

Progetto Piano Operativo Ambiente
sotto piano “Interventi per la tutela del territorio e delle acque”
(CUP F44J16000010001)

Accordo tra l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale e l'Università degli Studi
dell'Aquila (ex art.15 Legge n.241 del 1990) per lo

**Sviluppo e implementazione delle indagini idrauliche con approccio
multiscala delle UoM IT131 e IT023 per la difesa e la gestione del territorio**

Aggiornamento Studio Idrologico

D2.1 – Relazione tecnico-metodologica

- Applicazione al caso studio dell'Aterno-Pescara -

INDICE

1. PREMESSE	4
2. OBIETTIVI	5
3. APPROCCIO METODOLOGICO.....	7
3.1. Inquadramento Generale.....	7
3.2. Pluviometria.....	7
3.2.1. Il metodo della regionalizzazione.....	7
3.2.2. Costruzione delle mappe georeferenziate per la stima delle altezze di precipitazione $h_{d,T}$ per i cinque tempi di ritorno di interesse	10
3.2.3. Caratterizzazione spazio-temporale degli eventi critici	11
3.3. Trasformazione degli afflussi in deflussi	13
3.4. Mareografia.....	23
3.5. Sintesi dell'approccio metodologico	24
4. DATI DI RIFERIMENTO	26
4.1. Pluviometria.....	26
4.2. Idrometria	29
4.3. Mareografia.....	30
4.4. Informazioni Idrologiche	30
5. IL CASO STUDIO DELL'ATERNO-PESCARA.....	33
5.1. Inquadramento Territoriale	33
5.2. Analisi Pluviografica	34
5.3. Stima delle Portate	57
5.4. Analisi mareografica.....	64
6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	67

1. PREMESSE

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale e l'Università degli Studi dell'Aquila, per il tramite del gruppo di ricerca del Laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale, hanno sottoscritto un accordo istituzionale di collaborazione.

L'accordo, volto all'aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico e idraulico in parola, mira a raggiungere i seguenti obiettivi.

- Obiettivo n. 1: aggiornamento e verifica del quadro conoscitivo della configurazione del terreno tramite il rilievo delle aste fluviali di interesse, e delle relative aree pertinenziali, effettuato con tecniche e strumentazioni adeguate.
- Obiettivo n. 2: verifica ed eventuale aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico delle aree di interesse.
- Obiettivo n. 3: utilizzo di un approccio multiscala e multifisico per la riproduzione del deflusso fluviale considerando anche, nelle aree di foce, l'interazione tra deflusso fluviale e l'idrodinamica costiera (con particolare riferimento al sovrizzo idrico indotto dalla componente meteorologica, dalla componente astronomica e dalla componente indotta dalle onde).

L'area di riferimento è l'Unità di Gestione ITR131 denominata "Regionale Abruzzo" all'interno del Distretto idrografico dell'Appennino centrale così come definito ai sensi della L. 221/2015. In particolare, le attività riguardano il **Fiume Tordino** e il **Fiume Aterno-Pescara**, compreso il suo affluente Sagittario. Per quanto attiene l'Obiettivo n. 1, le analisi si estendono anche al Fiume Vomano.

Questa relazione, in merito all'Obiettivo n.2, mira a descrivere l'approccio metodologico dell'analisi idrologica, i dati di riferimento e i risultati ottenuti per il caso studio del bacino del Fiume Aterno-Pescara.

2. OBIETTIVI

L'obiettivo principale dell'attività consiste nella verifica e aggiornamento del quadro idrologico dei bacini idrografici che ricadono nel territorio della Regione Abruzzo. In particolare, le attività si basano sull'utilizzo delle informazioni pluviografiche e idrometriche aggiornate al 2022.

A tal scopo, la metodologia e gli schemi di calcolo per le simulazioni idrologiche sono stati scelti in base al contesto idrografico esaminato per rappresentare, nel modo più realistico possibile, le caratteristiche di formazione delle onde di piena, anche a partire dall'attuale quadro conoscitivo desumibile dal Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni (PSDA).

Gli scenari idrologici considerati sono definiti in funzione della combinazione tra gli di assegnati tempi di ritorno della pianificazione (20, 50, 100, 200 e 500 anni) e un intervallo di variazione delle durate degli eventi meteorici caratteristico dei bacini indagati al fine di fornire una stima affidabile degli idrogrammi di piena più gravosi per le sezioni significative del reticolo idrografico dei bacini in esame.

Le caratteristiche dei deflussi sono determinate tramite l'applicazione di un modello continuo a parametri distribuiti di trasformazione degli afflussi in deflussi. In particolare, si è utilizzato un modello semi-distribuito per la definizione delle piogge e un modello distribuito (a parametri continui) per la trasformazione degli afflussi in deflussi.

Per la caratterizzazione della distribuzione spazio-temporale degli eventi meteorici critici per ogni sezione significativa sono state utilizzate sia le serie pluviografiche disponibili, sia il dataset EMO (*A high-resolution multi-variable gridded meteorological data set for Europe*) di ricostruzione dell'informazione pluviografica fornito dal Centro di ricerca della Commissione europea (*Joint Research Center, JRC; Goncalo et al., 2020; Thieming et al., 2022*). Le serie pluviografiche sono state utilizzate per la generazione di serie sintetiche di adeguata durata. Tale metodo è in grado di riprodurre i principali indicatori statistici climatici ed estremali desumibili dalle serie osservate in corrispondenza di ognuno dei punti di misura considerato. Le serie sintetiche generate sono state adeguate all'ampiezza effettiva della superficie a cui esse si riferiscono. L'analisi delle serie sintetiche e la contestuale analisi specifica delle informazioni del dataset EMO, con specifico riferimento ai bacini di interesse, hanno permesso la definizione della distribuzione spazio-temporale degli eventi meteorici critici per la successiva analisi numerica della trasformazione degli afflussi in deflussi.

Per la trasformazione degli afflussi in deflussi si è fatto ricorso ad un modello fisicamente basato a parametri distribuiti che permette la definizione delle specifiche condizioni iniziali necessarie ad ottenere stime affidabili. A titolo di esempio, il modello è stato "inizializzato" con l'obiettivo di determinare le condizioni di saturazione e umidità del suolo antecedenti agli eventi critici identificati

nell'ambito dell'analisi pluviografica, ovvero associati a specifiche durate e specifiche probabilità di non superamento (ovvero a specifici tempi di ritorno).

La Figura 1 sintetizza l'approccio metodologico utilizzato.

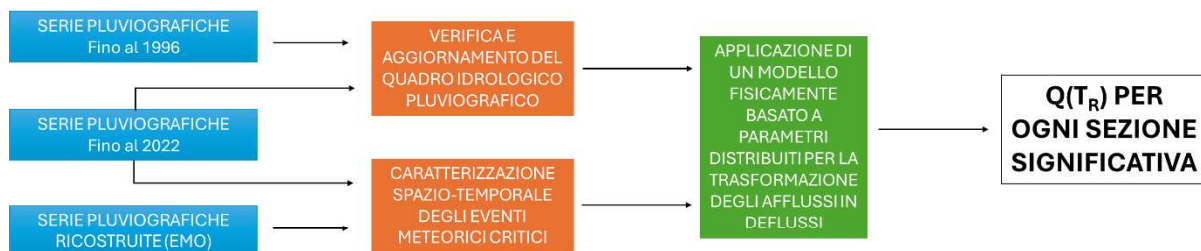


Figura 1: Schema dell'approccio metodologico utilizzato.

Tutto ciò premesso, la presente relazione è organizzata come segue.

Il Capitolo 3 illustra e dettaglia l'approccio metodologico utilizzato.

Il Capitolo 4 descrive l'aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alle informazioni pluviografiche e mareografiche.

Il Capitolo 5 illustra l'applicazione della metodologia al bacino del Fiume Aterno-Pescara.

3. APPROCCIO METODOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GENERALE

L'obiettivo finale dello studio è verificare la caratterizzazione idrologica del bacino di interesse (Tordino). La verifica, come si evince da quanto illustrato nel seguito, ha richiesto il suo aggiornamento.

Per quanto attiene all'analisi pluviografica, la strategia consiste nel mantenere, in generale, lo stesso impianto metodologico del PSDA aggiornando le valutazioni parametriche sulla base delle serie attualmente disponibili.

Dall'altra parte, per quanto attiene la valutazione delle portate, l'aggiornamento ha riguardato anche l'approccio metodologico che si è basato sull'utilizzo di un modello idrologico fisicamente basato a parametri distribuiti.

3.2. PLUVIOMETRIA

3.2.1. IL METODO DELLA REGIONALIZZAZIONE

Il concetto di regionalizzazione adottato dal PSDA è lo stesso che viene utilizzato nel progetto VAPI.

L'obiettivo del progetto VAPI è la stima del valore di una determinata grandezza idrologica per un assegnato tempo di ritorno T , in punti del territorio ovvero in sezioni idrografiche, dove si possono verificare le seguenti situazioni:

- nei siti di interesse è disponibile una serie storica osservata, sufficientemente lunga da permettere la valutazione di alcuni parametri statistici, ma insufficiente a permettere una stima affidabile della grandezza idrologica corrispondente a tempi di ritorno notevolmente più lunghi della durata delle osservazioni;
- nei siti di interesse non sono disponibili osservazioni di durate sufficienti per un'elaborazione statistica affidabile o l'informazione sperimentale è totalmente assente.

Un metodo per ottenere una caratterizzazione statistica affidabile delle grandezze idrologiche d'interesse è costituito dalla regionalizzazione delle informazioni, con l'obiettivo di integrare la limitata o assente informazione temporale con la più ampia informazione spaziale (es. Chow et al., 1988; Maidment, 1993). A tal fine, il Progetto VAPI, fa riferimento al metodo della grandezza indice.

L'idea alla base di tale metodo consiste nell'individuare una regione idrologicamente omogenea nei confronti della variabile idrologica d'interesse, ovvero una regione costituita da un insieme di siti

caratterizzati da una distribuzione di probabilità degli eventi idrologici intensi che si può ritenere unica a meno di un fattore di scala (es. Cunnane, 1989) e che può essere individuata tramite l'analisi di tutti i dati osservati nell'area.

Si indica con x la variabile aleatoria che rappresenta gli eventi estremi (estratti, a titolo di esempio, con il metodo dei massimi a blocchi di durata annuale) di una grandezza idrologica (es. altezza di pioggia di assegnata durata), con probabilità di non superamento $\Phi^*(x)$, ovvero assegnato tempo di ritorno $T = 1/[1 - \Phi^*(x)]$.

L'analisi regionale consiste nell'individuare, in riferimento alla regione omogenea, la funzione di probabilità di non superamento $\Phi(x')$ della variabile casuale $x' = x/\mu$, ottenuta adimensionalizzando la variabile originaria x rispetto ad una grandezza indice μ . La funzione $\Phi(x')$, la sua inversa $x'(\Phi)$, ovvero la sua equivalente relazione $x'(T)$, vengono generalmente indicate, nel campo idrologico, con il termine di curva di crescita.

Definita la curva di crescita $x'(T)$ e una relazione che permette il calcolo della grandezza indice μ , la stima della variabile di assegnato tempo di ritorno risulta esprimibile mediante il prodotto:

$$x(T) = x'(T)\mu \quad (1)$$

nella quale $x(T)$ indica il livello di ritorno della variabile aleatoria x con assegnato tempo di ritorno T .

Il concetto di regionalizzazione consente, in definitiva, di utilizzare l'equazione (1), valutata tramite l'utilizzo dell'insieme delle osservazioni disponibili, a tutti i punti che appartengono all'area omogenea esaminata.

In sintesi, l'analisi regionale, basata sul metodo della grandezza indice, è costituita da due fasi:

1. l'individuazione di zone idrologicamente omogenee nei riguardi della grandezza idrologica d'interesse e la caratterizzazione statistica della relativa curva di crescita;
2. la definizione di relazioni che permettano di valutare la grandezza indice.

Per quanto riguarda la scelta del modello probabilistico da utilizzare per la definizione della curva di crescita, il Progetto VAPI suggerisce di far ricorso alla legge di distribuzione di probabilità a due componenti (TCEV). Tale funzione di distribuzione di probabilità permette di rappresentare statisticamente i valori estremi di una generica variabile idrologica, estratti con il metodo dei massimi a blocchi, significativamente intensi (*outliers*). Tale metodo permette la descrizione di due distinte variabili aleatorie, la prima rappresentativa degli eventi estremi medio-alti e la seconda degli eventi estremi molto rari:

(2)

$$\Phi^*(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{\Theta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(-\frac{x}{\Theta_2} \right) \right]$$

nella quale i parametri con il pedice 1 (Λ_1 e Θ_1) sono riferiti agli eventi estremi medio-alti (componente estrema ordinaria) e quelli con il pedice 2 (Λ_2 e Θ_2) agli eventi estremi molto rari (componente estrema straordinaria).

La relazione dimensionale (2) può essere adimensionalizzata

$$\Phi(x') = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{\mu x'}{\Theta_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\Theta_*} \exp \left(-\frac{\mu x'}{\Theta_1 \Theta_*} \right) \right] \quad (3)$$

nella quale x' è espressa dalla (1) e risultano definiti i seguenti parametri:

$$\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\Theta_*}} \quad ; \quad \Theta_* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \quad (4)$$

E' noto che i parametri espressi dalla (4) sono influenzati unicamente dal coefficiente di asimmetria della funzione di distribuzione della probabilità e, pertanto, sono definiti per le cosiddette “zone omogenee” (primo livello di regionalizzazione). Analogamente, i parametri Λ_1 e Θ_1 risultano omogenee nelle cosiddette “sottozone omogenee” (incluse nelle zone omogenee) in cui anche il coefficiente di variazione della funzione di distribuzione della probabilità non varia significativamente (secondo livello di regionalizzazione).

L'eventuale necessità di aggiornamento riguardo al primo e secondo livello di regionalizzazione è stata evidenziata tramite l'applicazione del test non parametrico di Kolmogorov-Smirnov. Per ognuna delle serie pluviografiche disponibili all'epoca di redazione del PSDA, il test statistico è stato applicato confrontando il campione adimensionalizzato disponibile fino al 1996 (x'_{PSDA}) con il campione attualmente disponibile fino al 2022 (x'_A). Come illustrato nei capitoli seguenti, il test è stato superato per la totalità delle serie considerate. Come atteso, tale aspetto evidenzia che il primo e il secondo livello di regionalizzazione continuano a essere validi e che non è necessario un aggiornamento.

Per quanto riguarda invece la grandezza indice μ , essa è determinata nelle cosiddette “aree omogenee” (terzo livello di regionalizzazione) e può essere rappresentata dalla media dei valori massimi annuali (es.

Cunnane, 1989). In fase applicativa, la stima di μ è ottenuta tramite l'analisi spaziale delle medie campionarie desunte dalle osservazioni.

Poiché sono attualmente disponibili i massimi annuali dell'altezza di pioggia per assegnate durate fino a 24 ore, per la stima della precipitazione indice si è deciso di ricorrere al tracciamento delle isolinee.

In particolare, ricordando che la precipitazione indice m_d relativa alla durata d può essere espressa come:

$$m_d = m_1 d^n \quad (5)$$

dove:

$$n = \frac{\ln(m_{24}) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (6)$$

con m_1 : media dei massimi annuali della pioggia di 1 ora e m_{24} : media dei massimi annuali della pioggia di 24 ore, è possibile tramite la costruzione di due mappe georeferenziate calcolare la pioggia indice relativa alla generica durata di interesse in un qualunque punto dell'area di indagine.

Nello specifico, per la costruzione delle mappe di cui sopra, sono state eseguite le seguenti elaborazioni:

1. sulla base del valore della media m_1 ricavato alle stazioni pluviografiche (ovvero le stazioni dotate sia di dati a livello orario sia di dati a livello giornaliero) con almeno 15 valori massimi annui si sono costruite le isolinee. Le isolinee sono state ottenute mediante la tecnica di interpolazione stocastica del kriging nell'ipotesi di variogramma lineare;
2. il valore dell'esponente n è stato calcolato, alle stazioni pluviografiche con almeno 15 valori massimi annui, tramite l'applicazione dell'eq. (6) e successivamente si è quindi effettuata la mappatura dell'esponente sull'area di studio.

Combinando i valori di m_1 e di n deducibili dalle mappe è in definitiva possibile applicare l'equazione (5) in un qualunque punto dell'area e ricavare la precipitazione indice per la durata di interesse, che rappresenta la media delle osservazioni.

Come diffusamente descritto nei capitoli seguenti, il terzo livello di regionalizzazione ottenuto con le serie pluviografiche attualmente disponibili ha alcuni elementi di differenza rispetto a quanto ottenuto all'epoca di redazione del PSDA.

3.2.2. COSTRUZIONE DELLE MAPPE GEOREFERENZIATE PER LA STIMA DELLE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE $H_{d,T}$ PER I CINQUE TEMPI DI RITORNO DI INTERESSE

Per consentire la stima della precipitazione $h_{d,T}$ di durata d (1-24 ore) e tempo di ritorno $T = 20, 50, 100, 200$ e 500 anni, in un qualunque punto dell'area in esame sono stati calcolati, per ciascuno dei cinque tempi di ritorno, i due parametri $h_{1,T}$ e $n(T)$ che definiscono la curva di possibilità pluviometrica:

$$h_{d,T} = h_{1,T} d^{n(T)} \quad (7)$$

Per la costruzione delle mappe si rende necessaria la valutazione dei coefficienti $h_{1,T}$ e $n(T)$, effettuata con la seguente modalità:

1. valutazione della pioggia indice m_d , $d=1, 3, 6, 12$ e 24 ore, direttamente dai dati sperimentali nelle stazioni pluviografiche;
2. individuazione per ciascuna stazione e per ciascuna durata dell'opportuna curva di crescita, diversa in base alla Zona geografica di appartenenza, Costiera ed Appenninica, e, all'interno della Zona Appenninica, in considerazione della durata in esame;
3. calcolo, assegnata la durata d pari a 1 ora ed il valore di T , della precipitazione $h_{d,T}$, mediante l'applicazione dell'equazione (1), moltiplicando cioè la pioggia indice per il fattore di crescita corrispondente al tempo di ritorno T in esame; tale operazione, ripetuta per i 5 tempi di ritorno di interesse, fornisce direttamente i valori di $h_{1,T}$ necessari per l'utilizzo dell'equazione (7);
4. calcolo, assegnata la durata d compresa tra 1 ora e 24 ore ed il valore di T , della precipitazione $h_{d,T}$, mediante l'applicazione dell'equazione (1) e stima, mediante una minimizzazione ai minimi quadrati, del coefficiente $n(T)$ dell'equazione (7) per i tempi di ritorno T esaminati.

Estraendo dalle mappe così definite, per lo specifico tempo di ritorno T di interesse, il valore di $h_{1,T}$ e di $n(T)$ risulta pertanto immediata l'applicazione dell'equazione (7) ed il calcolo della precipitazione di generica durata $h_{d,T}$.

Anche in questo caso, come diffusamente descritto nei capitoli seguenti, il terzo livello di regionalizzazione definito sulla base delle serie pluviografiche attualmente disponibili ha alcuni elementi di differenza rispetto a quanto ottenuto all'epoca di redazione del PSDA.

3.2.3. CARATTERIZZAZIONE SPAZIO-TEMPORALE DEGLI EVENTI CRITICI

Per la definizione della distribuzione spazio-temporale degli specifici eventi di pioggia critici necessari alla stima delle portate, correlati ad una specifica durata e ad una specifica probabilità di non superamento, è necessario valutare le caratteristiche statistiche delle serie pluviografiche. Tale caratterizzazione si è basata sull'analisi diretta del dataset EMO e sull'analisi di serie sintetiche.

La procedura di sintesi deve essere in grado di riprodurre i principali indicatori statistici climatici ed estremali (es. media, varianza, covarianza, distribuzione di probabilità, valori estremi, correlazione temporale e spaziale, etc...) desumibili dalle osservazioni disponibili. La modellazione stocastica delle serie temporali di precipitazioni è stata un argomento attivo di ricerca nell'idrologia per molti anni. Tra i metodi più utilizzati si annovera quello denominato "*Neyman-Scott Rectangular Pulse*" (Cox e Isham, 1998; Cowpertwait, 1995; Leonard et al., 2008; Cowpertwait et al., 2013, nel seguito indicato semplicemente come metodo NSRP), in grado di riprodurre correttamente (da un punto di vista statistico) le caratteristiche degli eventi meteorici su diverse scale temporali, comprese quelle relative agli eventi estremi. Esso ha una struttura flessibile in cui i parametri del modello si riferiscono in generale alle caratteristiche fisiche di base osservate nei campi di precipitazioni, ad esempio le celle

convettive di pioggia. Tale modello è capace di preservare le proprietà statistiche delle serie temporali di precipitazione. Il metodo NSRP può essere applicato anche per la determinazione della distribuzione spaziale degli eventi (*Spatio-Temporal Neyman-Scott Rectangular Pulse*, nel seguito indicato semplicemente come metodo STNSRP).

