40981	2004 - 2023	20
16	Fossalón	0	13.45884	45.7148	1995 - 2023	29
17	Gemonà	184	13.12205	46.26131	1999 - 2023	25
18	Gorgò	5	13.02187	45.73626	2008 - 2023	16
19	Gradisca	29	13.48178	45.88982	1995 - 2023	29
20	Grado	5	13.3945	45.67642	2000 - 2023	24
21	Lauzacco	60	13.2725	45.98207	2008 - 2023	16
22	Lignano	7	13.14705	45.70194	1999 - 2023	25
23	Lussari	1760	13.52041	46.48248	1995 - 2023	29
24	Monfalcone	0	13.53651	45.7805	2006 - 2023	18
25	Muggia	2	13.75264	45.61054	2006 - 2023	18
26	Musi	600	13.27464	46.31268	2001 - 2023	23
27	Palazzolo	5	13.05259	45.80573	1995 - 2023	29
28	Piancavallo	1275	12.52436	46.11494	2005 - 2023	19
29	Pontebba	590	13.30244	46.5096	2006 - 2023	18
30	Pordenone	23	12.68123	45.95364	2005 - 2023	19
31	Pradamano	91	13.303	46.04427	2008 - 2023	16
32	San Pietro al Natisone	160	13.48676	46.11428	2008 - 2023	16
33	San Vito al Tagliamento	21	12.81496	45.89568	1995 - 2023	29
34	Sgonico	268	13.74201	45.73804	1995 - 2023	29

Numero d'ordine (N°)	Nome della stazione	Alt.	Long	Lat	Periodo di misura	Anni
35	Talmassons	16	13.15575	45.88234	1995 - 2023	29
36	Tarvisio	794	13.55184	46.51079	1999 - 2023	25
37	Tolmezzo	314	13.00582	46.39944	2005 - 2023	19
38	Trieste – Molo	1	13.7522	45.65003	1994 - 2023	30
39	Udine	91	13.22666	46.03524	1995 - 2023	29
40	Vivaro	142	12.76877	46.07654	1996 - 2023	29
41	Zoncolan	1750	12.92622	46.50236	1997 - 2023	29

4. DISTRIBUZIONI DI PROBABILITÀ

Dalle stazioni metereologiche scelte si raccolgono i dati misurati dai pluviometri per analizzare le precipitazioni massime e per stimare la loro probabilità di accadimento. Individuati i valori massimi delle piogge si prosegue con la scelta di una distribuzione per i valori estremi utile per la configurazione di un sistema previsionale associato ai tempi di ritorno richiesti dalla tipologia del progetto idraulico. La distribuzione di probabilità scelta per la ricerca in esame è la distribuzione dei valori estremi, denominata anche Extreme Value 1 (EV1) detta anche distribuzione di Gumbel. Indicata con $P(x)=P(x \leq X)$ la probabilità di non superamento, l'espressione della distribuzione probabilistica dei valori estremi EV1 è fornita dall'equazione

$$P(x) = e^{-e^{-(\frac{x-\varepsilon}{\alpha})}} \quad (4-1)$$

nella quale la variabile:

$$y = \frac{x - \varepsilon}{\alpha} \quad (4-2)$$

è detta variabile ridotta. Si aggiunge anche:

$$T_R = \frac{1}{(1 - P(x))} \quad (4-3)$$

In tale distribuzione i parametri caratteristici da determinare sono quindi due, α ed ε .

Nella distribuzione GEV, sviluppata da Jekinson nel 1995, l'espressione della distribuzione è data dalla relazione:

$$P(x) = e^{-(1+\xi \frac{x-\varepsilon}{\alpha})^{-\frac{1}{\xi}}} \quad \text{per } \xi \neq 0 \quad (4-4)$$

La GEV è quindi una distribuzione a 3 parametri: ξ , detto parametro di forma, α , parametro di scala, ed ε , parametro di posizione.