Il metodo si fonda sull'ipotesi che il processo sia poissoniano. In questo modo, l'intervallo temporale tra l'inizio di due eventi consecutivi e indipendenti è quantificato da un parametro statistico (pari alla frequenza λ). Ogni evento meteorico è descrivibile, pertanto, come un processo aleatorio caratterizzato dalla posizione del centro della cella di pioggia e del suo raggio caratteristico, dall'istante di inizio dell'evento, dalla durata dell'evento, dall'intensità dell'evento. Tali caratteristiche sono determinabili statisticamente sulla base dell'analisi delle serie pluviografiche osservate. Infatti, l'intensità è determinabile ipotizzando che essa sia estratta da una popolazione descritta da una funzione di distribuzione di Weibull. D'altra parte, il numero di celle di pioggia che si sovrappongono in corrispondenza di un punto specifico è descrivibile come un processo di Poisson con valor medio noto (dalle osservazioni). La stima dei parametri statistici desunti dalle serie osservate può essere effettuata su base mensile con l'obiettivo di rappresentare anche la stagionalità degli eventi in termini di distribuzione spazio-temporale.

Nel dettaglio, si consideri una regione (o un bacino) di area A nel piano orizzontale Oxy . Si assume che il tempo di arrivo di origine dello specifico evento meteorico sia inquadrabile nell'ambito di un processo di Poisson con il tempo di arrivo uguale per ogni punto nel piano Oxy (ovvero si applica il metodo NSRP). Fisicamente, l'arrivo dell'origine di una cella di pioggia in un bacino implica che siano state raggiunte le condizioni fisiche per le precipitazioni. Tuttavia, la precipitazione si verifica solo nei punti in corrispondenza dei quali sono presenti le celle di pioggia. Le posizioni spaziali dei centri dei dischi sono anch'esse inquadrare nell'ambito di un processo di Poisson, ovvero che il numero di celle di pioggia che si verifica nella regione (A) sia una realizzazione di una variabile casuale di Poisson con media assegnata. Ogni cella è casualmente classificata di tipo da 1 a n , con probabilità α_i che la cella sia di tipo i ($i=1,...,n$). Il processo spaziale dei centri dei dischi è quindi equivalente alla sovrapposizione di n processi indipendenti di Poisson con intensità nota. Il raggio della cella di pioggia (di tipo " i ") è una variabile casuale esponenziale indipendente con parametro noto (e dipendente dalla classificazione " i "). L'intensità della cella di pioggia (di tipo " i ") è una variabile casuale indipendente e rimane costante nell'area del disco e per la durata dell'evento (e dipendente dalla classificazione " i "); la durata è una variabile casuale esponenziale indipendente con parametro noto. Se t è il tempo di arrivo dell'origine dell'evento e s ($>t$) è il tempo d'inizio per una cella di pioggia generata dall'origine, allora $s-t$ è una variabile casuale esponenziale indipendente con parametro β , in modo tale che il tempo di arrivo di una cella di pioggia segua un processo Neyman-Scott. L'intensità totale di pioggia in un arbitrario istante t e punto m è la sommatoria delle intensità di tutte le celle di pioggia attive al tempo t che si trovino in corrispondenza del punto considerato.

Da un punto di vista operativo, il metodo NSRP si basa sulla stima di cinque parametri effettuata sulla base delle serie osservate: il parametro del processo di Poisson relativo alla frequenza degli eventi meteorici; il numero casuale di eventi generato dall'inizio di ogni evento; il parametro della distribuzione

(esponenziale) del numero di eventi a partire dall'inizio di ogni evento; il parametro della distribuzione (esponenziale) dell'intensità di ogni impulso di pioggia rettangolare (ovvero con intensità costante); il parametro della distribuzione (esponenziale) della durata di ogni impulso di pioggia rettangolare. L'estensione alla distribuzione spaziale (STNSRP) si basa sulla stima di ulteriori due parametri: il numero casuale di celle di pioggia che si verificano nell'area considerata; il parametro della distribuzione (esponenziale) del raggio della cella di pioggia.

3.3. TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI IN DEFLUSSI

In linea generale, l'afflusso (rappresentato da un evento meteorico) viene trasformato in deflusso nel reticolo idrografico (rappresentato da una portata defluente) in funzione delle caratteristiche del bacino idrografico. L'afflusso meteorico è, pertanto, fisicamente trasformato in deflusso nel reticolo idrografico a causa di una serie di processi fisici (es. evapotraspirazione, infiltrazione, flussi sotterranei, etc..) in funzione delle caratteristiche del bacino idrografico, in particolare delle sue caratteristiche morfologiche, morfometriche e di uso del suolo (incluse le caratteristiche del suolo e la copertura vegetale). In analogia, se ci si riferisce alle reti di smaltimento delle acque urbane, il bacino idrografico è sostituito (concettualmente) dalle aree urbane drenate. Sono diversi i metodi, con diversa complessità, che possono essere applicati per la stima del deflusso a partire dall'afflusso. Poiché i processi idrologici risultano complessi e le informazioni necessarie a caratterizzarli sono spesso non noti nella realtà pratica, la modellazione idrologica della trasformazione degli afflussi in deflussi è spesso effettuata tramite la definizione di sistemi concettuali, costituiti da componenti (es. precipitazioni meteoriche, processi di evaporazione, deflusso, etc..) che interagiscono. In linea generale, il bacino può considerarsi come un operatore che trasforma gli afflussi (l'evento meteorico) in deflussi (l'idrogramma). Pertanto, per la stima della portata idrica attraverso l'analisi della trasformazione degli afflussi nei deflussi è disponibile in letteratura un numero cospicuo di modelli idrologici (e.g. Bras, 1990; Shaw, 1994; Moisélo, 1999; Ven te Chow et al., 2013). In generale, tali modelli permettono di conoscere il valore massimo della portata, ovvero della sua variazione temporale, partendo dalla caratterizzazione dei bacini idrografici. Il valore della portata massima (valore della portata al colmo dell'evento di piena), ovvero la variazione temporale della portata (idrogramma), può essere determinato adottando differenti procedure, utilizzando metodi di stima più o meno semplificati. A tal proposito, è possibile distinguere i modelli che rappresentano le caratteristiche locali ed eterogenee dei bacini (modelli a parametri distribuiti) per cui il territorio è diviso in una serie di "celle" di caratteristiche note e omogenee (es. stesso uso del suolo, stessa pedologia, etc..) da quelli che schematizzano le caratteristiche medie dei bacini idrografici (modelli a parametri concentrati).

Nel seguito, si descrive il modello idrologico utilizzato nell'ambito delle attività, del tipo a parametri distribuiti. Il modello, denominato LISFLOOD, è sviluppato dal Centro di ricerca della Commissione europea (*Joint Research Center, JRC*). Grazie alla sua struttura modulare ha trovato ampia applicazione nel panorama europeo. Le applicazioni più importanti, in particolare, sono quelle del Sistema Europeo di Consapevolezza sulle Inondazioni (*European Flood Awareness System, EFAS*) e del Sistema Globale di Consapevolezza sulle Inondazioni (*Global Flood Awareness System, GloFAS*) nell'ambito del Sistema di Gestione delle Emergenze Copernicus (*Copernicus Emergency Management Service, EMS*).

LISFLOOD è un modello fisicamente basato che simula l'intero ciclo idrologico. Il modello è in grado di riprodurre il fenomeno a diverse scale spaziali e temporali. Esso, in particolare, è in grado di riprodurre l'effetto idrologico combinato degli eventi meteorologici e dei cambiamenti climatici, dell'uso del suolo, dei cambiamenti socio-economici sulla richiesta d'acqua e inoltre tiene in conto anche delle misure attuate per il risparmio d'acqua o per il controllo delle piene. Più nel dettaglio, LISFLOOD è un modello a parametri distribuiti, basato su griglia regolare, relativo alla trasformazione afflussi-deflussi e alla propagazione degli idrogrammi di piena.

Il modello può essere utilizzato con una risoluzione temporale giornaliera per simulare il bilancio idrologico a lungo termine dei bacini idrografici (es. grado di saturazione del suolo). Intervalli più brevi (es. orari) sono utilizzabili per la modellazione di singoli eventi di piena. Le diverse scale temporali possono essere comunque combinati per definire le condizioni di saturazione e umidità del suolo antecedenti ad eventi specifici, associati a specifiche probabilità di non superamento (ovvero a specifici tempi di ritorno): le variabili di stato determinate tramite una simulazione a lungo termine (con risoluzione temporale tipicamente giornaliera) possono essere utilizzate per definire le condizioni iniziali necessarie alla riproduzione di un evento di piena (con risoluzione temporale tipicamente oraria).

Il modello è stato sviluppato specificatamente per la simulazione di bacini idrografici di grande scala, per cui processi fisici che avvengono alla piccola scala sono descritti attraverso (una serie di) modelli semplificati. Pertanto, la risoluzione spaziale maggiormente indicata per la sua applicazione è dell'ordine di $1 \div 5$ km.

LISFLOOD si compone di diversi moduli finalizzati a valutare diversi processi fisici e strategie di gestione della risorsa idrica che caratterizzano e influenzano il fenomeno di trasformazione degli afflussi in deflussi:

- evapotraspirazione potenziale ed effettiva;
- effetto della copertura nevosa e dello scioglimento delle nevi;
- bilancio idrologico basato sulla riproduzione del suolo discretizzato in tre strati;
- flusso delle acque sotterranee;
- deflusso nel reticolo idrografico;
- richiesta della risorsa idrica per fini irrigui;
- emungimento e consumo di acque confinate.

In particolare, i processi che sono simulati nel modello includono lo scioglimento della neve, l'infiltrazione, l'intercettazione della pioggia, il drenaggio fogliare, l'evaporazione e le perdite idrologiche dovute alla presenza della vegetazione, il deflusso superficiale, l'infiltrazione preferenziale (bypass dello strato di suolo), lo scambio dell'umidità del suolo tra gli strati del suolo, il drenaggio in falda, il flusso delle acque di falda e di quelle sotterranee, il deflusso nel reticolo idrografico. Lo scambio di umidità verso l'alto tra gli strati di suolo e la risalita capillare non sono simulati, così come non è descritto l'effetto della presenza della falda profonda.

In Figura 2 è mostrata una rappresentazione schematica del modello utilizzato, che riporta i principali parametri:

- P = precipitazione;
- Int = intercettazione;
- EW_{int} = evaporazione dell'acqua intercettata;
- D_{int} = drenaggio fogliare;
- ES_a = evaporazione dalla superficie del suolo;
- T_a = traspirazione (riconducibile alla presenza delle radici della vegetazione);
- INF_{act} = infiltrazione;
- R_s = deflusso superficiale;
- $D_{1,2}$ = drenaggio dallo strato superiore a quello inferiore di suolo;
- $D_{2,gw}$ = drenaggio dallo strato inferiore di suolo alla zona superiore di falda;
- $D_{pref,gw}$ = flusso preferenziale alla zona superiore di falda;
- $D_{uz,lz}$ = drenaggio dalla zona superiore di falda a quella inferiore;
- Q_{uz} = flusso in uscita dalla zona superiore di falda;
- Q_l = flusso in uscita dalla zona inferiore di falda;
- D_{loss} = perdita dalla zona inferiore di falda.

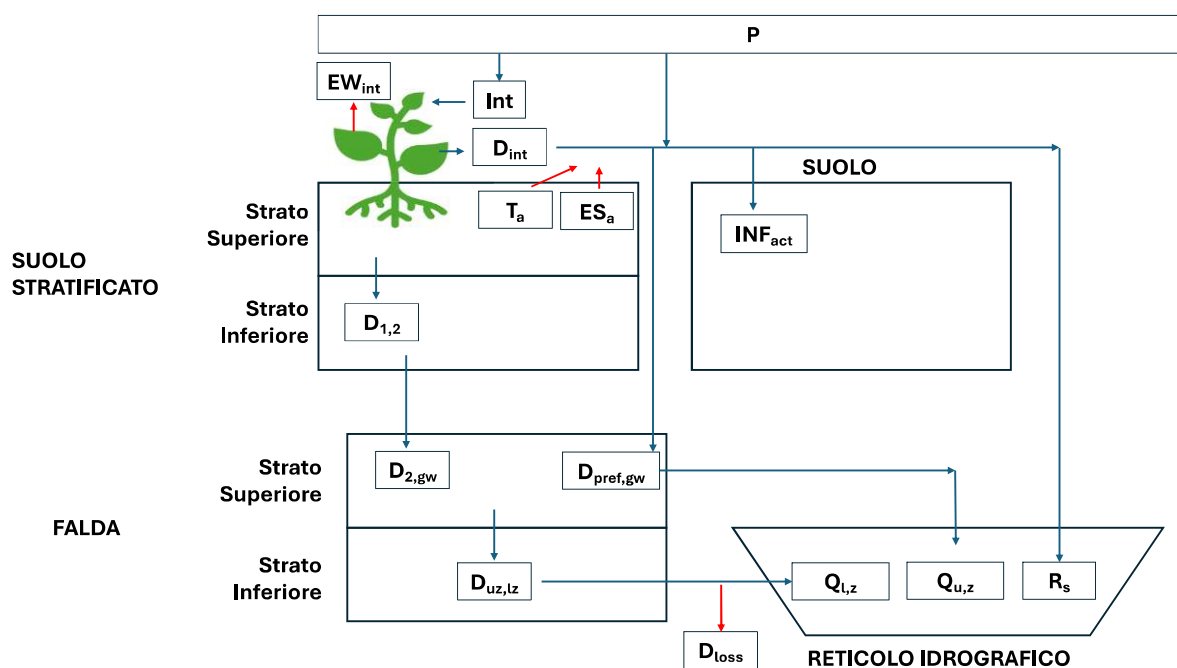


Figura 2: Panoramica del modello idrologico.

Lo scioglimento della neve non è incluso nella figura anche se è simulato nel modello.

Per i dettagli del modello, il lettore può fare diretto riferimento a Van Der Knijff et al. (2010).

La complessità del modello corrisponde alla necessità di avere contezza di una mole piuttosto grande di informazioni (tale aspetto viene meglio enucleato nel seguente capitolo).

In particolare, il modello necessita delle informazioni spazio-temporali di precipitazione e di molte altre variabili meteorologiche con l'obiettivo di riprodurre il deflusso della risorsa idrica tenendo in conto di accumuli temporanei, della richiesta e del consumo d'acqua per la crescita della vegetazione naturale, dell'agricoltura pluviale, dell'agricoltura irrigua, dell'industria manifatturiera, della produzione di energia, dello stoccaggio e del consumo idrico per fini pubblici. La restante parte di acqua è quindi quella convogliata attraverso il reticolo idrografico sino al raggiungimento del mezzo recettore.

Ancora più nel dettaglio, il modello richiede la definizione delle informazioni elencate nel seguito.

- Topografia:
 - mappa delle direzioni di drenaggio del reticolo idrografico;
 - mappa delle pendenze;
 - mappa dell'elevazione del terreno.
- Uso del suolo:
 - mappa delle classi di uso del suolo;
 - mappa della frazione di copertura boschiva per ogni cella della griglia di calcolo;
 - mappa della frazione urbana per ogni cella della griglia di calcolo;
 - mappe relative a:
 - ✓ coefficiente di coltura per ogni classe di uso del suolo;
 - ✓ numero del gruppo di colture per ogni classe di uso del suolo;
 - ✓ profondità di radicazione per ogni classe di uso del suolo;
 - ✓ coefficiente di scabrezza di Manning per ogni classe di uso del suolo.
- Richiesta d'acqua da vari settori economici:
 - frazione di area irrigata;
 - frazione di irrigazione del risone;
 - richiesta d'acqua giornaliera per l'industria manifatturiera;
 - richiesta d'acqua giornaliera per la produzione di energia;
 - richiesta d'acqua giornaliera per il bisogno pubblico;
 - richiesta d'acqua giornaliera per gli allevamenti;

- minimo flusso richiesto per scopi ecologici
 - mappa delle regioni idriche
- Suolo:
 - mappa degli strati di suolo
 - mappa delle profondità del terreno
- Geometria dei canali
- Variabili meteorologiche:
 - precipitazione
 - temperatura media giornaliera
 - potenziale giornaliero di evaporazione
- Indice di area fogliare

Si rimanda al seguente capitolo per la definizione operativa dell'insieme delle informazioni necessarie.

Il principale risultato dell'applicazione del modello è la portata nel reticolo idrografico in ogni punto di calcolo tenendo in conto della sua effettiva caratteristica dimensionale (ovvero il reticolo idrografico è descritto con una risoluzione spaziale diversa rispetto a quella della componente idrologica).

Tuttavia, il modello può essere utilizzato anche per conoscere tutte le variabili di stato del sistema idrologico riprodotto. Tale aspetto è particolarmente importante per la definizione delle condizioni iniziali necessarie alla riproduzione degli idrogrammi relativi ad eventi estremi.

Si sottolinea che l'affidabilità dei risultati del modello dipende, come ovvio, dall'affidabilità della scelta dei (numerosi) parametri necessari al suo utilizzo. A tal fine, il modello è stato oggetto di una specifica analisi di sensibilità che ha permesso di identificare i valori dei parametri che, per la loro influenza sui risultati ottenuti, devono essere valutati sulla base di un processo di calibrazione basata sull'utilizzo delle informazioni (pluviografiche e idrometriche) disponibili.

Il modello idrologico utilizzato richiede un'inizializzazione per la corretta definizione della portata media di percolazione tra la zona superiore e quella inferiore di falda.

Successivamente alla fase di inizializzazione, il modello è stato utilizzato per riprodurre la serie temporale degli idrogrammi a lungo termine per il periodo 2001-2020 (ovvero su un orizzonte temporale pari a 20 anni) con una discretizzazione temporale pari a 1 ora. Tale simulazione è finalizzata alla calibrazione dei parametri e per definire la condizione iniziale da utilizzare per la stima degli idrogrammi associati ai tempi di ritorno assegnati.

A mero titolo di esempio, la Figura 3 mostra il risultato ottenuto per quanto riguarda l'idrogramma stimato tramite una delle simulazioni a lungo termine. I risultati, in particolare, si riferiscono a parte dell'anno 2020.

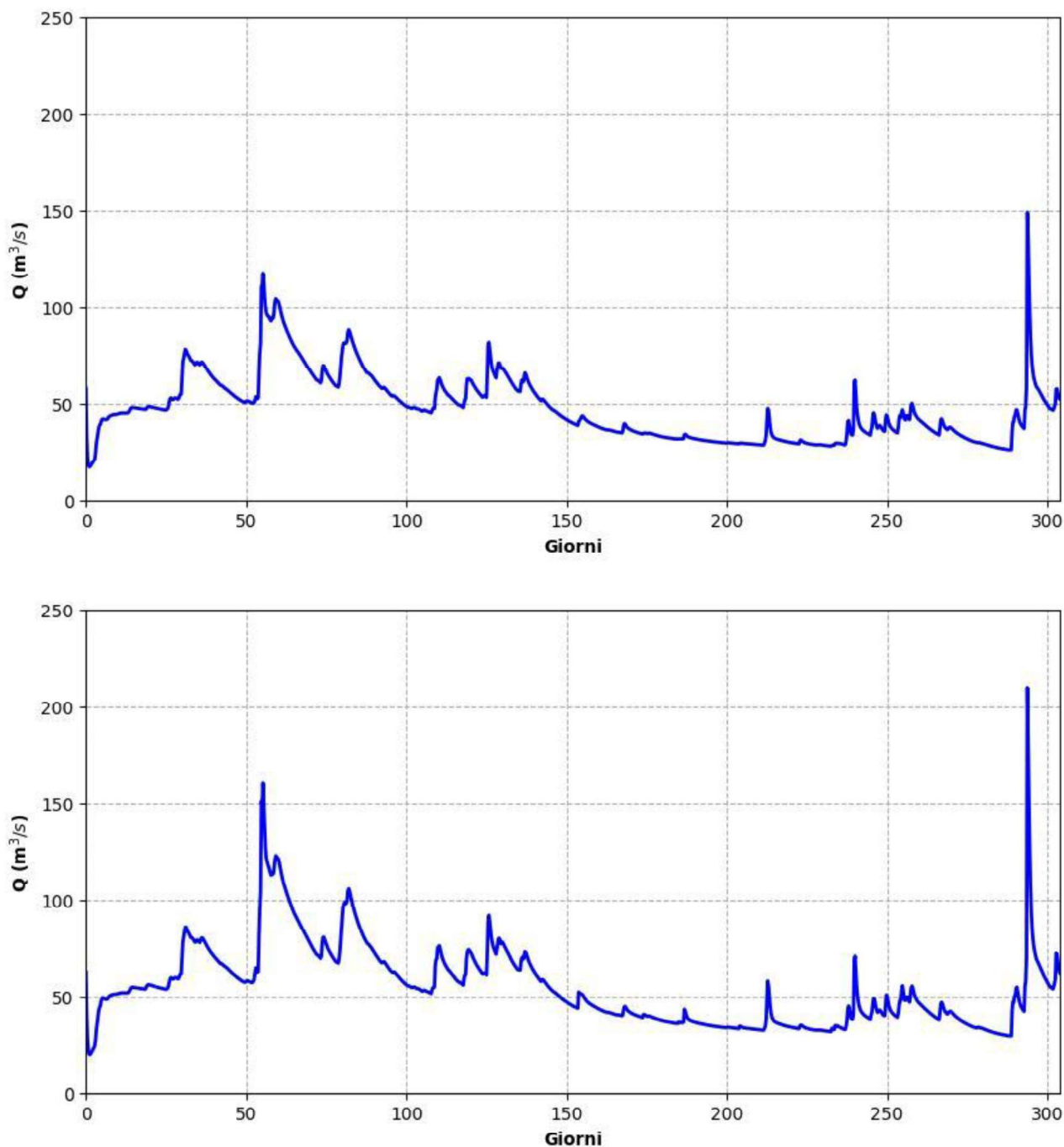


Figura 3: Tipico esempio di idrogramma a lungo termine non calibrato ottenuto tramite l'applicazione del modello idrologico LISFLOOD. Dall'alto verso il basso, gli idrogrammi si procede verso valle.

Per la calibrazione del modello LISFLOOD sono stati presi in considerazione 13 parametri, riportati in Tabella 1. La tabella riporta, inoltre, i rispettivi intervalli di validità.

Tabella 1: Parametri del modello idrologico utilizzato. Le righe ombreggiate si riferiscono ai parametri utilizzati per la calibrazione del modello.

Parametro	Descrizione	Min	Max	Predefinita
UpperTimeZoneConstant	Costante di tempo per la zona superiore di falda [giorni]	0.01	40	10
LowerTimeZoneConstant	Costante di tempo per la zona inferiore di falda [giorni]	40	10000	100
GwPercValue	Tasso massimo di percolazione dalla zona superiore a quella inferiore di falda [mm/giorni]	0.01	2	0.8
GwLoss	Tasso massimo di perdita al di fuori della zona inferiore di falda espresso come frazione del deflusso della zona inferiore [-]	0	0.5	0
b_Xinanjia	Esponente nell'equazione di Xinanjia per la capacità di infiltrazione del suolo [-]	0.01	5	0.5
PowerPrefFlow	Esponente nella funzione empirica che descrive il flusso preferenziale [-]	0.01	8	4
CalChanMan	Moltiplicatore per il coefficiente di Manning n per il letto del fiume [-]	0.5	5	2
CalChanMan2	Moltiplicatore per il coefficiente di Manning n per le pianure alluvionali [-]	0.5	5	3
SnowMeltCoef	Tasso di scioglimento della neve in gradi giorno nell'equazione del modello [mm/(°C giorno)]	2.5	6.5	4
LakeMultiplier	Moltiplicatore per regolare il deflusso dei laghi [-]	0.2	2	1
Adjust_Normal_Flood	Moltiplicatore per regolare il riempimento normale dei serbatoi [-]	0.01	0.9	0.8
ReservoirRnormqMult	Moltiplicatore per regolare il normale deflusso dei serbatoi [-]	0.25	2	1
LZThreshold	Valore limite per fermare il deflusso dalla zona inferiore di falda al canale [mm]	0	30	10

Per verificare l'influenza dei parametri sui risultati della simulazione (portata, m^3/s) è stata effettuata un'approfondita analisi di sensitività per l'intervallo temporale 2001-2020. In particolare, è stata effettuata una prima simulazione di riferimento utilizzando i valori predefiniti dei parametri. Successivamente, è stata effettuata una serie di simulazioni volta a stimare l'influenza dei singoli parametri. Pertanto, ogni parametro è stato incrementato singolarmente fino al valore massimo lasciando gli altri al valore predefinito. L'analisi dei risultati è consistita nel confronto quantitativo dei risultati ottenuti rispetto a quelli della simulazione di riferimento.

La Figura 4 mostra i diagrammi a dispersione dei risultati ottenuti. È possibile notare come la maggior influenza si abbia per l'esponente nell'equazione di Xinanjia per la capacità di infiltrazione del suolo

(b_Xinanjiang in Tabella 1) e per l'esponente nella funzione empirica che descrive il flusso preferenziale (PowerPrefFlow in Tabella 1). Tali risultati, consistenti con quelli disponibili in letteratura (Zajac et al., 2013), hanno suggerito di selezionare tali parametri come coefficienti di calibrazione (corrispondenti alle righe ombreggiate in Tabella 1).

La Figura 7 mostra, nel dettaglio, l'influenza della scelta dei valori dei due parametri in relazione di una delle sezioni significative utilizzate per l'analisi del bacino dell'Aterno-Pescara.

Il modello, pertanto, è stato calibrato per i casi studio del Tordino e dell'Aterno-Pescara utilizzando, in particolare, le informazioni disponibili per l'evento avvenuto nel Novembre 2017. Si sottolinea che questo documento riporta i risultati riferiti esclusivamente al caso studio del bacino del Tordino.

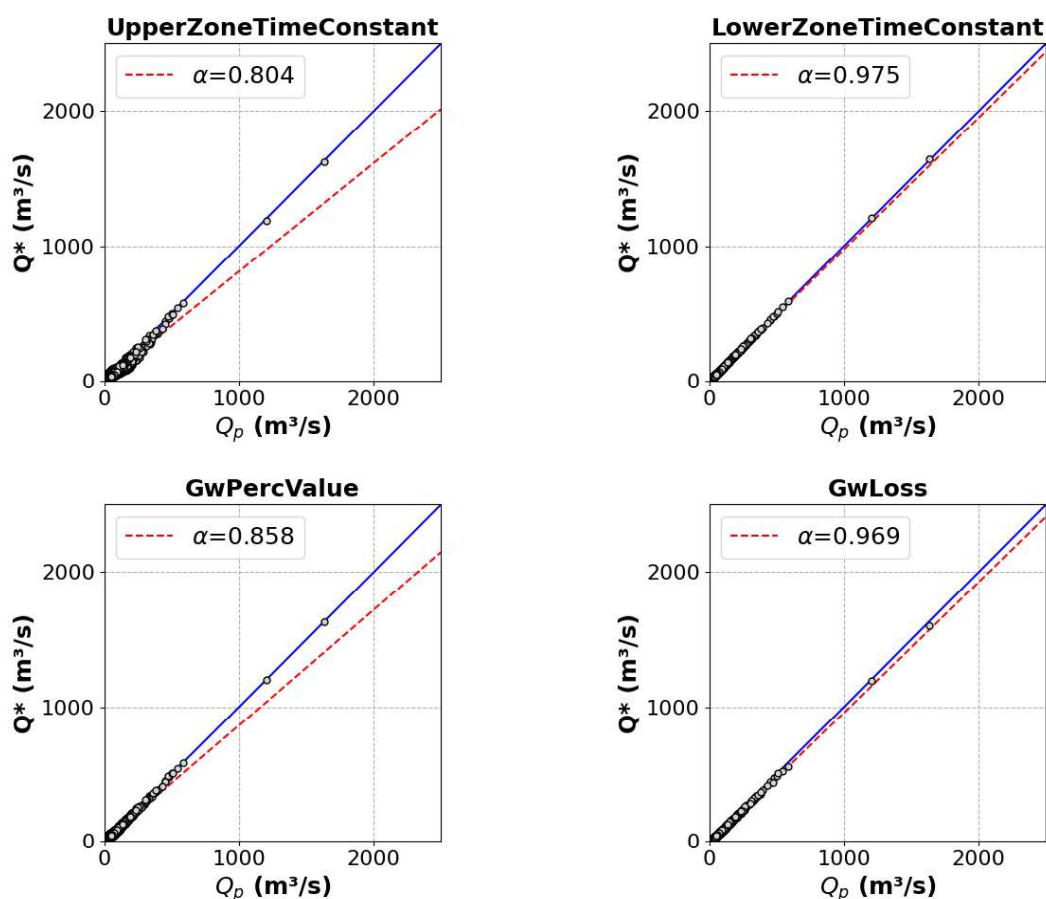


Figura 4: Diagrammi a dispersione dell'analisi di sensibilità. Il parametro α indica la pendenza della retta che meglio approssima le coppie delle stime della portata (linea tratteggiata in ogni grafico). La stima Q_p rappresenta il valore della portata ottenuta con il valore predefinito di tutti i parametri. La stima Q^* rappresenta il valore della portata ottenuta con il valore del parametro che massimizza la portata.

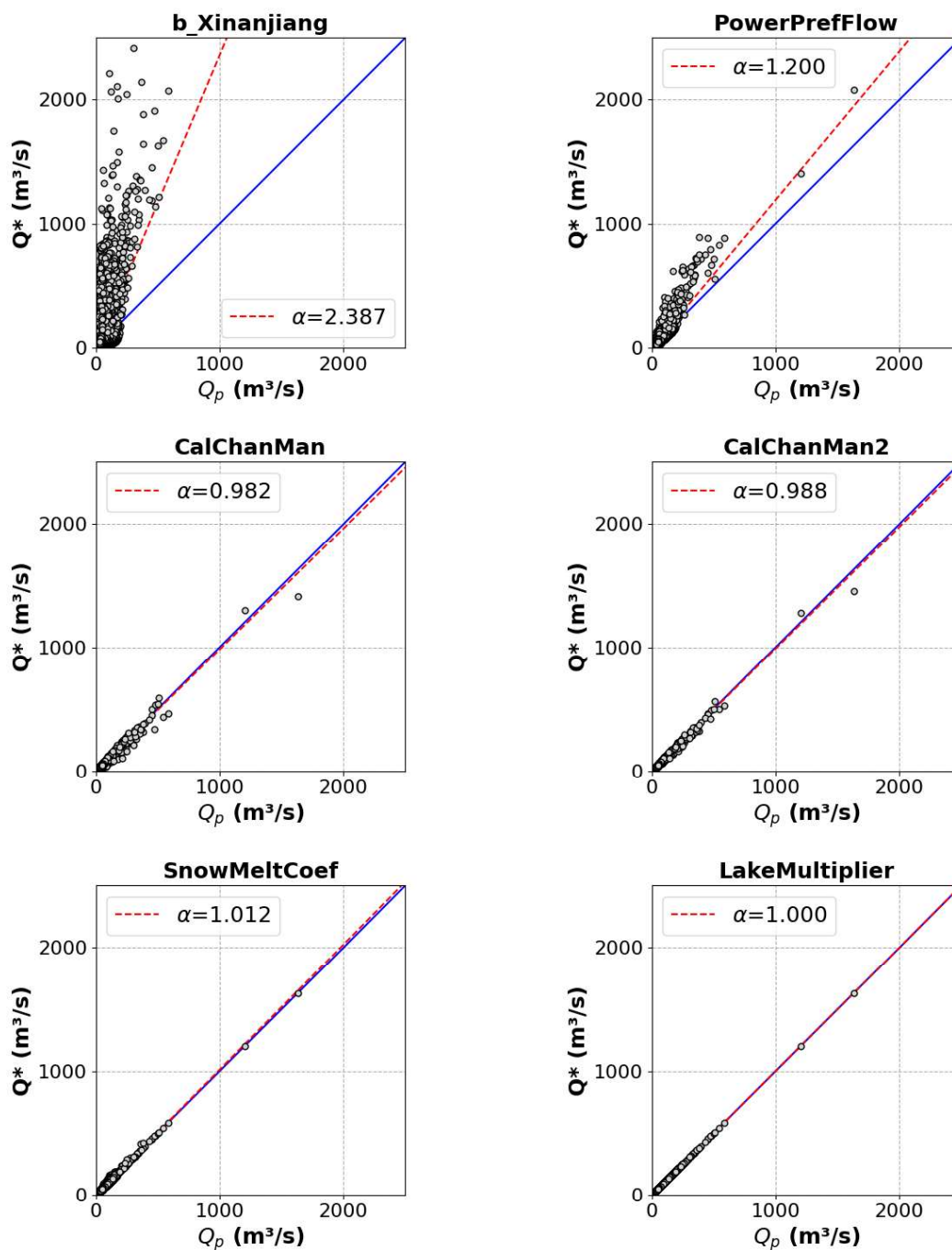


Figura 5: Continua da figura precedente.

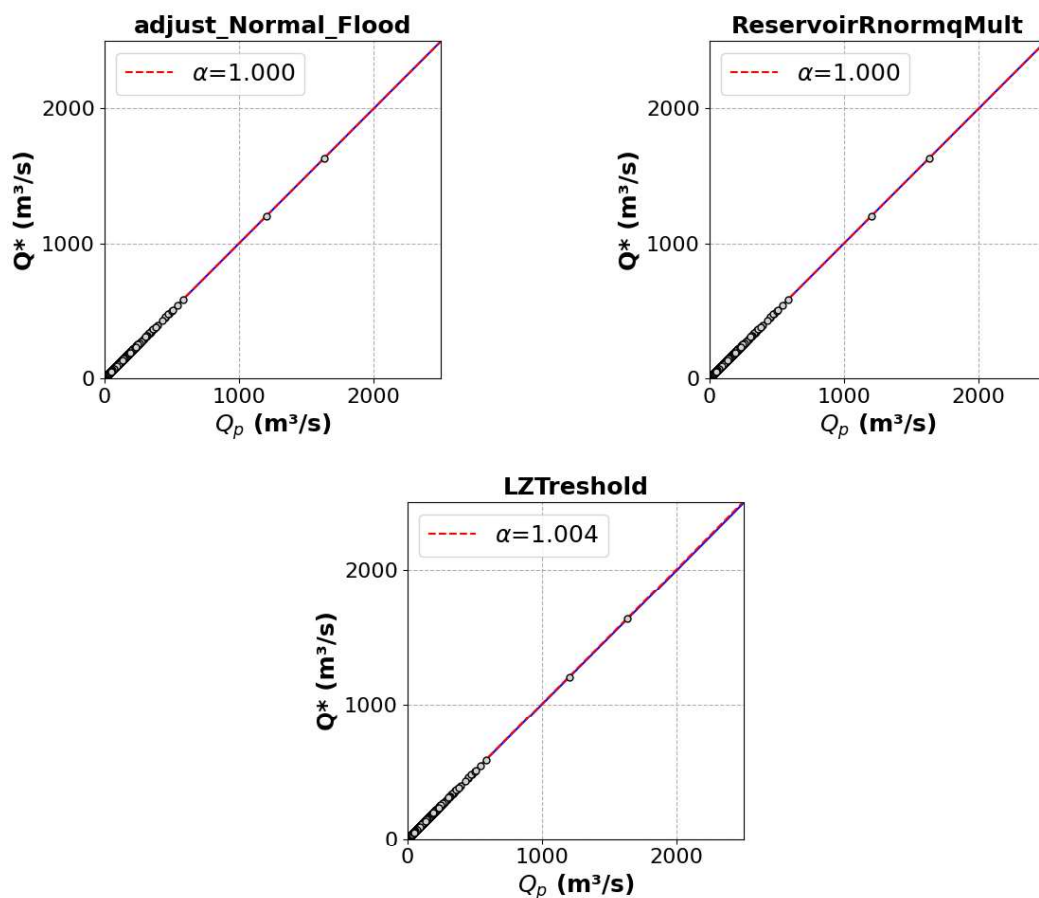


Figura 6: Continua da figura precedente.

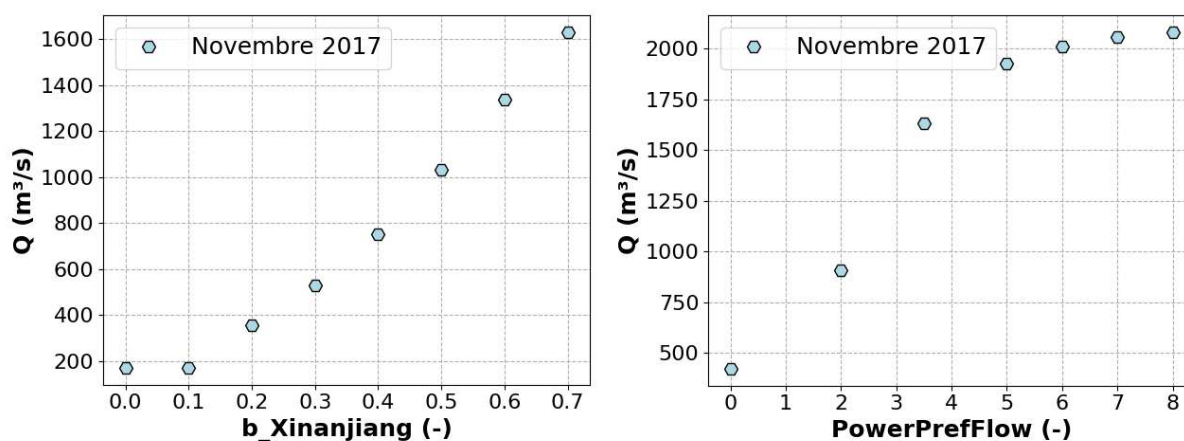


Figura 7: Influenza dei valori dei parametri $b_{Xinanjiang}$ e $PowerPrefFlow$ in relazione a una delle sezioni significative utilizzate per l'analisi del bacino dell'Aterno-Pescara

3.4. MAREOGRAFIA

Nelle zone di foce, il deflusso dei corsi d'acqua è influenzato anche dal livello del mare poiché l'idrodinamica del deflusso fluviale è influenzata dalla condizione al contorno di valle.

Il valore di livello da assegnare alla zona di foce, e quindi di fondamentale importanza per caratterizzare correttamente la condizione al contorno nelle simulazioni numeriche.

Il livello del mare può essere considerato come la sovrapposizione di tre componenti: la marea astronomica (componente armonica), il residuo meteorologico (noto anche come residuo o con il termine anglofono *storm surge*) e il livello medio del mare.

La metodologia adottata per lo studio del livello del mare è stato quello di caratterizzare statisticamente sia la componente armonica che quella meteorologica.

La componente astronomica è di natura deterministica, è nota in qualsiasi punto del globo e dipende fondamentalmente dalla mutua interazione tra Sole, Terra e Luna e può essere calcolata con estrema precisione in ogni parte del globo. Tale componente può essere ricavata dal segnale misurato nel mareografo applicando la tecnica standard dell'analisi armonica (Pawlowicz et al, 2002, Codiga, 2011). Secondo tale metodologia, la componente armonica è il risultato della sovrapposizione di componenti sinusoidali di ampiezza e fase nota (legate all'attrazione gravitazionale di Terra Sole e Luna). Pertanto è possibile sia ricostruire livelli di marea astronomica del passato, sia prevedere eventi futuri. Calcolata la componente astronomica, è possibile caratterizzare statisticamente i livelli del mare. In particolare, è possibile identificare una serie di livelli caratteristici (valutati su base annuale):

- HAT - Highest Astronomical Tide (massima alta marea)
- MHWS - Mean High Water Spring (media delle alte maree sizigiali)
- MHWN - Mean High Water Neap (media delle alte maree di quadratura)
- MWL - Mean Water Level (l.m.m., livello medio marino)
- MLWN - Mean Low Water Neap (media delle basse maree di quadratura)
- MLWS - Mean Low Water Spring (media delle basse maree sizigiali)
- LAT - Lowest Astronomical Tide (minima bassa marea)

Il carattere deterministico della componente astronomica, fa sì che i livelli caratteristici non risentano di eventuali variazioni dovute a cambiamenti del clima o variazioni di lungo periodo. Ne consegue che sono dei livelli di riferimento del punto in cui viene effettuata l'analisi. Tali livelli, in assenza di perturbazioni atmosferiche, sono quindi da considerarsi come condizione al contorno di valle dei corsi d'acqua (il livello del mare influenza il deflusso fluviale in corrispondenza dell'area di foce).