Per la determinazione dei parametri caratteristici delle distribuzioni possono essere utilizzati vari metodi; nel presente studio è stato utilizzato il metodo di Gumbel.

Mediante il metodo di Gumbel viene effettuata, come è noto, la ricerca di una retta di regressione dei punti sperimentali con il metodo dei minimi quadrati.

Tale retta interpola i valori disponibili di ogni serie che si possono disporre sul diagramma probabilistico nel quale in ascissa si trova la variabile ridotta y , definita dalla (4-2), ed in ordinata la variabile studiata x . Il metodo di Gumbel non può però essere applicato per la determinazione dei parametri della distribuzione GEV poiché tale distribuzione dà luogo sulla carta probabilistica ad una curva, di forma dipendente dal parametro di forma ξ .

Per il calcolo della retta di regressione e quindi dei valori dei parametri relativi alla distribuzione EV1, si può procedere nel seguente modo: si ordinano i dati a disposizione in ordine decrescente e si assegna a ciascun valore un tempo di ritorno in base alla relazione:

$$T_R = \frac{N + 1}{m} \quad (4-5)$$

dove N è la dimensione del campione ed m è il numero d'ordine progressivo nella serie di valori ordinati. In questo modo viene stimato il tempo di ritorno per ciascun evento della serie di dati a disposizione.

Per determinare i parametri α ed ε della distribuzione EV1 si opera una regressione lineare di x su y ottenendo:

$$x - \bar{x} = b(y - \bar{y}) \quad (4-6)$$

ed una regressione lineare di y su x ottenendo:

$$y - \bar{y} = b'(x - \bar{x}) \quad (4-7)$$

dove si sono indicati con \bar{x} ed \bar{y} i corrispondenti valori medi di x e di y .

I valori assunti da b e b' sono:

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad b' = \frac{S_{xy}}{S_y^2} \quad (4-8)$$

S_x ed S_y rappresentano gli scarti quadratici medi delle variabili x e y , mentre S_{xy} è la covarianza fra le variabili x ed y .

In base al metodo di Gumbel viene proposto come coefficiente di regressione per la retta probabilistica, la media geometrica dei coefficienti precedentemente ottenuti e precisamente:

$$\sqrt{b \frac{1}{b'}} = \sqrt{\frac{S_x^2}{S_y^2}} = \frac{S_x}{S_y} \quad (4-9)$$

e dunque la retta così determinata vale:

$$(x - \bar{x}) = \frac{S_x}{S_y} (y - \bar{y}) \quad (4-10)$$

Confrontando la (4-2) con la (4-10) si ottengono i valori dei parametri α e ε :

$$\alpha = \frac{S_x}{S_y} \quad \varepsilon = \bar{x} - \alpha \bar{y} \quad (4-11)$$

Dai parametri si possono ottenere i quantili, legati ai tempi di ritorno tramite la seguente formula deducibile dalle (4-1) e (4-4):

$$x = \varepsilon - \alpha \ln(\ln(-\ln P)) \quad (4-12)$$

Ossia:

$$x = \varepsilon - \alpha \ln\left(\ln\left(-\ln\left(\frac{T_R - 1}{T_R}\right)\right)\right) \quad (4-13)$$

Dai quantili qui ricavati dai dati dei punti di misura, si possono ottenere, attraverso tecniche di Regionalizzazione, gli analoghi valori prevedibili in punti non strumentati nell'area sottoposta ad analisi.

5. IL METODO DI REGIONALIZZAZIONE ADOTTATO

A partire dai dati rilevati dalle numerose stazioni pluviometriche delle due Regioni (in totale 179), si è proceduto a studiare la distribuzione dei parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica in base all'applicazione di tecniche di regionalizzazione, che consentono di determinare leggi di interesse di variazione spaziale in punti non dotati di strumenti di misura.