Per quanto riguarda invece il livello medio del mare esso può essere ricavato effettuando una operazione di media sulla serie di livello misurata. Al fine di caratterizzare le variazioni interannuali e

stagionali che possono incidere sul valore medio, l'operazione di media è stata effettuata su tutto il periodo di riferimento (pluriennale), e anche adottando delle finestre temporali mensili, trimestrali, annuali.

La componente meteorologica si ottiene sottraendo la componente armonica (depurata o meno della media) al livello misurato nel mareografo (livello totale). Tale componente è dovuta alla interazione delle masse d'acqua con le perturbazioni atmosferiche; pertanto, è di natura stocastica.

Nel mare Adriatico (e più in generale sul Mar Mediterraneo) questa componente è dovuta principalmente all'azione tangenziale del vento sullo specchio acqueo e alla pressione atmosferica. In relazione a quest'ultima, infatti, per un fenomeno fisico noto come "effetto barico inverso", ad una diminuzione di pressione corrisponde un aumento del livello del mare (circa 1 cm per ogni millibar di sottopressione rispetto alla pressione atmosferica). Essendo di natura stocastica, il residuo meteorologico viene tipicamente caratterizzato mediante una analisi degli eventi estremi (Coles, S., 2001). Nel dettaglio, l'analisi estrema viene effettuata su campione di dati statisticamente indipendenti ed omogenei. L'indipendenza e l'omogeneità del campione di eventi estremi vengono garantite applicando un metodo POT (*Peaks Over Threshold*) e controllando che gli estremi sopra soglia (estratti dalla serie misurata) siano separati da una distanza temporale distanti almeno 5 giorni l'uno dall'altro (durata tipica delle perturbazioni in Adriatico è di circa 5-10 giorni). Il valore della soglia, valutabile con metodologie proposte in letteratura (Coles, 2001), deve essere abbastanza alta da garantire che il campione estratto rappresenti le code della distribuzione, assicurando una numerosità del campione che risulti statisticamente rappresentativa.

Il campione di eventi estremi estratto è stato analizzato mediante un processo di inferenza statistica applicando due funzioni di distribuzione dei valori estremi, la GEV (*Generalized Extreme Values Analysis*) e la GPD (*Generalized Pareto Distribution*).

3.5. SINTESI DELL'APPROCCIO METODOLOGICO

L'approccio metodologico dell'aggiornamento della caratterizzazione pluviografica può essere sintetizzato come segue.

- La necessità dell'aggiornamento della regionalizzazione delle piogge è stata verificata analizzando le caratteristiche della curva di crescita e della pioggia indice:
 - le serie pluviografiche disponibili all'epoca della redazione del PSDA e quelle attualmente disponibili sono state sottoposte al test di Kolmogorov-Smirnov per valutare l'effettiva appartenenza alla popolazione della stessa variabile aleatoria;
 - è stata, quindi, applicata la stessa metodologia utilizzata dal PSDA per aggiornare i valori della pioggia indice.

Per quanto riguarda la valutazione delle portate, l'approccio metodologico dell'aggiornamento può essere sintetizzato come segue.

- È stato applicato un modello idrologico a parametri distribuiti fisicamente basato.

- Il modello è stato calibrato utilizzando le informazioni disponibili. In particolare, è stato utilizzato l'evento del novembre 2017 per riprodurre quantitativamente le portate osservate.
- Il modello calibrato è stato utilizzato per la valutazione del valore della portata di picco e la forma degli idrogrammi in corrispondenza delle sezioni significative già identificate nel PSDA, ulteriormente integrate con alcune ulteriori sezioni ritenute di interesse per le successive analisi idrodinamiche.

4. DATI DI RIFERIMENTO

4.1. PLUVIOMETRIA

Le analisi relative ai livelli di pioggia necessitano di misure storiche. Per l'Abruzzo, questi dati sono stati forniti dal Servizio Idrografico e Mareografico dell'Agenzia di Protezione Civile Regionale della Regione Abruzzo. In particolare, sono disponibili le serie storiche relative ai massimi livelli di pioggia per anno per relativa durata dal 1918 al 2013 e le serie temporali, fornite con un intervallo di 15 minuti, dal 2014 al 2022.

Rispetto al vigente PSDA, in seguito all'integrazione dei dati pluviografici, per l'intero territorio regionale, si sono rilevate 28 stazioni aggiuntive (13 per la zona costiera e 15 per la zona appenninica).

Nel seguito si elencano le stazioni considerate per le analisi idrologiche relative ai bacini in esame.

- Bacino Tordino
 - Santo Stefano (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Campoli (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
- Bacino Aterno-Pescara
 - Villa Santa Lucia (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Goriano Sicoli (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Passo Godi (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Villalago (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Roccacasale (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Passo Lanciano (zona appenninica) (non disponibile all'epoca del PSDA)
 - Scafa (zona costiera) (non disponibile all'epoca del PSDA)

Per completezza di informazione, nel seguito si elencano le ulteriori stazioni disponibili sull'intero territorio regionale.

- Zona Appenninica
 - Barrea
 - Rosello
 - Villa Santa Maria
 - Castiglione Messer Marino
 - Nerito
 - Farindola
 - Arsita

- Zona Costiera
 - Pretoro
 - Fara Filiorum Petri
 - Casoli
 - Paglieta
 - Torrebruna
 - Palmoli
 - Lentella
 - Guardia Vomano
 - Ponte Vomano
 - Silvi marina
 - Pineto
 - Montefino

La Tabella 2 e la Tabella 3 sintetizzano le informazioni relative a tutte le stazioni disponibili sull'intero territorio regionale.

Tabella 2: Lista delle stazioni installate nella zona Appenninica e relativo numero di dati osservati disponibili all'epoca della redazione del PSDA e disponibili per l'attuale aggiornamento (in grigio sono evidenziate le stazioni presenti nel bacino dell'Aterno-Pescara).

Stazione	Num. Dati PSDA	Num. Dati aggiornati	Bacino
CIVIT. DEL TRONTO	46	63	Litoranea tra Tordino e Tronto
TERAMO	60	89	Tordino
CAMPOTOSTO	45	68	Vomano
PIETRACAMELA	51	63	Vomano
VILLA VALLUCCI	15	23	Vomano
FANO A CORNO	21	34	Vomano
ISOLA GRAN SASSO	56	73	Vomano
CASTELLI	15	18	Vomano
TOSSICIA	17	25	Vomano
MONTEREALE	40	62	Aterno-Pescara
PASSO CAPANNELLE	15		=
TERMINE	48	53	Aterno-Pescara
TORNIMPARTE	55	66	Aterno-Pescara
L'AQUILA	42	78	Aterno-Pescara
ASSERGI (FUNIVIA)	38	59	Aterno-Pescara
ROCCA DI MEZZO	36	42	Aterno-Pescara
SCANNO	52	74	Aterno-Pescara
COCULLO	43	47	Aterno-Pescara
SULMONA	49	73	Aterno-Pescara
BAGNATURO	50	58	Aterno-Pescara
POPOLI	58	69	Aterno-Pescara
CASTEL DEL MONTE	41	57	Aterno-Pescara
CAPESTRANO	41	51	Aterno-Pescara
COLLEPIETRO	39	57	Aterno-Pescara

Stazione	Num. Dati PSDA	Num. Dati aggiornati	Bacino
BARISCIANO C.ANAS	35	60	Aterno-Pescara
FORCA DI PENNE	29	31	Aterno-Pescara
OFFICINA BUSSI	22	30	Aterno-Pescara
PESCOSANSONESCO	42	63	Aterno-Pescara
S. EUFEMIA MAIELLA	26	51	Aterno-Pescara
CARAMANICO	31	58	Aterno-Pescara
SALLE	18	39	Aterno-Pescara
ROCCAMORICE	41	43	Aterno-Pescara
BRITTOLI	38	44	Aterno-Pescara
PESCOCOSTANZO	32	48	Sangro
PESCASSEROLI	44	53	Sangro
ALFEDENA	34		Sangro
CASTEL DI SANGRO	44	55	Sangro
ROCCARASO	30	48	Sangro
ATELETA	44	68	Sangro
PALENA	44	53	Sangro
SANTO STEFANO		42	Tordino
CAMPLI		22	Tordino
NERITO		29	Vomano
GORIANO SICOLI		27	Aterno-Pescara
PASSO GODI		19	Aterno-Pescara
VILLALAGO		16	Aterno-Pescara
ROCCACASALE		22	Aterno-Pescara
VILLA SANTA LUCIA		19	Aterno-Pescara
PASSO LANCIANO		20	Aterno-Pescara
BARREA		22	Sangro
ROSELLO		15	Sangro
VILLA SANTA MARIA		22	Sangro
CASTIGLIONE M. M.		26	Trigno

Tabella 3: Lista delle stazioni installate nella zona Costiera e relativo numero di dati osservati disponibili all'epoca della redazione del PSDA e disponibili per l'attuale aggiornamento (in grigio sono evidenziate le stazioni presenti nel bacino dell'Aterno-Pescara).

Stazione	Num. Dati PSDA	Num. Dati aggiornati	Bacino
NERETO	18	30	Litoranea tra Tordino e Tronto
GIULIANOVA SPIAG.	53	82	Litoranea tra Tordino e Tronto
BELLANTE	15	28	Tordino
ROSETO ABRUZZI	17	30	Litoranea tra Tordino e Vomano
ATRI	48	64	Litoranea tra Vomano e Saline
PENNE	48	62	Saline
MOSCUFO	50	67	Aterno-Pescara
CITTA' S. ANGELO	22	31	Litoranea tra Vomano e Saline
ALANNO	34	47	Aterno-Pescara

Stazione	Num. Dati PSDA	Num. Dati aggiornati	Bacino
MANOPPELLO	16	26	Aterno-Pescara
CHIETI	53	82	Litoranea tra Aterno-Pescara e Foro
CATIGNANO	45	71	Aterno-Pescara
CEPAGATTI	47	59	Aterno-Pescara
SPOLTORE	22	33	Aterno-Pescara
PESCARA	53	81	Litoranea tra Aterno-Pescara e Foro
GUARDIAGRELE	45	59	Foro
ORTONA	17	31	Litoranea tra Sangro e Foro
LANCIANO	52	65	Litoranea tra Sangro e Foro
BOMBA	49	75	Sangro
FARA S. MARTINO	45	52	Sangro
T. SANGRO (SCALO)	18	33	Litoranea tra Sangro e Sinello
MONTAZZOLI	43	67	Sinello
SCERNI	55	64	Sinello
VASTO	41	68	Litoranea tra Trigno e Sinello
S. SALVO	54	60	Litoranea tra Trigno e Sinello
GUARDIA VOMANO		25	Vomano
PONTE VOMANO		26	Vomano
SILVI MARINA		19	Litoranea tra Vomano e Saline
PINETO		16	Litoranea tra Vomano e Saline
MONTEFINO		19	Saline
SCAFA		23	Aterno-Pescara
PRETORO		17	Foro
FARA FILIORUM PETRI		22	Foro
CASOLI		17	Sangro
PAGLIETA		17	Sangro
TORREBRUNA		51	Trigno
PALMOLI		54	Trigno
FARINDOLA		23	Saline
ARSITA		32	Saline
LENTELLA		19	Trigno

4.2. IDROMETRIA

Le analisi relative ai livelli di portata necessitano di misure storiche. Per l'Abruzzo, questi dati sono forniti dal Servizio Idrografico e Mareografico dell'Agenzia di Protezione Civile Regionale della Regione Abruzzo. In particolare, sono disponibili le serie storiche relative ai massimi livelli di portata o di profondità per anno per relativa durata dal 1918 al 2013. Nelle stazioni in cui vengono forniti i massimi valori di profondità registrati è necessario utilizzare la scala di deflusso della sezione per poter ottenere i relativi valori di portata (anch'essa fornita dal Servizio).

Per il bacino dell'Aterno-Pescara, le stazioni utilizzate sono quelle di Aterno a L'Aquila, Aterno a Fagnano, Aterno a Molina, Pescara a Maraone, Pescara ad Alanno, Pescara a Villareia.

4.3. MAREOGRAFIA

Le analisi relative ai livelli del mare necessitano di misure storiche. In generale questi dati sono disponibili nel portale della Rete Mareografica Nazionale gestita dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Per quanto concerne la costa abruzzese è presente una stazione mareografica collocata in corrispondenza del Molo Martello del Porto di Ortona (coordinate 42° 21' 21.24", 14° 24' 53.50") e verosimilmente rappresentativa di tutte le aree di foce della regione. Le misure di livello vengono fornite con un intervallo temporale di 10 minuti e l'analisi è stata effettuata con riferimento al periodo dal 1999 sino al 2022.

4.4. INFORMAZIONI IDROLOGICHE

Lo *European Flood Awareness System* (EFAS) è un sistema operativo di allarme con lo scopo di fornire informazioni sulle previsioni delle piene su scala di bacino per tutta l'Europa. Allo stato attuale EFAS è in funzione per l'intera Europa su una griglia con risoluzione 1x1 arco minuto (~1.5 km alle latitudini EFAS).

Proprio nell'ambito del progetto EFAS è quindi stato elaborato un dataset europeo che fornisce le principali mappe e variabili meteorologiche necessarie all'applicazione del modello idrologico LISFLOOD. Il lettore può riferirsi a Burek et al. (2013) per i dettagli della base informativa utilizzata e del metodo di definizione dei dati.

Le mappe statiche e dinamiche fornite sono:

Principali

- domain_area: mappa booleana che identifica le celle incluse nel dominio, -;
- pixleng: lunghezza della cella della griglia lungo la latitudine, m;
- pixarea: area della cella della griglia, m².

Morfologia del bacino e rete di drenaggio

- ldd: direzione locale di drenaggio, -;
- dem: elevazione, m;
- elevstd: deviazione standard dell'elevazione, m;
- gradient: pendenza assegnata alle celle a monte, m/m;
- upArea: area accumulata di tutti i pixel di monte idrologicamente connessi, m²;
- chan: mappa booleana che identifica le celle relative ai canali, -;
- chanbnkf: profondità del canale a rive piene, m;
- chanflpn: larghezza della pianura alluvionale, m;
- changrad: pendenza longitudinale del canale, m/m;

- chanlength: lunghezza del canale all'interno del pixel, m;
- chanman: coefficiente di scabrezza di Manning del canale, $m^{(1/3)}s^{(-1)}$;
- chans: pendenza laterale del canale, m/m;
- chanbw: larghezza del fondo del canale, m.

Uso del suolo

- fracforest: frazione di foresta per ogni cella della griglia, -;
- fracirrigated: frazione di colture irrigate (eccetto il riso) per ogni cella della griglia, -;
- fracother: frazione di altro uso del suolo per ogni cella della griglia, -;
- fracrice: frazione di colture di riso per ogni cella della griglia, -;
- fracsealed: frazioni di aree urbane per ogni cella della griglia, -;
- fracwater: frazione di acqua terrestre per ogni cella della griglia, -.

Proprietà della vegetazione

- cropcoef: coefficiente di coltura, per uso del suolo, mediato per il tempo ed il tipo di ecosistema, -;
- cropgrpn: numero del gruppo di coltura, per uso del suolo, mediato per il tempo ed il tipo di ecosistema, -;
- riceplantingday: mappa con il giorno del calendario di inizio del piantamento del riso, per stagione, -;
- riceharvestday: mappa con il giorno del calendario di inizio del raccolto del riso, per stagione, -;
- mannings: coefficiente di scabrezza del suolo, per uso del suolo, $m^{(1/3)}s^{(-1)}$;
- lai: indice di area fogliare medio per 10 giorni per uso del suolo, dove la frazione di uso del suolo per cella della griglia è maggiore o uguale a 0.7, m^2/m^2 .

Proprietà del suolo

- genna: parametro di Van Genuchten per strato di suolo e uso del suolo, cm^{-1} ;
- ksat: conduttività satura idraulica per strato di suolo e uso del suolo, mm/giorno;
- lambda: indice di porosità per strato di suolo e uso del suolo, -;
- soildepth: spessore dello strato di suolo per uso del suolo, mm;
- thetas: umidità satura volumetrica per strato di suolo per uso del suolo, m^3/m^3 ;
- thetar: umidità residua volumetrica per strato di suolo, m^3/m^3 .

Laghi e serbatoi

- lakemask: mappa booleana dell'impronta dei laghi, -;
- lakes: siti di deflusso dei laghi, -m;
- res: siti di deflusso dei serbatoi, -;
- lakea: parametri dei laghi, m/s;
- lakearea: area superficiale dei laghi, m^2 ;

- lakeavinflw: flusso in ingresso nei laghi, m^3/s ;
- rtstor: capacità di stoccaggio dei serbatoi, m^3 ;
- rnlm: limite normale di stoccaggio dei serbatoi, -;
- rflm: limite di piena di stoccaggio dei serbatoi, -;
- rclm: limite conservativo di stoccaggio dei serbatoi, -;
- rnormq: deflusso normale dei serbatoi, m^3/s ;
- rndq: deflusso non danneggiante dei serbatoi, m^3/s ;
- rminq: deflusso minimo dei serbatoi, m^3/s .

Richiesta di acqua

- dom_1990_2022: richiesta d'acqua per pixel per uso domestico, mm/giorno;
- ene_1990_2022: richiesta d'acqua per pixel per uso energetico, mm/giorno;
- ind_1990_2022: richiesta d'acqua per pixel per uso industriale, mm/giorno;
- liv_1990_2022: richiesta d'acqua per pixel per uso d'allevamento, mm/giorno;

Le variabili meteorologiche e mappe dinamiche fornite sono:

- pd: file annuale della pressione di vapore acqueo, hPa;
- pr: file annuale della precipitazione, mm;
- rg: file annuale della radiazione solare, J/m^2 ,
- ta: file annuale della temperatura media, $^{\circ}\text{C}$;
- tn: file annuale della temperatura minima, $^{\circ}\text{C}$;
- tx: file annuale della temperatura massima, $^{\circ}\text{C}$;
- ws: file annuale della velocità del vento, m/s ;
- e0: file annuale del potenziale di evaporazione dell'acqua, mm/giorno;
- es0: file annuale del potenziale di evaporazione del suolo, mm/giorno;
- et0: file annuale del potenziale di evapotraspirazione, mm/giorno.

5. IL CASO STUDIO DELL'ATERNO-PESCARA

5.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'Aterno-Pescara scorre per 152 km attraversando l'Abruzzo, di cui è il fiume più lungo e quello con la maggior estensione (3190 km²).

Il fiume nasce come Aterno sui Monti dell'Alto Aterno, costituenti una sottodorsale dei monti della Laga, si sviluppa principalmente tra le provincie dell'Aquila e quella di Pescara; nei pressi del comune di Popoli Terme si unisce al Fiume Pescara e, dopo aver attraversato la Val Pescara, sfocia nel Mare Adriatico nella città omonima (Figura 8, Figura 9, Figura 10).