A tale scopo, si procede suddividendo l'area geografica analizzata in zone omogenee in base alla valutazione di alcune caratteristiche scelte a priori, inerenti le variabili idrologiche, in maniera da attribuire a ciascuna zona omogenea un carattere idrologico proprio.

L'analisi regionalizzata, nel caso in esame, ha riguardato la ricerca di zone omogenee del Friuli-Venezia Giulia e del Veneto con riferimento alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, alla cui determinazione concorrono le serie degli estremi di precipitazione per diverse

durate di pioggia, estremi dedotti da punti di misura distribuiti nelle Regioni. Pertanto, la determinazione di leggi di regionalizzazione del sistema delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica consente di raggruppare in ogni zona i punti di misura nei quali tali variabili idrologiche hanno una particolare affinità statistica, ottenendo in tal modo per ciascuna zona omogenea una funzione statistica della linea segnalatrice che ne rappresenta l'andamento che si può considerare univocamente rappresentante della zona stessa.

Uno dei metodi più usati per la regionalizzazione è quello della grandezza indice (A. Viglione, 2007), in base al quale nell'ambito di una regione omogenea si ipotizza che la distribuzione di probabilità, ad esempio Gumbel o GEV, dei valori massimi annui delle altezze di precipitazione di durata d sia invariante a meno di un fattore di scala dipendente dal sito di interesse, rappresentato dalla grandezza indice. La stima dell'altezza di pioggia presso la j -esima stazione $h_j(d, T)$ si esprime allora come prodotto di due termini: $h_j(d, T) = m_{j,d} \cdot h_d(T)$, in cui $m_{j,d}$ è la grandezza indice specifica per la stazione di interesse e per la durata considerata e $h_d(T)$ è un fattore adimensionale, chiamato curva di crescita, che esprime la variazione dell'altezza di pioggia di durata d in funzione del tempo di ritorno T , indipendentemente dal sito. La curva di crescita assume validità regionale ed è comune a tutte le stazioni pluviometriche appartenenti ad una data zona omogenea.

Come grandezza indice $m_{j,d}$ viene generalmente adottata la media dei valori massimi annui dell'altezza di precipitazione nella durata d . Tale dato è stimato dalla media campionaria delle misure effettuate presso ciascuna stazione.

In sintesi, il metodo della grandezza indice scinde il problema in tre sottoproblemi disgiunti:

1. la suddivisione della regione geografica considerata in sottozone omogenee;
2. la stima della curva di crescita valida per l'intera zona omogenea;

3. la comprensione della distribuzione della grandezza indice nel territorio, sulla base delle medie campionarie.

Da un punto di vista operativo, per ciascun tipo di linea segnalatrice di possibilità pluviometrica considerato, quale ad esempio quello delle linee segnalatrici di durata oraria, il metodo in esame si può sviluppare attraverso le seguenti fasi:

1. identificazione di una ipotesi di zone omogenee;
2. calcolo della grandezza indice come media campionaria dei dati misurati presso ciascuna stazione;
3. normalizzazione del campione di ogni sito, i cui valori sono divisi per la corrispondente media;
4. regolarizzazione del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea, mediante una opportuna distribuzione di probabilità, e individuazione della corrispondente curva di crescita;
5. verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate mediante test statistico ed eventuale riformulazione dell'ipotesi;
6. analisi spaziale della grandezza indice (attraverso metodi kriging, IDW, o altro) ed eventuale calcolo di valori di riferimento di tale grandezza per ambiti di varia estensione.

In base al metodo della grandezza indice l'identificazione di una ipotesi di zona omogenea può generalmente essere realizzata attraverso il calcolo della distanza euclidea tra i punti di misura dell'intera regione considerata ed alcuni punti di riferimento, detti medoidi, scelti tra i punti di misura stessi. La scelta dei medoidi può essere effettuata semplicemente sulla base delle caratteristiche morfoclimatiche del territorio, senza necessariamente fare considerazioni di tipo prettamente statistico.