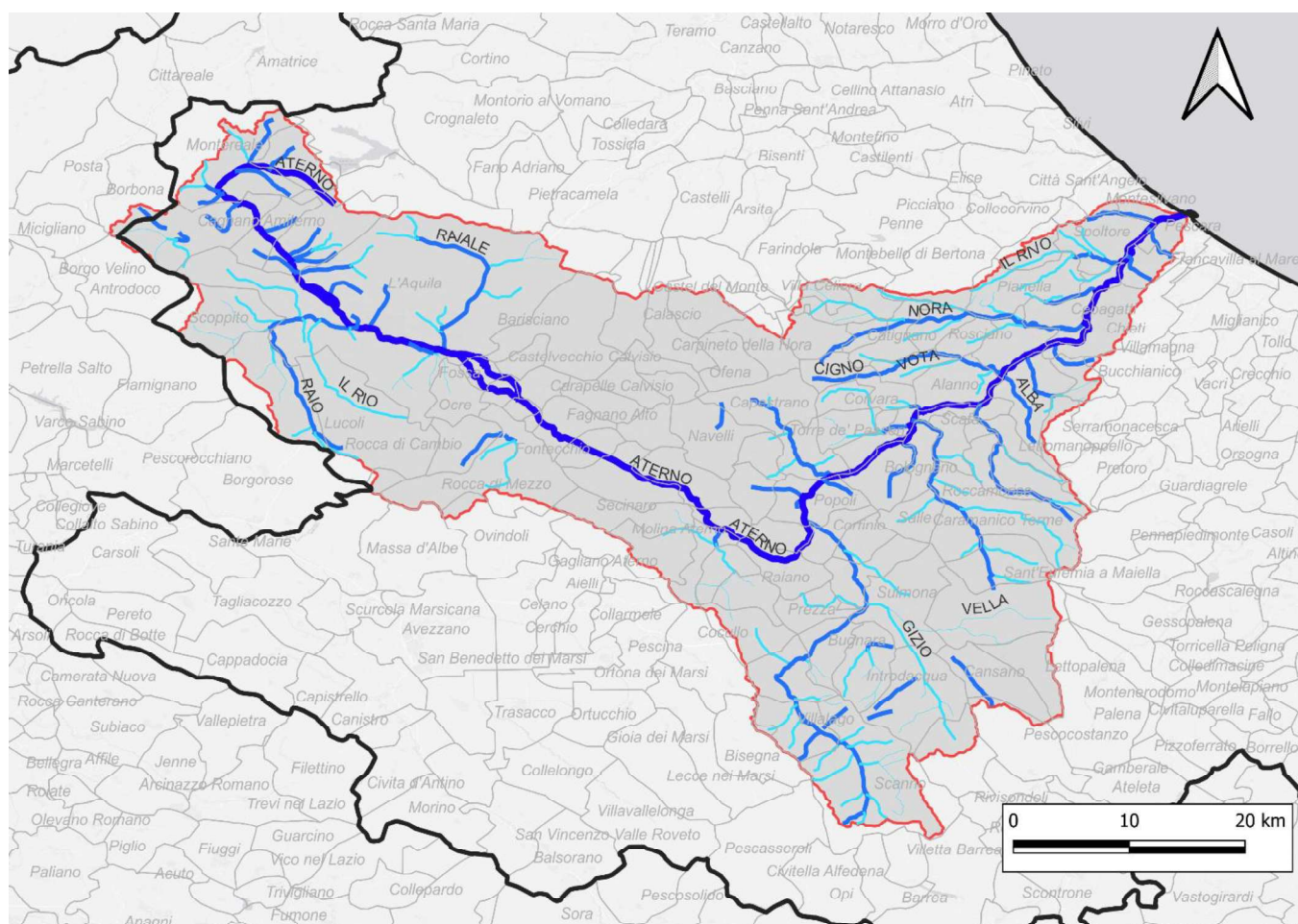


Figura 8: Bacino idrografico e reticolo idrografico dell'Aterno-Pescara.

5.2. ANALISI PLUVIOGRAFICA

In accordo con la metodologia descritta al precedente capitolo §3 e con quanto già descritto per il bacino del Tordino, le nuove informazioni pluviografiche sono state utilizzate per verificare l'affidabilità del metodo di regionalizzazione delle piogge. Pertanto, le altezze di pioggia massime annuali per assegnata durata sono state oggetto di specifica analisi per confermare la validità della funzione di ripartizione delle probabilità (TCEV) della curva di crescita i cui parametri sono stati stimati con riferimento ai dati disponibili all'epoca della redazione del PSDA. In particolare, la distribuzione empirica dei campioni aggiornati, per ogni durata e ogni stazione di misura, è stata confrontata con quella dei campioni disponibili sino al 1996. Si sottolinea che la variabile aleatoria considerata è la curva di crescita, ovvero l'altezza di pioggia per assegnata durata adimensionalizzata utilizzando la media campionaria stimata per ogni stazione.

La verifica dell'attendibilità del metodo, limitatamente al primo e al secondo livello di regionalizzazione, è stata effettuata applicando il test non parametrico di Kolmogorov-Smirnov alle due tipologie di serie identificate (ovvero quella disponibile fino al 1996 e quella attualmente disponibile).

Dalla Tabella 6 alla Tabella 15 sono sintetizzati i risultati ottenuti per le diverse durate (pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore), sia per le stazioni presenti nella zona appenninica, sia quelle presenti nella zona costiera. In particolare, sono confrontate le numerosità dei campioni (fino al 1996 e fino al 2022) e la media campionaria. Tutti i confronti effettuati evidenziano il superamento dei test non parametrico di Kolmogorov-Smirnov che permette di accettare l'ipotesi nulla (e rigettare l'ipotesi alternativa), ovvero che i campioni (della curva di crescita) sono estratti dalla popolazione della stessa variabile aleatoria.

Con riferimento alla sintesi riportata nella Tabella 4 e Tabella 5, il confronto della media campionaria tra le due tipologie di serie considerate evidenzia scostamenti di qualche punto percentuale. In particolare, per la zona appenninica, si osserva un incremento decrescente fino alla durata pari a 12 ore; per la durata di 24 ore, invece, si osserva un lieve decremento. Per la zona costiera, il decremento è osservato, in media, a partire dalla durata pari a 12 ore. La differenza osservata per le medie campionarie ha, pertanto, suggerito di aggiornare il terzo livello di regionalizzazione (come descritto al paragrafo §3.2).

Dalla Tabella 16 alla Tabella 27 si riportano i risultati ottenuti in corrispondenza di ogni punto di misura attualmente disponibile al variare del tempo di ritorno (20, 50, 100, 200 e 500 anni). In particolare, le tabelle sintetizzano (per ogni stazione pluviografica considerata), il valore estratto dal PSDA e quello stimato nell'ambito dell'aggiornamento. Sono riportate anche le differenze percentuali. Sono riportati, inoltre, i valori medi degli scostamenti.

Gli allegati riportano la distribuzione spaziale dei parametri della regionalizzazione (limitatamente al terzo livello di regionalizzazione) ottenuta con il metodo del Kriging. Il confronto con i risultati del PSDA evidenzia, in generale, un incremento per piccole durate e una sostanziale conferma per le durate più grandi. La discriminazione tra durate "piccole" e "grandi" è dipendente dal punto in esame.

L'ispezione dei risultati permette di tracciare alcune osservazioni.

Sia per la zona appenninica, sia per la zona costiera, l'altezza di pioggia di durata oraria presenta incrementi di qualche punto percentuale, crescenti al crescere del tempo di ritorno. L'esponente della legge di probabilità pluviometrica, invece, mostra una generale diminuzione.

Tale risultato evidenzia come l'aggiornamento dell'analisi pluviografica indichi un generale incremento delle altezze di pioggia degli eventi di durata inferiore ad una specifica durata t_d^* espressa dalla seguente relazione:

$$t_d^* = \left(\frac{h_{PSDA}}{h_a} \right)^{\frac{1}{n_a - n_{PSDA}}}$$

nella quale h_{PSDA} è l'altezza di pioggia di durata oraria (per ogni tempo di ritorno) definita nell'ambito del PSDA e h_a è il valore dello stesso parametro quale risultato del presente aggiornamento, n_{PSDA} è l'esponente della curva di probabilità pluviometrica (per ogni tempo di ritorno) definito nell'ambito del PSDA e n_a è il valore dello stesso parametro quale risultato del presente aggiornamento. Le tabelle indicano anche il valore di t_d^* . Quando l'altezza di pioggia stimata nell'ambito dell'aggiornamento è sempre inferiore o sempre superiore a quella relativa al PSDA, non si riporta il valore della durata t_d^* .

Tabella 4: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Differenza (percentuale) delle medie campionarie osservate.

Stazione	Differenze della media campionaria				
	1h (%)	3 h (%)	6 h (%)	12 h (%)	24 h (%)
ASSERGI	+14.9	+6.1	+1.2	-1.2	-2.3
BAGNATURO	+1.5	-0.9	-1.8	-1.7	-1.6
BARISCIANO	-1.0	-2.2	+0.0	-0.8	-1.3
BRITTOLI	=	=	=	=	=
BUSSI OFFICINE	-3.8	-2.8	-2.2	-0.6	+0.2
CAPESTRANO	+4.8	+3.5	+3.6	+2.8	+2.0
CARAMANICO METEO	+5.1	+0.2	-1.1	+0.5	+0.2
CASTEL DEL MONTE	+6.9	+4.4	+2.8	+3.6	+0.8
COCULLO	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.9
COLLEPIETRO	+2.2	-0.4	-1.3	-3.6	-5.2
FORCA DI PENNE	=	=	=	=	=
GORIANO SICOLI	=	=	=	=	=
L AQUILA	-1.3	-0.4	-0.5	-3.3	-2.5
MONTEREALE	+4.1	+7.5	+5.5	+3.7	+1.8
PASSO GODI	=	=	=	=	=
PASSO LANCIANO	=	=	=	=	=
PESCOSANSONESCO	+2.7	+4.1	+2.2	+0.1	-0.4
POPOLI	-2.2	-1.3	-1.6	-1.0	-1.6
ROCCA DI MEZZO	+7.8	+4.6	+1.9	-0.1	-0.3
ROCCACASALE	=	=	=	=	=
ROCCAMORICE	=	=	=	=	=
SALLE	+4.4	+3.2	+3.4	+3.8	+2.5
SANT EUFEMIA A MAIELLA	+5.3	+0.6	-1.6	-2.1	-3.7
SCANNO	+2.4	+1.4	-0.5	-2.7	-2.7
SULMONA	+10.4	+7.4	+6.5	+5.1	+3.2
TERMINE	-2.1	-1.4	-0.8	-0.6	+0.3
TORNIMPARTE	+3.6	+3.9	+3.1	+2.6	+3.7
VILLA S LUCIA	=	=	=	=	=
VILLALAGO	=	=	=	=	=
Valore medio	+3.3	+1.8	+0.9	+0.2	-0.4
Deviazione Standard	+4.6	+3.2	+2.6	+2.6	+2.3
Errore standard	+1.0	+0.7	+0.6	+0.6	+0.5
Fascia di confidenza (95%)	±2	±1.41	±1.13	±1.12	±1.02

Tabella 5: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Differenza (percentuale) delle medie campionarie osservate.

Stazione	Differenze della media campionaria				
	1h (%)	3 h (%)	6 h (%)	12 h (%)	24 h (%)
ALANNO	+2.8	+0.3	-1.1	-1.6	-1.8
CATIGNANO	+13.9	+9.1	+4.4	+1.7	+0.9
CEPAGATTI	+2.7	+2.2	+0.2	-0.9	-2.5
MANOPPELLO	+1.7	-0.6	-1.4	-3.4	-3.4
MOSCUFO	+8.5	+7.5	+4.5	+4.2	+4.5
SCAFA	=	=	=	=	=
SPOLTORE	+0.6	-4.2	-5.9	-5.5	-4.2
Valore medio	+5.0	+2.4	+0.1	-0.9	-1.1
Deviazione Standard	+5.1	+5.1	+3.9	+3.5	+3.3
Errore standard	+2.1	+2.1	+1.6	+1.4	+1.3
Fascia di confidenza (95%)	±4.11	±4.05	±3.15	±2.77	±2.61

Tabella 6: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Durata pari a 1 ora. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 1 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ASSERGI	40	19.16	0.401	1.254	59	22.01	0.471	1.333	Superato	+47.5	+14.9
BAGNATURO	53	18.51	0.426	1.656	58	18.79	0.434	1.495	Superato	+9.4	+1.5
BARISCIANO	39	23.34	0.588	3.012	60	23.11	0.554	2.579	Superato	+53.8	-1.0
BRITTOLI	=	=	=	=	44	28.62	0.56	1.552	=	=	=
BUSSI OFFICINE	22	24.20	=	=	30	23.27	0.655	1.995	Superato	+36.4	-3.8
CAPESTRANO	42	16.78	0.479	1.624	51	17.59	0.492	1.348	Superato	+21.4	+4.8
CARAMANICO METEO	35	25.11	0.471	1.982	58	26.39	0.469	1.309	Superato	+65.7	+5.1
CASTEL DEL MONTE	42	19.61	0.451	0.832	57	20.96	0.409	0.495	Superato	+35.7	+6.9
COCULLO	46	20.20	0.41	1.161	47	20.16	0.407	1.188	Superato	+2.2	-0.2
COLLEPIETRO	42	19.46	0.475	1.706	57	19.88	0.47	1.328	Superato	+35.7	+2.2
FORCA DI PENNE	=	=	=	=	31	21.34	0.529	1.245	=	=	=
GORIANO SICOLI	=	=	=	=	27	20.28	=	=	=	=	=
L AQUILA	52	18.55	0.47	0.915	77	18.31	0.446	0.890	Superato	+48.1	-1.3
MONTEREALE	43	17.93	0.489	2.576	62	18.66	0.426	2.260	Superato	+44.2	+4.1
PASSO GODI	=	=	=	=	19	30.89	=	=	=	=	=
PASSO LANCIANO	=	=	=	=	20	39.26	=	=	=	=	=
PESCOSANSONESCO	47	25.25	0.422	0.892	63	25.94	0.502	1.993	Superato	+34.0	+2.7
POPOLI	60	20.58	0.499	1.629	69	20.12	0.498	1.662	Superato	+15.0	-2.2
ROCCA DI MEZZO	36	17.77	0.449	2.197	42	19.16	0.434	1.518	Superato	+16.7	+7.8
ROCCACASALE	=	=	=	=	22	23.82	=	=	=	=	=
ROCCAMORICE	=	=	=	=	43	26.63	0.336	0.647	=	=	=
SALLE	19	28.22	=	=	39	29.47	0.28	0.272	Superato	+105.3	+4.4
SANT EUFEMIA A MAIELLA	43	24.92	0.443	1.367	51	26.23	0.432	1.126	Superato	+18.6	+5.3
SCANNO	54	20.69	0.316	0.392	74	21.18	0.343	0.194	Superato	+37.0	+2.4
SULMONA	50	15.98	0.383	0.673	73	17.64	0.434	0.807	Superato	+46.0	+10.4
TERMINE	49	22.55	0.342	1.130	53	22.07	0.35	1.121	Superato	+8.2	-2.1
TORNIMPARTE	56	21.31	0.366	0.967	66	22.08	0.372	0.854	Superato	+17.9	+3.6
VILLA S LUCIA	=	=	=	=	19	21.56	=	=	=	=	=
VILLALAGO	=	=	=	=	16	22.89	=	=	=	=	=
Num. Dati Totali	870				1387					+59.4	
Num. Dati Medi	43.50				47.83						
Valore medio		21.01	0.438	1.443		23.05	0.45	1.27			
Deviazione Standard		3.28	0.064	0.681		4.72	0.084	0.596			
Errore standard		0.733	0.015	0.161		0.877	0.017	0.124			

Fascia di confidenza (95%)	±1.437	±0.029	±0.315	±1.719	±0.034	±0.244	
	±6.84%	±6.73%	±21.81%	±7.46%	±7.63%	±19.19%	

Tabella 7: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Durata pari a 1 ora. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 1 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati	Media (%)
ALANNO	36	24.19	0.518	1.714	47	24.86	0.472	1.533	Superato	+30.6	+2.8
CATIGNANO	47	22.25	0.436	1.351	71	25.34	0.459	1.106	Superato	+51.1	+13.9
CEPAGATTI	48	21.91	0.479	1.224	59	22.5	0.508	1.120	Superato	+22.9	+2.7
MANOPPELLO	16	27.85	=	=	26	28.33	=	=	Superato	+62.5	+1.7
MOSCUFO	51	21.55	0.306	0.878	67	23.39	0.344	1.116	Superato	+31.4	+8.5
SCAFA	=	=	=	=	23	25.7	=	=	=	=	=
SPOLTORE	23	26.92	=	=	33	27.08	0.465	1.160	Superato	+43.5	+0.6
Num. Dati Totali	221				326					+47.5	
Num. Dati Medi	36.83				46.57						
Valore medio		24.11	0.435	1.292		25.31	0.45	1.21			
Deviazione Standard		2.71	0.092	0.345		2.01	0.062	0.183			
Errore standard		1.107	0.046	0.173		0.759	0.028	0.082			
Fascia di confidenza (95%)		±2.169	±0.09	±0.338		±1.488	±0.054	±0.161			
		±9%	±20.77%	±26.19%		±5.88%	±12.09%	±13.32%			

Tabella 8: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Durata pari a 3 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 3 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ASSERGI	40	28.52	0.432	1.955	59	30.26	0.417	1.510	Superato	+47.5	+6.1
BAGNATURO	53	31.80	0.414	1.264	58	31.5	0.407	1.296	Superato	+9.4	-0.9
BARISCIANO	39	28.93	0.518	2.154	60	28.3	0.475	2.139	Superato	+53.8	-2.2
BRITTOLI	=	=	=	=	44	38.08	0.504	1.521	=	=	=
BUSSI OFFICINE	22	34.55	=	=	30	33.59	0.697	3.295	Superato	+36.4	-2.8
CAPESTRANO	42	24.20	0.444	2.036	51	25.05	0.438	1.622	Superato	+21.4	+3.5
CARAMANICO METEO	35	43.37	0.434	1.398	58	43.45	0.387	1.304	Superato	+65.7	+0.2
CASTEL DEL MONTE	42	28.21	0.352	0.853	57	29.46	0.332	0.678	Superato	+35.7	+4.4
COCULLO	46	29.32	0.312	0.628	47	29.09	0.316	0.647	Superato	+2.2	-0.8
COLLEPIETRO	42	29.91	0.509	2.108	57	29.78	0.498	2.040	Superato	+35.7	-0.4
FORCA DI PENNE	=	=	=	=	31	30.01	0.449	1.447	=	=	=
GORIANO SICOLI	=	=	=	=	27	29.45	=	=	=	=	=
L AQUILA	52	24.55	0.365	0.839	77	24.46	0.335	0.820	Superato	+48.1	-0.4
MONTEREALE	43	25.16	0.436	2.152	62	27.05	0.409	1.600	Superato	+44.2	+7.5
PASSO GODI	=	=	=	=	19	48.25	=	=	=	=	=
PASSO LANCIANO	=	=	=	=	20	55.52	=	=	=	=	=
PESCOSANSONESCO	47	34.07	0.333	0.837	63	35.47	0.456	2.521	Superato	+34.0	+4.1
POPOLI	60	30.80	0.48	2.185	69	30.4	0.505	2.150	Superato	+15.0	-1.3
ROCCA DI MEZZO	36	25.66	0.318	2.086	42	26.85	0.315	1.553	Superato	+16.7	+4.6
ROCCACASALE	=	=	=	=	22	42.79	=	=	=	=	=
ROCCAMORICE	=	=	=	=	43	42.58	0.34	0.944	=	=	=
SALLE	19	41.22	=	=	39	42.53	0.31	1.684	Superato	+105.3	+3.2
SANT EUFEMIA A MAIELLA	43	39.75	0.35	1.462	51	40	0.334	1.362	Superato	+18.6	+0.6
SCANNO	54	29.31	0.272	0.638	74	29.72	0.298	0.612	Superato	+37.0	+1.4
SULMONA	50	23.51	0.34	1.182	73	25.24	0.387	1.270	Superato	+46.0	+7.4
TERMINE	49	30.08	0.331	1.378	53	29.65	0.333	1.376	Superato	+8.2	-1.4
TORNIMPARTE	56	30.23	0.283	1.037	66	31.41	0.283	0.796	Superato	+17.9	+3.9
VILLA S LUCIA	=	=	=	=	19	36.32	=	=	=	=	=
VILLALAGO	=	=	=	=	16	32.49	=	=	=	=	=
Num. Dati Totali	870				1387					+59.4	
Num. Dati Medi	43.50				47.83						
Valore medio		30.66	0.385	1.455		33.75	0.40	1.49			
Deviazione Standard		5.56	0.076	0.579		7.55	0.096	0.642			
Errore standard		1.243	0.018	0.136		1.402	0.020	0.134			

Fascia di confidenza (95%)	±2.437	±0.035	±0.267	±2.748	±0.039	±0.262	
	±7.95%	±9.07%	±18.37%	±8.14%	±9.73%	±17.66%	

Tabella 9: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Durata pari a 3 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 3 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ALANNO	36	32.82	0.387	1.330	47	32.93	0.365	1.232	Superato	+30.6	+0.3
CATIGNANO	47	31.94	0.375	0.927	71	34.86	0.425	1.489	Superato	+51.1	+9.1
CEPAGATTI	48	29.48	0.419	1.086	59	30.12	0.444	1.259	Superato	+22.9	+2.2
MANOPPELLO	16	41.21	=	=	26	40.96	=	=	Superato	+62.5	-0.6
MOSCUFO	51	30.28	0.313	0.698	67	32.55	0.372	1.445	Superato	+31.4	+7.5
SCAFA	=	=	=	=	23	36.33	=	=	=	=	=
SPOLTORE	23	38.69	=	=	33	37.08	0.401	0.788	Superato	+43.5	-4.2
Num. Dati Totali	221				326					+47.5	
Num. Dati Medi	36.83				46.57						
Valore medio		34.07	0.374	1.010		34.98	0.40	1.24			
Deviazione Standard		4.77	0.044	0.266		3.55	0.034	0.278			
Errore standard		1.948	0.022	0.133		1.343	0.015	0.124			
Fascia di confidenza (95%)		±3.818	±0.044	±0.261		±2.632	±0.03	±0.244			
		±11.21%	±11.65%	±25.81%		±7.53%	±7.37%	±19.6%			

Tabella 10: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Durata pari a 6 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 6 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ASSERGI	40	40.62	0.385	0.960	59	41.12	0.35	0.811	Superato	+47.5	+1.2
BAGNATURO	53	45.75	0.39	0.806	58	44.93	0.39	0.841	Superato	+9.4	-1.8
BARISCIANO	39	32.43	0.45	2.165	60	32.44	0.408	1.991	Superato	+53.8	+0.0
BRITTOLI	=	=	=	=	44	44.85	0.408	1.369	=	=	=
BUSSI OFFICINE	22	45.58	=	=	30	44.59	0.739	4.151	Superato	+36.4	-2.2
CAPESTRANO	42	30.73	0.41	1.552	51	31.85	0.426	1.268	Superato	+21.4	+3.6
CARAMANICO METEO	35	59.06	0.346	0.490	58	58.42	0.32	0.542	Superato	+65.7	-1.1
CASTEL DEL MONTE	42	37.49	0.404	1.665	57	38.54	0.389	1.361	Superato	+35.7	+2.8
COCULLO	46	36.44	0.251	0.735	47	36.16	0.256	0.722	Superato	+2.2	-0.8
COLLEPIETRO	42	39.75	0.491	1.247	57	39.24	0.474	1.296	Superato	+35.7	-1.3
FORCA DI PENNE	=	=	=	=	31	37.11	0.406	1.223	=	=	=
GORIANO SICOLI	=	=	=	=	27	36.34	=	=	=	=	=
L AQUILA	52	28.87	0.284	0.602	77	28.72	0.273	0.663	Superato	+48.1	-0.5
MONTEREALE	43	31.67	0.324	1.692	62	33.4	0.331	1.426	Superato	+44.2	+5.5
PASSO GODI	=	=	=	=	19	61.71	=	=	=	=	=
PASSO LANCIANO	=	=	=	=	20	80.12	=	=	=	=	=
PESCOSANSONESCO	47	42.37	0.28	0.561	63	43.32	0.373	1.900	Superato	+34.0	+2.2
POPOLI	60	43.07	0.516	3.170	69	42.39	0.54	2.912	Superato	+15.0	-1.6
ROCCA DI MEZZO	36	34.93	0.295	0.904	42	35.6	0.28	0.764	Superato	+16.7	+1.9
ROCCACASALE	=	=	=	=	22	65.6	=	=	=	=	=
ROCCAMORICE	=	=	=	=	43	58.91	0.305	0.359	=	=	=
SALLE	19	53.54	=	=	39	55.36	0.322	1.200	Superato	+105.3	+3.4
SANT EUFEMIA A MAIELLA	43	54.76	0.325	1.575	51	53.88	0.317	1.557	Superato	+18.6	-1.6
SCANNO	54	40.07	0.275	0.843	74	39.88	0.285	1.122	Superato	+37.0	-0.5
SULMONA	50	29.22	0.316	1.924	73	31.12	0.353	1.634	Superato	+46.0	+6.5
TERMINE	49	37.47	0.255	0.796	53	37.16	0.252	0.837	Superato	+8.2	-0.8
TORNIMPARTE	56	40.91	0.274	1.031	66	42.17	0.277	0.923	Superato	+17.9	+3.1
VILLA S LUCIA	=	=	=	=	19	51.79	=	=	=	=	=
VILLALAGO	=	=	=	=	16	42.36	=	=	=	=	=
Num. Dati Totali	870				1387					+59.4	
Num. Dati Medi	43.50				47.83						
Valore medio		40.24	0.348	1.262		44.45	0.37	1.34			
Deviazione Standard		8.42	0.081	0.690		11.90	0.108	0.828			
Errore standard		1.883	0.019	0.163		2.209	0.023	0.173			

Fascia di confidenza (95%)	±3.691	±0.037	±0.319	±4.33	±0.044	±0.338	
	±9.17%	±10.75%	±25.26%	±9.74%	±12.02%	±25.2%	

Tabella 11: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Durata pari a 6 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 6 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ALANNO	36	40.67	0.328	0.874	47	40.24	0.319	0.851	Superato	+30.6	-1.1
CATIGNANO	47	39.83	0.353	0.595	71	41.6	0.38	1.276	Superato	+51.1	+4.4
CEPAGATTI	48	36.14	0.377	1.094	59	36.2	0.389	1.152	Superato	+22.9	+0.2
MANOPPELLO	16	53.24	=	=	26	52.52	=	=	Superato	+62.5	-1.4
MOSCUFO	51	38.87	0.299	1.357	67	40.63	0.337	1.565	Superato	+31.4	+4.5
SCAFA	=	=	=	=	23	44.94	=	=	=	=	=
SPOLTORE	23	49.46	=	=	33	46.56	0.389	1.117	Superato	+43.5	-5.9
Num. Dati Totali	221				326					+47.5	
Num. Dati Medi	36.83				46.57						
Valore medio		43.04	0.339	0.980		43.24	0.36	1.19			
Deviazione Standard		6.73	0.033	0.324		5.29	0.033	0.260			
Errore standard		2.746	0.017	0.162		2.001	0.015	0.116			
Fascia di confidenza (95%)		±5.382	±0.033	±0.317		±3.921	±0.029	±0.228			
		±12.51%	±9.67%	±32.38%		±9.07%	±7.88%	±19.09%			

Tabella 12: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Durata pari a 12 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 12 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ASSERGI	40	55.00	0.397	0.989	59	54.36	0.353	1.061	Superato	+47.5	-1.2
BAGNATURO	53	63.10	0.417	0.797	58	62.05	0.415	0.853	Superato	+9.4	-1.7
BARISCIANO	39	37.21	0.441	2.074	60	36.92	0.393	2.076	Superato	+53.8	-0.8
BRITTOLI	=	=	=	=	44	54.3	0.363	1.288	=	=	=
BUSSI OFFICINE	22	59.58	=	=	30	59.2	0.557	3.629	Superato	+36.4	-0.6
CAPESTRANO	42	40.61	0.45	1.211	51	41.75	0.467	1.089	Superato	+21.4	+2.8
CARAMANICO METEO	35	81.94	0.404	0.740	58	82.34	0.359	0.591	Superato	+65.7	+0.5
CASTEL DEL MONTE	42	50.97	0.47	1.894	57	52.8	0.456	1.650	Superato	+35.7	+3.6
COCULLO	46	46.67	0.254	1.366	47	46.21	0.263	1.239	Superato	+2.2	-1.0
COLLEPIETRO	42	51.71	0.532	1.808	57	49.86	0.514	1.872	Superato	+35.7	-3.6
FORCA DI PENNE	=	=	=	=	31	45.61	0.457	1.550	=	=	=
GORIANO SICOLI	=	=	=	=	27	44.44	=	=	=	=	=
L AQUILA	52	36.66	0.245	0.472	77	35.44	0.244	0.705	Superato	+48.1	-3.3
MONTEREALE	43	40.42	0.284	0.663	62	41.9	0.294	0.913	Superato	+44.2	+3.7
PASSO GODI	=	=	=	=	19	84.07	=	=	=	=	=
PASSO LANCIANO	=	=	=	=	20	119.1	=	=	=	=	=
PESCOSANSONESCO	47	56.11	0.34	0.788	63	56.14	0.377	0.963	Superato	+34.0	+0.1
POPOLI	60	60.85	0.473	1.472	69	60.23	0.502	1.531	Superato	+15.0	-1.0
ROCCA DI MEZZO	36	49.46	0.289	0.875	42	49.43	0.281	0.882	Superato	+16.7	-0.1
ROCCACASALE	=	=	=	=	22	92.71	=	=	=	=	=
ROCCAMORICE	=	=	=	=	43	80.35	0.332	0.393	=	=	=
SALLE	19	72.98	=	=	39	75.74	0.37	1.660	Superato	+105.3	+3.8
SANT EUFEMIA A MAIELLA	43	74.74	0.372	1.182	51	73.14	0.364	1.263	Superato	+18.6	-2.1
SCANNO	54	55.94	0.297	0.813	74	54.45	0.305	0.931	Superato	+37.0	-2.7
SULMONA	50	37.75	0.326	1.628	73	39.67	0.349	1.577	Superato	+46.0	+5.1
TERMINE	49	51.64	0.289	0.980	53	51.32	0.284	1.026	Superato	+8.2	-0.6
TORNIMPARTE	56	57.36	0.28	0.437	66	58.83	0.285	0.337	Superato	+17.9	+2.6
VILLA S LUCIA	=	=	=	=	19	72.36	=	=	=	=	=
VILLALAGO	=	=	=	=	16	55.29	=	=	=	=	=
Num. Dati Totali	870				1387					+59.4	
Num. Dati Medi	43.50				47.83						
Valore medio		54.04	0.364	1.122		59.66	0.37	1.26			
Deviazione Standard		12.68	0.087	0.490		18.86	0.086	0.685			
Errore standard		2.836	0.020	0.116		3.501	0.018	0.143			

Fascia di confidenza (95%)	±5.559	±0.04	±0.226	±6.863	±0.035	±0.28	
	±10.29%	±10.99%	±20.18%	±11.5%	±9.4%	±22.15%	

Tabella 13: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Durata pari a 12 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 12 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ALANNO	36	49.48	0.344	1.074	47	48.71	0.332	1.083	Superato	+30.6	-1.6
CATIGNANO	47	51.52	0.441	0.843	71	52.4	0.414	0.818	Superato	+51.1	+1.7
CEPAGATTI	48	46.80	0.389	1.140	59	46.38	0.386	1.082	Superato	+22.9	-0.9
MANOPPELLO	16	73.10	=	=	26	70.65	=	=	Superato	+62.5	-3.4
MOSCUFO	51	50.77	0.392	1.483	67	52.89	0.412	1.483	Superato	+31.4	+4.2
SCAFA	=	=	=	=	23	59.38	=	=	=	=	=
SPOLTORE	23	61.23	=	=	33	57.88	0.364	1.475	Superato	+43.5	-5.5
Num. Dati Totali	221				326					+47.5	
Num. Dati Medi	36.83				46.57						
Valore medio		55.48	0.392	1.135		55.47	0.38	1.19			
Deviazione Standard		9.93	0.040	0.265		8.12	0.035	0.287			
Errore standard		4.053	0.020	0.132		3.070	0.015	0.128			
Fascia di confidenza (95%)		±7.943	±0.039	±0.259		±6.018	±0.03	±0.251			
		±14.32%	±9.92%	±22.85%		±10.85%	±7.93%	±21.14%			

Tabella 14: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Durata pari a 24 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 24 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ASSERGI	40	71.08	0.436	1.612	59	69.47	0.389	1.799	Superato	+47.5	-2.3
BAGNATURO	53	77.09	0.414	0.580	58	75.83	0.412	0.639	Superato	+9.4	-1.6
BARISCIANO	39	43.08	0.42	1.921	60	42.5	0.372	1.967	Superato	+53.8	-1.3
BRITTOLI	=	=	=	=	44	67.58	0.326	1.003	=	=	=
BUSSI OFFICINE	22	77.62	=	=	30	77.74	0.494	2.633	Superato	+36.4	+0.2
CAPESTRANO	42	52.16	0.455	1.035	51	53.2	0.483	1.052	Superato	+21.4	+2.0
CARAMANICO METEO	35	113.93	0.431	0.658	58	114.13	0.38	0.542	Superato	+65.7	+0.2
CASTEL DEL MONTE	42	70.39	0.623	2.997	57	70.98	0.572	2.840	Superato	+35.7	+0.8
COCULLO	46	59.18	0.256	0.771	47	58.63	0.264	0.718	Superato	+2.2	-0.9
COLLEPIETRO	42	63.77	0.646	2.659	57	60.44	0.618	2.863	Superato	+35.7	-5.2
FORCA DI PENNE	=	=	=	=	31	55.6	0.429	1.492	=	=	=
GORIANO SICOLI	=	=	=	=	27	52.49	=	=	=	=	=
L AQUILA	52	44.53	0.247	0.652	77	43.4	0.24	0.721	Superato	+48.1	-2.5
MONTEREALE	43	51.45	0.264	0.299	62	52.36	0.263	0.518	Superato	+44.2	+1.8
PASSO GODI	=	=	=	=	19	112.33	=	=	=	=	=
PASSO LANCIANO	=	=	=	=	20	166.32	=	=	=	=	=
PESCOSANSONESCO	47	70.63	0.41	1.142	63	70.36	0.417	0.955	Superato	+34.0	-0.4
POPOLI	60	81.73	0.543	1.683	69	80.46	0.557	1.595	Superato	+15.0	-1.6
ROCCA DI MEZZO	36	65.71	0.321	0.810	42	65.49	0.303	0.864	Superato	+16.7	-0.3
ROCCACASALE	=	=	=	=	22	114.68	=	=	=	=	=
ROCCAMORICE	=	=	=	=	43	110.49	0.398	0.714	=	=	=
SALLE	19	97.72	=	=	39	100.2	0.36	0.882	Superato	+105.3	+2.5
SANT EUFEMIA A MAIELLA	43	106.71	0.415	1.084	51	102.74	0.419	1.165	Superato	+18.6	-3.7
SCANNO	54	74.20	0.281	0.940	74	72.21	0.311	1.126	Superato	+37.0	-2.7
SULMONA	50	47.95	0.332	0.956	73	49.47	0.363	1.132	Superato	+46.0	+3.2
TERMINE	49	67.12	0.265	0.211	53	67.33	0.261	0.192	Superato	+8.2	+0.3
TORNIMPARTE	56	73.85	0.258	0.308	66	76.61	0.292	0.940	Superato	+17.9	+3.7
VILLA S LUCIA	=	=	=	=	19	98.4	=	=	=	=	=
VILLALAGO	=	=	=	=	16	66.26	=	=	=	=	=
Num. Dati Totali	870				1387					+59.4	
Num. Dati Medi	43.50				47.83						
Valore medio		70.50	0.390	1.129		77.51	0.39	1.23			
Deviazione Standard		19.23	0.124	0.777		27.60	0.104	0.739			
Errore standard		4.300	0.029	0.183		5.124	0.022	0.154			

Fascia di confidenza (95%)	±8.428	±0.057	±0.359	±10.044	±0.042	±0.302	
	±11.95%	±14.69%	±31.8%	±12.96%	±10.93%	±24.5%	

Tabella 15: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Durata pari a 24 ore. Risultati dell'analisi del confronto tra le serie disponibili fino al 1996 e quelle attualmente disponibili (Cv indica il coefficiente di variazione, Cs il coefficiente di asimmetria).

Stazione (durata 24 h)	Fino al 1996				Aggiornamento				Test K-S	Differenze	
	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs	Num. Dati	Media (mm)	Cv	Cs		Num. Dati (%)	Media (%)
ALANNO	36	60.91	0.381	2.220	47	59.81	0.383	1.975	Superato	+30.6	-1.8
CATIGNANO	47	64.83	0.479	1.316	71	65.44	0.444	1.113	Superato	+51.1	+0.9
CEPAGATTI	48	60.54	0.417	1.097	59	59.04	0.408	1.128	Superato	+22.9	-2.5
MANOPPELLO	16	95.17	=	=	26	91.95	=	=	Superato	+62.5	-3.4
MOSCUFO	51	62.68	0.431	1.013	67	65.51	0.44	1.071	Superato	+31.4	+4.5
SCAFA	=	=	=	=	23	78.5	=	=	=	=	=
SPOLTORE	23	69.50	=	=	33	66.56	0.348	1.622	Superato	+43.5	-4.2
Num. Dati Totali	221				326					+47.5	
Num. Dati Medi	36.83				46.57						
Valore medio		68.94	0.427	1.412		69.54	0.40	1.38			
Deviazione Standard		13.26	0.041	0.554		11.76	0.040	0.401			
Errore standard		5.414	0.020	0.277		4.444	0.018	0.179			
Fascia di confidenza (95%)		±10.612	±0.04	±0.543		±8.71	±0.035	±0.351			
		±15.39%	±9.31%	±38.46%		±12.52%	±8.72%	±25.43%			

Tabella 16: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Grandezza indice. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	GRANDEZZA INDICE				t _d *	Differenze	
	PSDA		Aggiornamento			m ₁	n
	m ₁	n	m ₁	n			
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ASSERGI	19.30	0.41	22.01	0.36	12.3	+14.02	-12.62
BAGNATURO	18.30	0.47	18.79	0.44	2.6	+2.66	-5.98
BARISCIANO	23.10	0.22	23.12	0.19	1.0	+0.06	-12.11
BRITTOLI	29.30	0.27	28.62	0.27	=	-2.31	+1.24
BUSSI OFFICINE	24.20	0.36	23.27	0.38	=	-3.86	+4.57
CAPESTRANO	16.60	0.35	17.59	0.35	=	+5.95	+0.96
CARAMANICO METEO	23.80	0.50	26.39	0.46	12.2	+10.87	-8.21
CASTEL DEL MONTE	19.50	0.40	20.96	0.38	=	+7.48	-3.07
COCULLO	20.60	0.34	20.16	0.34	=	-2.15	-0.61
COLLEPIETRO	18.50	0.39	19.88	0.35	5.3	+7.45	-10.97
FORCA DI PENNE	22.20	0.29	21.34	0.30	=	-3.89	+5.75
GORIANO SICOLI	23.90	0.30	20.28	0.30	=	-15.14	+0.40
L AQUILA	19.00	0.27	18.31	0.27	=	-3.61	+2.05
MONTEREALE	18.00	0.33	18.66	0.32	=	+3.67	-1.02
PASSO GODI	=	=	30.89	0.41	=	=	=
PASSO LANCIANO	25.50	0.52	39.26	0.45	=	+53.96	-11.79
PESCOSANSONESCO	25.40	0.32	25.94	0.31	=	+2.13	-0.34
POPOLI	20.60	0.43	20.12	0.44	=	-2.31	+1.88
ROCCA DI MEZZO	17.80	0.41	19.16	0.39	=	+7.65	-5.22
ROCCACASALE	21.30	0.51	23.82	0.49	=	+11.82	-3.41
ROCCAMORICE	27.20	0.44	26.63	0.45	=	-2.09	+1.06
SALLE	28.50	0.39	29.47	0.39	=	+3.41	+0.02
SANT EUFEMIA A MAIELLA	26.10	0.46	26.23	0.43	1.2	+0.50	-6.00
SCANNO	20.90	0.40	21.18	0.39	3.3	+1.32	-2.77
SULMONA	16.10	0.34	17.64	0.32	=	+9.54	-5.37
TERMINE	22.80	0.33	22.07	0.35	=	-3.22	+5.41
TORNIMPARTE	21.30	0.39	22.08	0.39	=	+3.65	+0.12
VILLA S LUCIA	23.00	0.40	21.56	0.48	=	-6.27	+18.55
VILLALAGO	=	=	22.89	0.33	=	=	=
Valori medi	21.96	0.38	23.04	0.37	=	+3.75	-1.76

Tabella 17: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona costiera. Grandezza indice. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	GRANDEZZA INDICE				t _d [*]	Differenze	
	PSDA		Aggiornamento			m ₁	n
	m ₁	n	m ₁	n			
	(mm)	(-)	(mm)	(-)			
ALANNO	24.20	0.29	24.86	0.28	6.2	+2.71	-5.05
CATIGNANO	22.30	0.33	25.34	0.30	=	+13.65	-8.44
CEPAGATTI	22.00	0.31	22.50	0.30	=	+2.29	-1.77
MANOPPELLO	27.90	0.38	28.33	0.37	3.1	+1.54	-3.53
MOSCUFO	21.50	0.34	23.39	0.32	=	+8.77	-4.39
SCAFA	=	=	25.70	0.35	=	=	=
SPOLTRE	27.10	0.30	27.08	0.28	=	-0.06	-6.94
Valori medi	24.17	0.33	25.31	0.32	=	4.82	-5.02