In questo caso, il calcolo della suddetta distanza euclidea può includere, oltre alla distanza spaziale tra i punti di misura ed i medoidi, anche le distanze tra i valori delle serie dei massimi annuali delle durate prescelte, per esempio le durate orarie.

Per la verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate mediante test statistico ed eventuale riformulazione dell'ipotesi di omogeneità di partenza viene spesso adottato il test di Holking-Wallis (J. R. M. Hosking and J. R. Wallis, 1997), che si avvale di metodi statistici quali il metodo Monte Carlo e la distribuzione Kappa per l'analisi degli estremi.

La regolarizzazione del campione costituito dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea può essere svolta teoricamente con qualsiasi metodo comunemente utilizzato anche nelle analisi locali, quale ad esempio il metodo di Gumbel.

Per la spazializzazione della grandezza indice si è optato per il metodo Inverse Distance Weighting (IDW). La scelta per l'IDW è dovuta anche alla performance mostrata nell'ambito del fitting sui punti di misura determinata dai test di cross-validation.

Miglioramenti al modello di regionalizzazione

Il modello così ottenuto è stato migliorato attraverso una serie di ulteriori passaggi e verifiche.

Un primo miglioramento a cui si vuol accennare è quello sulla verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate mediante test statistico di Hosking-Wallis (Tardivo, 2025). Come anticipato, tale verifica non è esente dal pericolo della riformulazione delle ipotesi; infatti, nel caso di riscontro negativo del test si potrebbe trovare ragionevole la riconfigurazione della zona o, più radicalmente, un cambiamento della stazione-medoida.

Per evitare tale riformulazione, per ogni stazione (stazione target) si possono costruire dei grafici multipli (ivi detti di Hosking-Wallis) rappresentanti l'andamento del test nell'aggiungersi dei valori normalizzati di stazioni progressivamente

sempre più lontane (dalla stazione target) fino al ritrovamento di una stazione i cui valori del test denotino eterogeneità.

Tali grafici multipli vengono ricostruiti indipendentemente per ognuna delle tre tipologie di durata (minuti, ore e giorni). Per esempio, per le durate dei minuti primi si costituisce, per ogni stazione, un penta-grafico relativo alle 5 durate di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti primi. Affinché il grafico possa essere indicativo di una zona omogenea per le linee segnalatrici dei minuti primi si deve verificare che ogni stazione aggiunta alla stazione target dia risultato del test al di sotto dell'unità, per ognuna delle cinque durate appena menzionate (appartenenti alla tipologia di durata), in questo caso, dei minuti primi; come prescritto dalla letteratura sul test di H-W pubblicata dagli stessi autori Hosking e Wallis, se il test assume un valore maggiore di uno la zona esaminata è probabilmente eterogenea.

I multi-grafici così costruiti permettono di riversare alle capacità di calcolo degli elaboratori la scelta univoca del medoide e della zona omogenea associata; tale scelta risulta dunque univoca e definitiva, non necessitando di test da farsi a posteriori.

Individuata la stazione la cui verifica di omogeneità venga rispettata per il maggior numero possibile di stazioni, senza interruzioni, e detto "nucleo" tale primordiale raggruppamento, si procede con la possibile estensione di tale nucleo aggiungendo stazioni non necessariamente e progressivamente vicine alla stazione target.

Una volta individuata tale prima zona omogenea, si procede allo stesso modo per le stazioni della rete complementari alla zona omogenea individuata.