Tabella 18: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Tempo di ritorno pari a 20 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	T _R = 20 anni				t _d [*]	Differenze	
	PSDA		Aggiornamento			m ₁	n
	m ₁	n	m ₁	n			
	(mm)	(-)	(mm)	(-)			
ASSERGI	35.3	0.398	40.25	0.35	16.2	+14.01	-11.83
BAGNATURO	33.5	0.451	34.36	0.43	3.5	+2.55	-4.48
BARISCIANO	42.3	0.215	42.27	0.17	=	-0.07	-19.91
BRITTOLI	53.6	0.25	52.34	0.25	=	-2.34	-0.88
BUSSI OFFICINE	44.3	0.347	42.55	0.36	=	-3.95	+4.85
CAPESTRANO	30.4	0.329	32.17	0.33	=	+5.81	+0.75
CARAMANICO METEO	43.6	0.487	48.25	0.44	9.1	+10.68	-9.43
CASTEL DEL MONTE	35.7	0.38	38.33	0.37	=	+7.36	-3.16
COCULLO	37.7	0.322	36.86	0.32	=	-2.22	-1.84
COLLEPIETRO	33.9	0.377	36.35	0.34	5.5	+7.24	-10.93
FORCA DI PENNE	40.6	0.269	39.02	0.28	=	-3.90	+5.11
GORIANO SICOLI	43.7	0.282	37.09	0.28	=	-15.12	-0.21
L AQUILA	34.8	0.249	33.49	0.25	=	-3.76	+0.74
MONTEREALE	32.9	0.312	34.13	0.30	=	+3.73	-2.49
PASSO GODI	=	=	56.50	0.39	=	=	=
PASSO LANCIANO	46.7	0.499	71.80	0.45	=	+53.74	-10.48
PESCOSANSONESCO	46.5	0.299	47.44	0.30	=	+2.02	-0.91

Stazione	$T_R = 20 \text{ anni}$					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
POPOLI	37.7	0.412	36.80	0.42	=	-2.38	+3.08
ROCCA DI MEZZO	32.6	0.392	35.04	0.37	=	+7.49	-4.67
ROCCACASALE	39	0.496	43.56	0.49	=	+11.69	-1.33
ROCCAMORICE	49.8	0.427	50.41	0.45	=	+1.22	+5.11
SALLE	52.2	0.369	53.90	0.37	=	+3.25	+0.03
SANT EUFEMIA A MAIELLA	47.8	0.441	47.97	0.41	1.1	+0.35	-7.16
SCANNO	38.2	0.381	38.73	0.37	5.2	+1.38	-2.17
SULMONA	29.5	0.327	32.25	0.31	=	+9.33	-6.57
TERMINE	41.7	0.317	40.35	0.34	=	-3.23	+5.97
TORNIMPARTE	39	0.375	40.37	0.38	=	+3.52	+1.42
VILLA S LUCIA	42.1	0.387	39.42	0.46	=	-6.35	+19.43
VILLALAGO	=	=	41.86	0.32	=	=	=
Valori medi	40.19	0.36	42.20	0.36	=	+3.78	-1.92

Tabella 19: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Tempo di ritorno pari a 20 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 20 \text{ anni}$					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ALANNO	45.5	0.291	47.04	0.28	10.2	+3.39	-4.95
CATIGNANO	41.9	0.326	47.97	0.30	=	+14.48	-8.92
CEPAGATTI	41.4	0.309	42.59	0.30	=	+2.88	-1.98
MANOPPELLO	52.5	0.384	53.62	0.37	6.7	+2.14	-2.90
MOSCUFO	40.4	0.339	44.26	0.33	=	+9.56	-3.34
SCAFA	=	=	48.63	0.35	=	=	=
SPOLTRE	50.9	0.304	51.26	0.29	1.7	+0.71	-4.52
Valori medi	45.43	0.33	47.91	0.32	=	5.53	-4.44

Tabella 20: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Tempo di ritorno pari a 50 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 50 \text{ anni}$					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ASSERGI	42.7	0.394	49.31	0.35	18.9	+15.47	-12.41
BAGNATURO	40.4	0.447	42.09	0.42	6.4	+4.18	-4.93
BARISCIANO	51.1	0.21	51.79	0.17	1.4	+1.35	-20.77
BRITTOLI	64.8	0.246	64.13	0.24	=	-1.04	-1.63
BUSSI OFFICINE	53.5	0.343	52.13	0.36	=	-2.56	+4.38
CAPESTRANO	36.7	0.325	39.41	0.33	=	+7.37	+0.20
CARAMANICO METEO	52.6	0.483	59.12	0.44	11.5	+12.39	-9.89
CASTEL DEL MONTE	43.1	0.376	46.96	0.36	=	+8.95	-3.68
COCULLO	45.5	0.318	45.16	0.31	=	-0.74	-2.43
COLLEPIETRO	40.9	0.373	44.54	0.33	7.3	+8.90	-11.53
FORCA DI PENNE	49.1	0.265	47.80	0.28	=	-2.64	+4.50
GORIANO SICOLI	52.8	0.278	45.44	0.28	=	-13.94	-0.86
L'AQUILA	42	0.245	41.03	0.25	=	-2.30	+0.02
MONTEREALE	39.8	0.308	41.81	0.30	=	+5.05	-3.11
PASSO GODI	=	=	69.22	0.38	=	=	=
PASSO LANCIANO	56.4	0.495	87.96	0.44	=	+55.96	-10.93
PESCOSANSONESCO	56.1	0.295	58.12	0.29	=	+3.60	-1.54
POPOLI	45.5	0.408	45.09	0.42	=	-0.90	+2.67
ROCCA DI MEZZO	39.3	0.388	42.93	0.37	=	+9.24	-5.19
ROCCACASALE	47.1	0.492	53.36	0.48	=	+13.30	-1.71
ROCCAMORICE	60.1	0.423	61.27	0.45	=	+1.95	+6.10
SALLE	63	0.364	66.03	0.36	=	+4.81	-0.20
SANT'EUFEMIA A MAIELLA	57.7	0.437	58.77	0.40	1.7	+1.85	-7.64
SCANNO	46.2	0.377	47.44	0.37	14.0	+2.69	-2.67
SULMONA	35.6	0.323	39.51	0.30	=	+10.99	-7.21
TERMINE	50.4	0.313	49.44	0.33	=	-1.91	+5.46
TORNIMPARTE	47.1	0.371	49.46	0.37	=	+5.02	+0.94
VILLA S. LUCIA	50.8	0.383	48.30	0.46	=	-4.92	+19.16
VILLALAGO	=	=	51.28	0.32	=	=	=
Valori medi	48.53	0.36	51.69	0.35	=	+5.26	-2.40

Tabella 21: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Tempo di ritorno pari a 50 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 50$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^* (ore)		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)		(%)	(%)
ALANNO	55.9	0.291	57.18	0.28	4.8	+2.30	-4.95
CATIGNANO	51.5	0.326	58.31	0.30	=	+13.22	-8.92
CEPAGATTI	50.8	0.309	51.77	0.30	22.0	+1.91	-1.98
MANOPPELLO	64.4	0.384	65.18	0.37	2.9	+1.21	-2.90
MOSCUFO	49.7	0.339	53.80	0.33	=	+8.25	-3.34
SCAFA	=	=	59.12	0.35	=	=	=
SPOLTORE	62.6	0.304	62.31	0.29	=	-0.46	-4.52
Valori medi	55.82	0.33	58.24	0.32	=	+4.40	-4.44

Tabella 22: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Tempo di ritorno pari a 100 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 100$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^* (ore)		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)		(%)	(%)
ASSERGI	48.4	0.391	56.16	0.34	20.7	+16.03	-12.56
BAGNATURO	45.9	0.444	47.94	0.42	7.1	+4.45	-5.00
BARISCIANO	58	0.205	58.99	0.16	1.5	+1.70	-20.40
BRITTOLI	73.5	0.243	73.04	0.24	=	-0.62	-1.73
BUSSI OFFICINE	60.7	0.339	59.37	0.35	=	-2.18	+4.67
CAPESTRANO	41.7	0.322	44.88	0.32	=	+7.63	+0.14
CAMANICO METEO	59.7	0.479	67.34	0.43	13.0	+12.79	-9.80
CASTEL DEL MONTE	48.9	0.373	53.48	0.36	=	+9.37	-3.76
COCULLO	51.7	0.314	51.44	0.31	=	-0.50	-2.21
COLLEPIETRO	46.4	0.37	50.73	0.33	7.9	+9.33	-11.68
FORCA DI PENNE	55.7	0.261	54.45	0.27	=	-2.25	+4.88
GORIANO SICOLI	60	0.275	51.76	0.27	=	-13.74	-0.94
L'AQUILA	47.7	0.241	46.74	0.24	=	-2.02	+0.35
MONTEREALE	45.2	0.304	47.62	0.30	=	+5.36	-2.88
PASSO GODI	=	=	78.84	0.38	=	=	=

Stazione	$T_R = 100$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
PASSO LANCIANO	64	0.492	100.19	0.44	=	+56.54	-11.04
PESCOSANSONESCO	63.8	0.291	66.20	0.29	=	+3.76	-1.28
POPOLI	51.7	0.405	51.36	0.42	=	-0.67	+2.64
ROCCA DI MEZZO	44.7	0.384	48.90	0.36	=	+9.39	-5.03
ROCCACASALE	53.5	0.489	60.78	0.48	=	+13.61	-1.76
ROCCAMORICE	68.3	0.419	69.49	0.45	=	+1.74	+7.12
SALLE	71.5	0.361	75.21	0.36	=	+5.19	-0.25
SANT EUFEMIA A MAIELLA	65.5	0.433	66.93	0.40	1.9	+2.19	-7.53
SCANNO	52.5	0.374	54.04	0.36	16.6	+2.93	-2.75
SULMONA	40.4	0.32	45.00	0.30	=	+11.40	-7.34
TERMINE	57.2	0.309	56.31	0.33	=	-1.56	+5.80
TORNIMPARTE	53.5	0.367	56.34	0.37	=	+5.31	+1.17
VILLA S LUCIA	57.7	0.38	55.01	0.45	=	-4.66	+19.26
VILLALAGO	=	=	58.41	0.31	=	=	=
Valori medi	55.10	0.36	58.86	0.35	=	+5.58	-2.29

Tabella 23: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Tempo di ritorno pari a 100 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 100$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ALANNO	63.2	0.291	64.85	0.28	6.0	+2.62	-4.95
CATIGNANO	58.2	0.326	66.13	0.30	=	+13.62	-8.92
CEPAGATTI	57.4	0.309	58.72	0.30	=	+2.29	-1.98
MANOPPELLO	72.8	0.384	73.92	0.37	3.9	+1.54	-2.90
MOSCUFO	56.1	0.339	61.02	0.33	=	+8.76	-3.34
SCAFA	=	=	67.05	0.35	=	=	=
SPOLTRE	70.7	0.304	70.67	0.29	=	-0.04	-4.52
Valori medi	63.07	0.33	66.05	0.32	=	+4.80	-4.44

Tabella 24: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Tempo di ritorno pari a 200 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 200$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ASSERGI	54.2	0.389	63.01	0.34	20.8	+16.26	-12.76
BAGNATURO	51.4	0.442	53.79	0.42	7.4	+4.65	-5.14
BARISCIANO	64.9	0.204	66.19	0.16	1.6	+1.98	-21.25
BRITTOLI	82.3	0.241	81.96	0.24	=	-0.42	-1.96
BUSSI OFFICINE	68	0.338	66.62	0.35	=	-2.03	+4.23
CAPESTRANO	46.6	0.32	50.36	0.32	=	+8.07	-0.02
CARAMANICO METEO	66.9	0.478	75.55	0.43	12.3	+12.93	-10.14
CASTEL DEL MONTE	54.8	0.371	60.01	0.36	=	+9.51	-3.92
COCULLO	57.9	0.313	57.72	0.30	=	-0.32	-2.70
COLLEPIETRO	52	0.368	56.92	0.32	7.9	+9.46	-11.88
FORCA DI PENNE	62.4	0.259	61.09	0.27	=	-2.10	+4.72
GORIANO SICOLI	67.2	0.273	58.07	0.27	=	-13.58	-1.14
L'AQUILA	53.4	0.24	52.44	0.24	=	-1.80	-0.28
MONTEREALE	50.6	0.303	53.43	0.29	=	+5.60	-3.39
PASSO GODI	=	=	88.46	0.37	=	=	=
PASSO LANCIANO	71.7	0.49	112.41	0.44	=	+56.78	-11.19
PESCOSANSONESCO	71.4	0.29	74.28	0.28	=	+4.03	-1.81
POPOLI	57.9	0.403	57.62	0.41	=	-0.48	+2.52
ROCCA DI MEZZO	50	0.383	54.87	0.36	=	+9.73	-5.44
ROCCACASALE	59.9	0.488	68.20	0.48	=	+13.86	-2.08
ROCCAMORICE	76.4	0.418	77.71	0.45	=	+1.71	+7.37
SALLE	80.1	0.359	84.39	0.36	=	+5.35	-0.40
SANT'EUFEMIA A MAIELLA	73.3	0.432	75.10	0.40	2.0	+2.46	-7.90
SCANNO	58.7	0.372	60.63	0.36	20.1	+3.29	-2.90
SULMONA	45.2	0.318	50.50	0.29	=	+11.72	-7.55
TERMINE	64.1	0.308	63.18	0.32	=	-1.43	+5.32
TORNIMPARTE	59.9	0.366	63.21	0.37	=	+5.53	+0.76
VILLA S. LUCIA	64.6	0.378	61.73	0.45	=	-4.45	+19.23
VILLALAGO	=	=	65.53	0.31	=	=	=
Valori medi	61.70	0.35	66.03	0.34	=	+5.79	-2.58

Tabella 25: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Tempo di ritorno pari a 200 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 200$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ALANNO	70.7	0.291	72.52	0.28	5.9	+2.58	-4.95
CATIGNANO	65.1	0.326	73.95	0.30	=	+13.59	-8.92
CEPAGATTI	64.2	0.309	65.66	0.30	=	+2.28	-1.98
MANOPPELLO	81.5	0.384	82.66	0.37	3.6	+1.43	-2.90
MOSCUFO	62.8	0.339	68.23	0.33	=	+8.65	-3.34
SCAFA	=	=	74.98	0.35	=	=	=
SPOLTORE	79.1	0.304	79.03	0.29	=	-0.09	-4.52
Valori medi	70.57	0.33	73.86	0.32	=	+4.74	-4.44

Tabella 26: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Appenninica. Tempo di ritorno pari a 500 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 500$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ASSERGI	62	0.387	72.07	0.34	20.0	+16.25	-12.98
BAGNATURO	58.7	0.44	61.53	0.42	7.5	+4.81	-5.31
BARISCIANO	74.2	0.203	75.70	0.16	1.6	+2.02	-22.15
BRITTOLI	94.1	0.238	93.74	0.23	=	-0.38	-1.82
BUSSI OFFICINE	77.7	0.335	76.20	0.35	=	-1.93	+4.38
CAPESTRANO	53.3	0.317	57.60	0.32	=	+8.07	+0.10
CARAMANICO METEO	76.4	0.475	86.42	0.43	13.0	+13.11	-10.12
CASTEL DEL MONTE	62.6	0.369	68.64	0.35	=	+9.64	-4.11
COCULLO	66.1	0.31	66.02	0.30	=	-0.13	-2.61
COLLEPIETRO	59.4	0.365	65.10	0.32	8.3	+9.60	-11.88
FORCA DI PENNE	71.3	0.257	69.87	0.27	=	-2.00	+4.51
GORIANO SICOLI	76.7	0.27	66.42	0.27	=	-13.40	-1.01
L'AQUILA	61	0.237	59.98	0.24	=	-1.67	-0.13
MONTEREALE	57.8	0.3	61.12	0.29	=	+5.74	-3.30
PASSO GODI	=	=	101.18	0.37	=	=	=

Stazione	$T_R = 500$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
PASSO LANCIANO	81.9	0.487	128.58	0.43	=	+56.99	-11.18
PESCOSANSONESCO	81.5	0.287	84.96	0.28	=	+4.24	-1.70
POPOLI	66.1	0.401	65.91	0.41	=	-0.29	+2.38
ROCCA DI MEZZO	57.1	0.38	62.76	0.36	=	+9.90	-5.38
ROCCACASALE	68.4	0.485	78.01	0.48	=	+14.04	-2.01
ROCCAMORICE	87.3	0.415	88.57	0.45	=	+1.46	+8.15
SALLE	91.5	0.357	96.52	0.35	=	+5.49	-0.57
SANT EUFEMIA A MAIELLA	83.8	0.429	85.90	0.40	2.1	+2.51	-7.86
SCANNO	67.1	0.37	69.35	0.36	18.0	+3.35	-3.08
SULMONA	51.7	0.315	57.76	0.29	=	+11.72	-7.50
TERMINE	73.2	0.305	72.27	0.32	=	-1.27	+5.50
TORNIMPARTE	68.4	0.363	72.30	0.37	=	+5.71	+0.87
VILLA S LUCIA	73.8	0.375	70.60	0.45	=	-4.33	+19.48
VILLALAGO	=	=	74.96	0.31	=	=	=
Valori medi	70.49	0.35	75.52	0.34	=	+5.90	-2.57

Tabella 27: Bacino dell'Aterno-Pescara. Zona Costiera. Tempo di ritorno pari a 500 anni. Risultati dell'analisi pluviografica.

Stazione	$T_R = 500$ anni					Differenze	
	PSDA		Aggiornamento		t_d^*		
	m_1	n	m_1	n		m_1	n
	(mm)	(-)	(mm)	(-)	(ore)	(%)	(%)
ALANNO	80.6	0.291	82.66	0.28	5.8	+2.56	-4.95
CATIGNANO	74.3	0.326	84.29	0.30	=	+13.44	-8.92
CEPAGATTI	73.3	0.309	74.84	0.30	=	+2.10	-1.98
MANOPPELLO	92.9	0.384	94.22	0.37	3.5	+1.42	-2.90
MOSCUFO	71.6	0.339	77.77	0.33	=	+8.62	-3.34
SCAFA	=	=	85.46	0.35	=	=	=
SPOLTRE	90.2	0.304	90.08	0.29	=	-0.14	-4.52
Valori medi	80.48	0.33	84.19	0.32	=	+4.67	-4.44

5.3. STIMA DELLE PORTATE

Per effettuare la stima degli idrogrammi di piena per il caso studio dell'Aterno-Pescara, tramite l'applicazione del modello idrologico LISFLOOD, è stato utilizzato l'insieme di informazioni descritto nel paragrafo §3.3. Sono state quindi implementate le mappe riguardanti l'area d'interesse, in particolare per quanto riguarda l'area (coincidente con la delineazione del bacino idrografico sotteso alla sezione di foce) in corrispondenza della quale è necessario stimare la variazione spazio-temporale delle portate (Figura 9). Inoltre, è stato definito l'insieme di punti in corrispondenza dei quali sono estratti i risultati in termini di idrogrammi.