Il modello di regionalizzazione, nella versione descritta in questo paragrafo (della "grandezza indice"), può essere migliorato anche da un altro importante punto di vista. Già Hosking and Wallis (J. R. M. Hosking and J. R. Wallis, 1997) fanno notare la possibilità di contraddizione che può nascere fra la configurazione delle zone omogenee risultanti dal procedimento di regionalizzazione e la configurazione spaziale

delle misure fisiche della pioggia, cioè le misure effettuate dai pluviometri. Può capitare infatti che il test di HW possa dare per decisamente omogenea una zona, senza tuttavia che dal modello derivino poi dei quantili compatibili con la fisica descritta dalle misure dei pluviometri. L'incompatibilità può emergere (o essere dedotta) anche da un punto di vista climatologico o meteorologico, per esempio quando una zona viene classificata come omogenea dal test pur contenendo aree fra loro diverse da tali punti di vista. Questo problema viene opportunamente discusso e chiarito nel testo di Hosking and Wallis (J. R. M. Hosking and J. R. Wallis, 1997), nel paragrafo: "Use of the heterogeneity measure". È molto importante affrontare tale aspetto, in quanto l'obiettivo della presente analisi è proprio quello di far in modo che gli estremi registrati dai pluviometri possano essere previsti dal modello nel modo migliore nei punti di misura e se ne possa scorgere il carattere anche nella stima di eventi in punti privi di misura.

Per migliorare tale aspetto si è adottata una ulteriore modifica al modello (Tardivo, 2025), ottenendo errori di fitting (in cross-validation) più contenuti rispetto alle varianti prima descritte. Continuando ad utilizzare la media come grandezza indice, spazializzata con IDW, si rinuncia all'utilizzo del test di HW per l'identificazione delle zone omogenee, riducendo le stesse ai poligoni di Voronoi associati alle singole stazioni della rete.

La variazione significativa dei valori delle linee segnalatrici viene così modulata principalmente dai risultati delle spazializzazioni IDW applicate alle medie delle diverse durate analizzate (le grandezze indice). Per quanto riguarda la curva di crescita, invece, essa risulterà molto più rispondente alla fenomenologia degli estremi, deducibile dalle misure pluviometriche.

6. PARAMETRI IDROLOGICI OGGETTO DELLA RICERCA DI REGIONALIZZAZIONE

La ricerca in esame è stata eseguita scegliendo tra i parametri oggetto di una possibile regionalizzazione le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica calcolate con riferimento a ciascuna delle stazioni meteorologiche precedentemente citate, 138 nella Regione Veneto e 41 nella Regione Friuli-Venezia Giulia, per un totale quindi di 179 stazioni.

Tale scelta è risultata motivata dal vasto ambito di applicazione di tali curve, tra i quali i metodi per la determinazione delle portate unitarie di piena con i metodi cinematico e dell'invaso, ed in generale dalla facilità con la quale a partire da esse possono essere ricavate le altezze di pioggia utili ad una molteplicità di verifiche idrologiche, caratterizzate da parametri di grande interesse: frequenza probabile ed altezza di pioggia per l'intero ambito di durate comprendenti minuti primi, ore e giorni.

7. MODALITÀ DI UTILIZZO DELLE ELABORAZIONI ESEGUITE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le elaborazioni svolte ed il metodo di regionalizzazione elaborato sono stati predisposti e verificati per una determinazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica a scala comunale, e quindi per essere assunte a base di riferimento nei 560 comuni della Regione Veneto e nei 215 comuni della Regione Friuli-Venezia Giulia.

La scala comunale costituisce infatti uno degli ambiti di interesse maggiore da un punto di vista operativo sia per frequenza di interventi di prevenzione e controllo degli allagamenti sia da un punto di vista progettuale per l'elevato numero di elaborati a tema idraulico che tali

interventi comportano. La scala comunale risulta particolarmente di interesse nello specifico per le attività dei Gestori del Sistema idrico Integrato.

8. ESEMPIO DI CALCOLO DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER ALCUNE DURATE

Per calcolare l'altezza di pioggia stimata per un assegnato tempo di ritorno in un determinato Comune del Veneto o del Friuli Venezia Giulia è necessario utilizzare la seguente formula:

$$h [mm] = a \cdot t^n \quad (8-1)$$

dove a ed n sono i parametri visualizzati all'interno del portale webgis dopo aver selezionato il comune di interesse.

La variabile t relativa al tempo o durata dell'evento pluviometrico simulato deve essere in minuti per gli scrosci, oppure ore o giorni per le durate maggiori.

Durata evento	Da 5 a 45 minuti	Da 1 a 24 ore consecutive	Da 1 a 5 giorni consecutivi
Unità di misura	[h] mm [t]minuti	[h] mm [t]ore	[h] mm [t]giorni

Supponendo di voler calcolare l'altezza di pioggia stimata per un evento pluviometrico della durata di 30 minuti con tempo di ritorno 5 anni nel Comune di Adria (RO) in Veneto si avrebbe:

$$h = a \cdot t^n = 5.37 \cdot t^{0.53} = 32.57 \text{ mm}$$

Supponendo di voler calcolare l'altezza di pioggia stimata per un evento pluviometrico della durata di 2 ore con tempo di ritorno 100

anni nel Comune di Sappada (UD) in Friuli-Venezia Giulia si avrebbe:

$$h = a \cdot t^n = 55.4 \cdot t^{0.54} = 80.55 \text{ mm}$$

Supponendo di voler calcolare l'altezza di pioggia stimata per un evento pluviometrico della durata di 2 giorni con tempo di ritorno 50 anni nel Comune di Valli del Pasubio (VI) in Veneto si avrebbe:

$$h = a \cdot t^n = 311.74 \cdot t^{0.37} = 402.88 \text{ mm}$$

9. BIBLIOGRAFIA

- Bixio,V. (1992). *Analisi della situazione idraulica attuale e indirizzi per la moderazione delle piene nella rete di bonifica della Regione Veneto.* A cura della Regione Veneto, Giunta Regionale e Unione Regionale Veneta delle Bonifiche, delle Irrigazioni e dei Miglioramenti Fondiari. D.G.R. n. 464 del 31 gennaio 1992.
- Hosking, J. R. M. and Wallis, J. R. (1997). *Regional Frequency Analysis. An Approach Based on L-Moments.* Cambridge University Press.
- Viglione, A. (2007). *Metodi statistici non-supervised per la stima di grandezze idrologiche in siti non strumentati.* Tesi di dottorato. Politecnico di Torino.
- WMO (2007). *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate.* WMO/TD-No. 1377, WCDMP-No. 61. Geneva.
- Nordest Ingegneria S.r.l. (2011). *Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento.* Consorzio di Bonifica Medio Orientale, Piave, Brenta, Alta Pianura Veneta, Delta del Po, Adige Po, Veronese. A cura dell'Unione Veneto Bonifiche. Venezia.
- Nordest Ingegneria S.r.l. (2011) *Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di*

probabilità pluviometrica di riferimento. A cura del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007.

- SOC OSMER e GRN – Osservatorio Meteorologico Regionale (2014, revisione grafica 2020). *Il clima del Friuli-Venezia Giulia.*
- Viveracqua S.p.A. (2021). *Le piogge intense nella regione Veneto. Volumi 1 - 4.* A cura di Bixio, V., Bixio, A.C., e Tardivo, G.
- Smart Water Management FVG (2022, novembre). *Le piogge intense nella Regione Friuli-Venezia Giulia (1994 - 2021).* Pubblicazione a cura di Bixio, V., Bixio A.C. e Tardivo, G.
- Tardivo, G. (2025). *Modifiche migliorative al modello di regionalizzazione col metodo della grandezza indice. Applicazione ai dati di precipitazione.* (Pubblicazione in preparazione).

Si ringraziano le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA Veneto e ARPA Friuli-Venezia Giulia) per aver fornito i dati raccolti dalle stazioni pluviometriche in gestione.

Gruppo di lavoro:

Prof. ing. Vincenzo Bixio

Dott. ing. Anna Chiara Bixio, Ph.D.

Dott. Gianmarco Tardivo, Ph.D.

Dott. ing. Daniela Claut