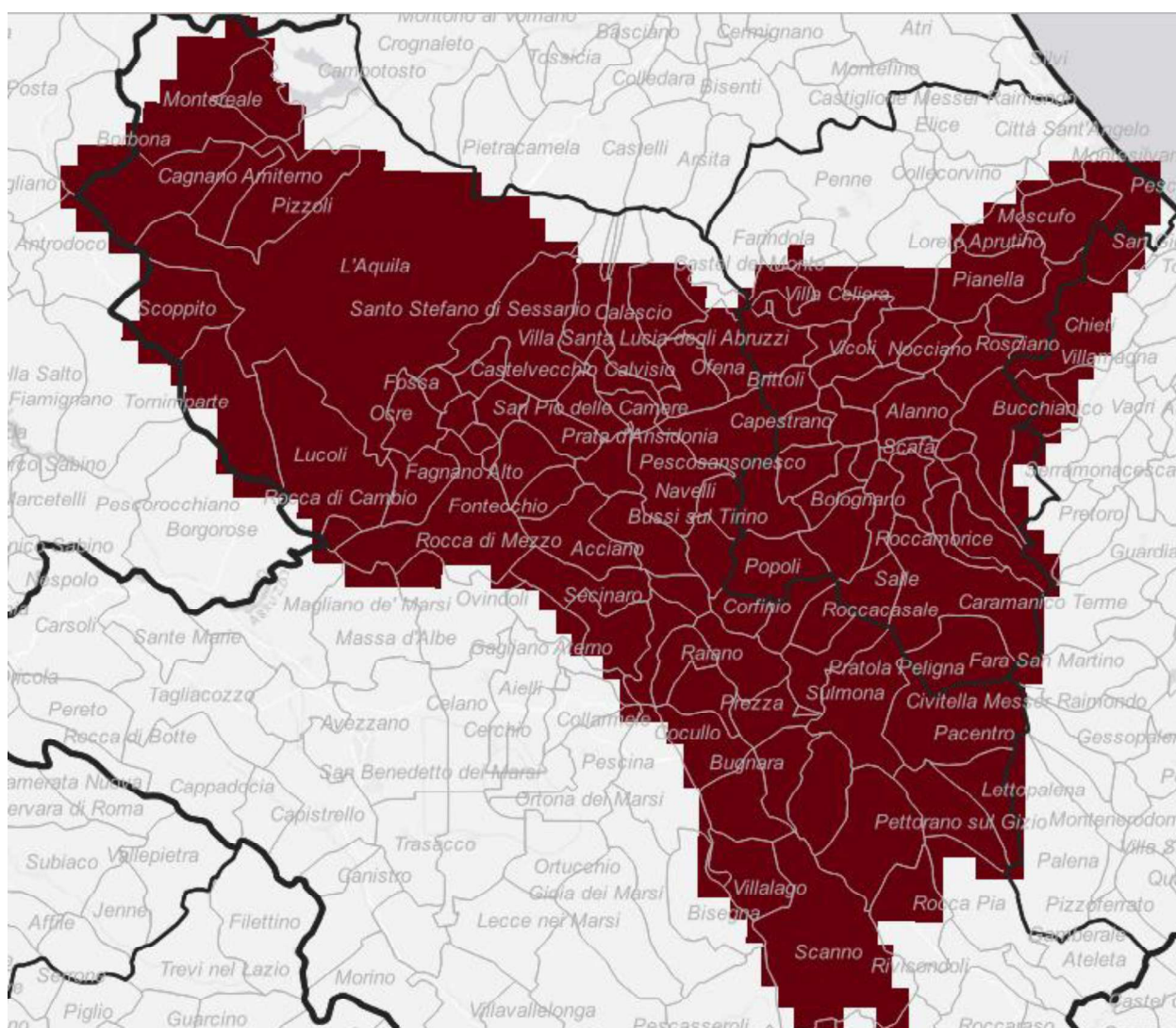


Figura 9: Mappa identificativa del dominio di calcolo utilizzato in LISFLOOD per il bacino dell'Aterno-Pescara.

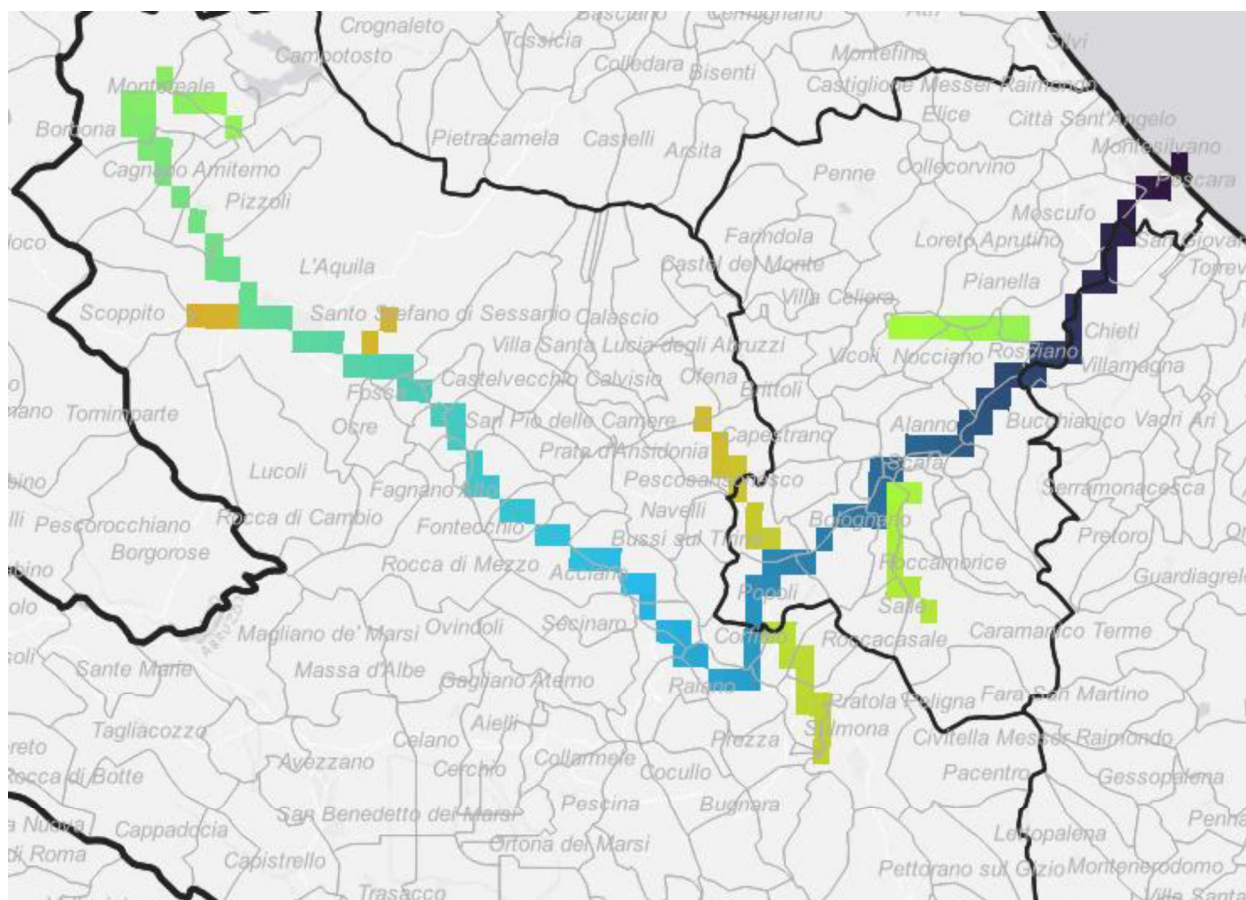


Figura 10: Mapa identificativa dei pixel per i quali si ottengono le serie temporali in output nel dominio di calcolo utilizzato in LISFLOOD per il bacino dell'Aterno-Pescara.

Il modello idrologico utilizzato richiede un'inizializzazione per la corretta definizione della portata media di percolazione tra la zona superiore e quella inferiore di falda.

Successivamente alla fase di inizializzazione, il modello è stato utilizzato per riprodurre la serie temporale degli idrogrammi a lungo termine per il periodo 2001-2020 (ovvero su un orizzonte temporale pari a 20 anni) con una discretizzazione temporale pari a 6 ore. Tale simulazione è finalizzata alla calibrazione dei parametri e per definire la condizione iniziale da utilizzare per la stima degli idrogrammi associati ai tempi di ritorno assegnati.

Il modello calibrato è stato, poi, utilizzato per la riproduzione dell'evento del novembre 2017 e per la valutazione delle portate con assegnato tempo di ritorno. Per quanto riguarda l'evento del novembre 2017, le evidenze di campo riportano ad un evento intenso, in particolare, per l'area a valle di Popoli. In tale area, in corrispondenza della stazione di Villareia, i risultati del modello forniscono un valore pari a $385.9 \text{ m}^3/\text{s}$, in accordo con il valore osservato pari a $292.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Al fine di valutare l'idrogramma in funzione del tempo di ritorno, è stato necessario definire la distribuzione spaziale dell'evento meteorico critico per ognuna delle sezioni e la relativa durata. Per quanto riguarda il primo aspetto, è stato utilizzato il metodo di sintesi STNSRP (si veda paragrafo §3.2.1) e la distribuzione spazio-temporale osservata e ricostruita dal dataset (si veda paragrafo §4.4). Per quanto riguarda il secondo aspetto, si è fatto diretto riferimento alle durate critiche già utilizzate nel PSDA (e riportate nella Tabella 29).

L'analisi delle osservazioni ha permesso la definizione di uno ietogramma sintetico parametrizzato. In particolare, le informazioni desunte dal dataset EMO1 sono state utilizzate per estrarre la variazione temporale dello ietogramma avvenuto in concomitanza dell'evento del novembre 2017. Lo ietogramma $i(t)$, in ogni punto del bacino, è stato adimensionalizzato rispetto al suo valore massimo (i_{max}) per ottenere uno ietogramma adimensionale (i^*) che può essere descritto come segue:

$$i^*(t^*) = \text{sech}^2\left(\frac{t^* - t_0}{\theta}\right)$$

nella quale t^* è il tempo adimensionale ($=t/t_d$, con t_d durata dell'evento) e i parametri t_0 e θ sono stati stimati, sulla base delle osservazioni, tramite un metodo non lineare di regressione (Vugrin et al., 2007). È da osservare che, nel caso del bacino dell'Aterno-Pescara, la grande estensione del bacino ha suggerito di effettuare l'analisi per aree di dimensione inferiore e pluviograficamente omogenee alla scala dei singoli eventi. Le aree sono state individuate sulla base dell'affidabilità statistica dei risultati dell'applicazione del metodo non lineare di regressione per l'individuazione dei parametri dello ietogramma adimensionale. Sono state individuate 4 aree. Dalla Figura 11 alla Figura 14 sono mostrati i risultati della regressione (con i valori dei parametri) per ognuna delle aree individuate, procedendo dalla parte interna (area "01") alla zona costiera (area "04"). Si osserva che la caratterizzazione dello ietogramma per le quattro aree considerate permette, inoltre, di rappresentare la distribuzione spaziale degli eventi simulati. Infatti, all'interno della stessa area, la distribuzione spaziale è stata considerata riproducendo quella direttamente osservata. Tra le diverse aree, l'utilizzo di diversi parametri dello ietogramma sintetico permette di cogliere l'evoluzione meteorologica dell'evento alla grande scala (e quindi la relativa distribuzione spaziale). La Figura 15 mostra il confronto tra gli ietogrammi sintetici (adimensionali) identificati per le quattro aree, da cui si coglie una diversa fase temporale e, quindi, si coglie l'effetto sulla distribuzione spaziale delle altezze di pioggia.

Si osserva che l'utilizzo dello ietogramma proposto (ovvero la sua dimensionalizzazione) è possibile soltanto con la definizione della durata dell'evento (parametro dello scenario di simulazione) e dell'intensità massima. Quest'ultima può essere desunta dalla seguente relazione:

$$h_{tot} = i_{max} \int_0^1 i^*(t^*) dt^* = i_{max} \tanh\left(\frac{1 - t_0}{\theta}\right)$$

Nella quale l'unica incognita è l'intensità massima i_{max} , poiché h_{tot} è l'altezza di pioggia (per assegnata durata e assegnato tempo di ritorno) definito come descritto nei paragrafi precedenti.

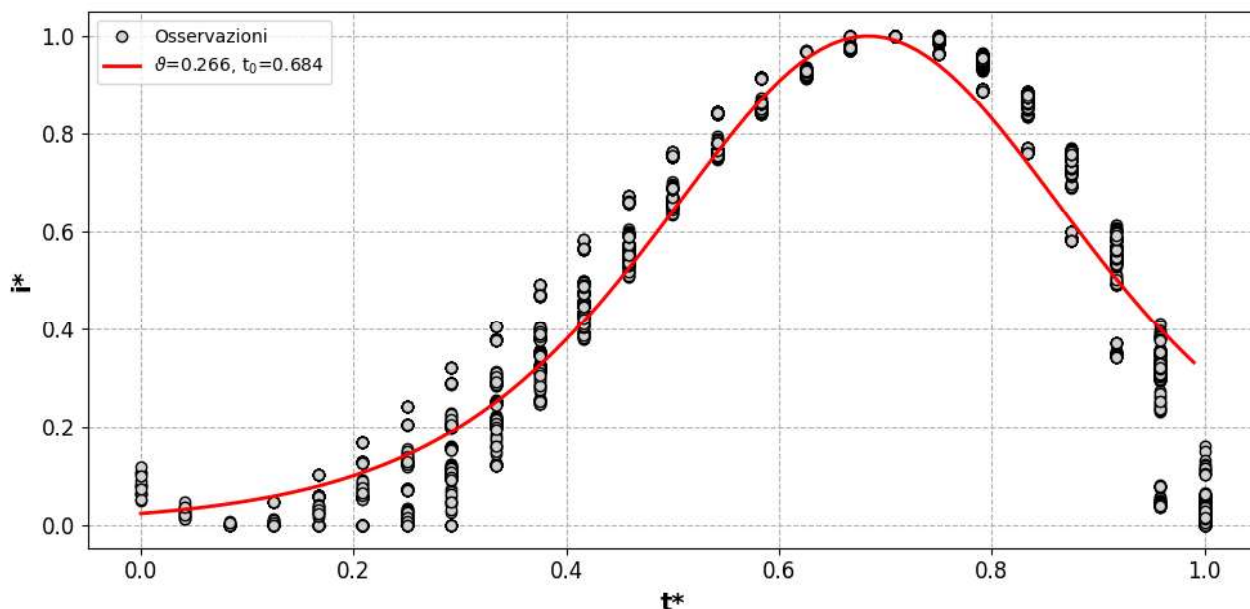


Figura 11: Area "01" - Ietogramma sintetico utilizzato per le simulazioni.

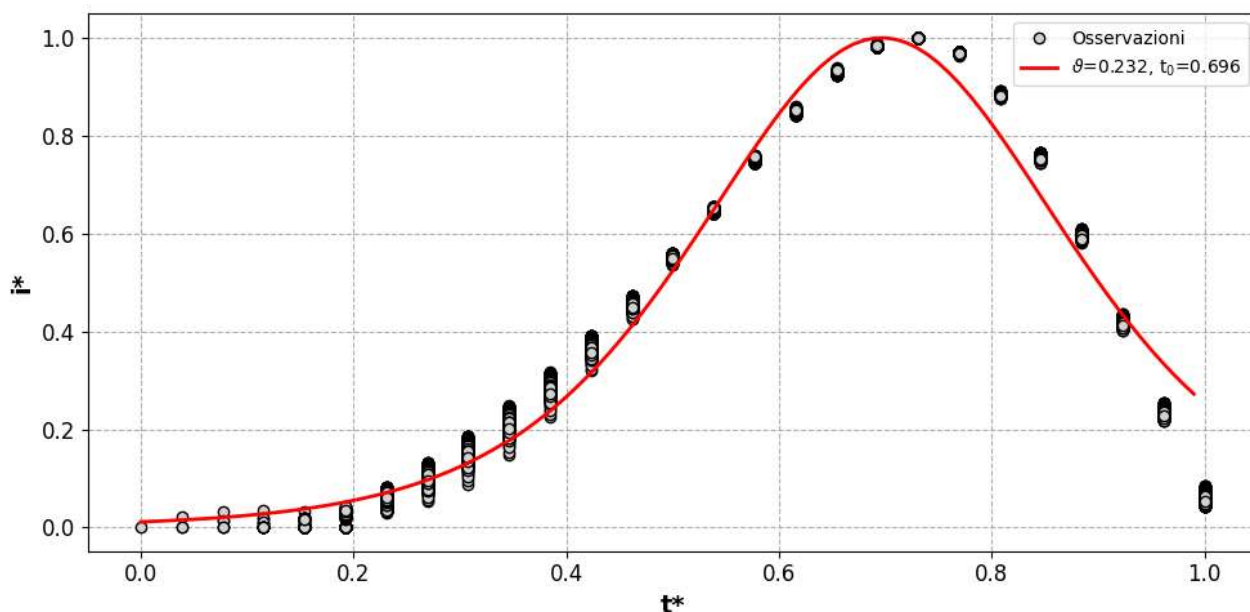


Figura 12: Area "02" - Ietogramma sintetico utilizzato per le simulazioni.

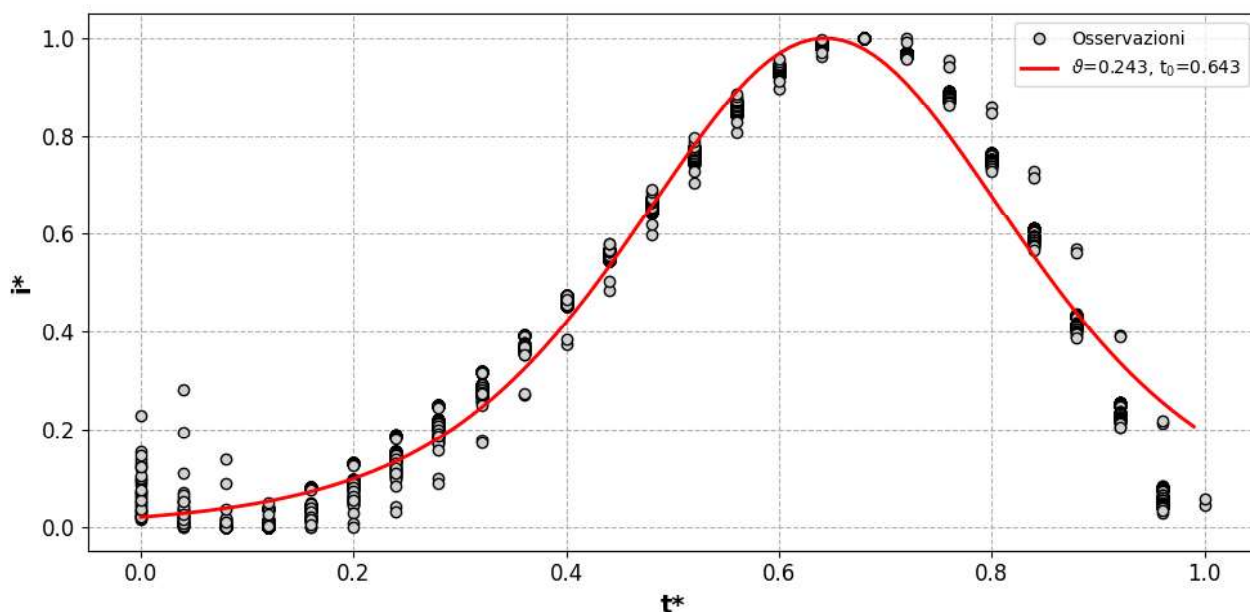


Figura 13: Area "03" - Ietogramma sintetico utilizzato per le simulazioni.

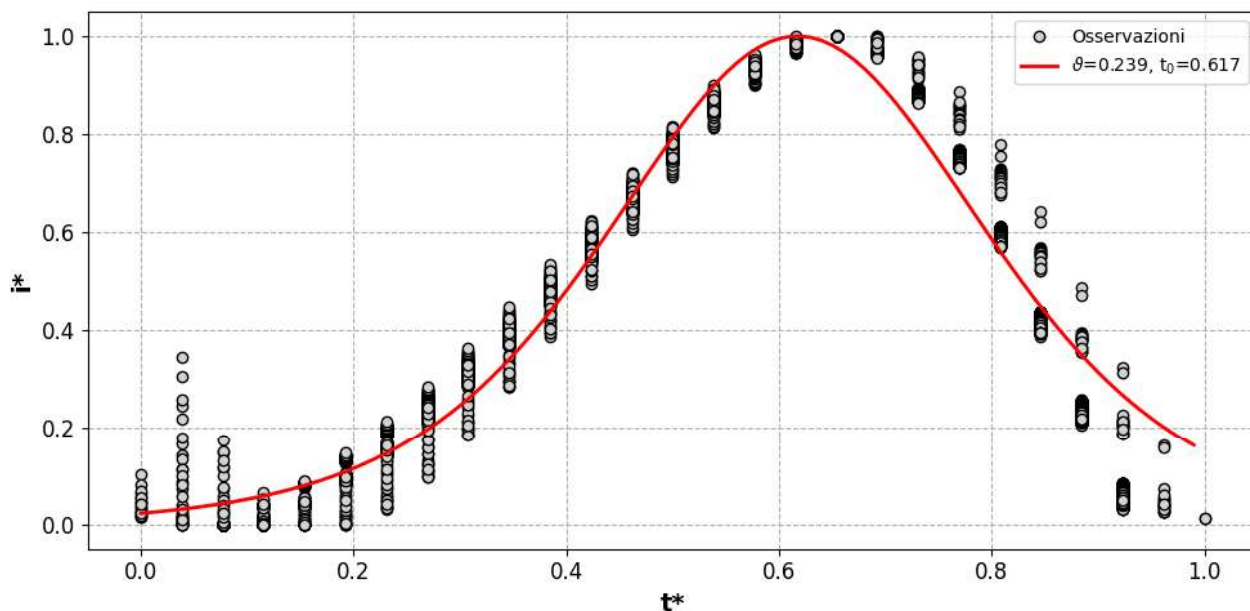


Figura 14: Area "04" - Ietogramma sintetico utilizzato per le simulazioni.

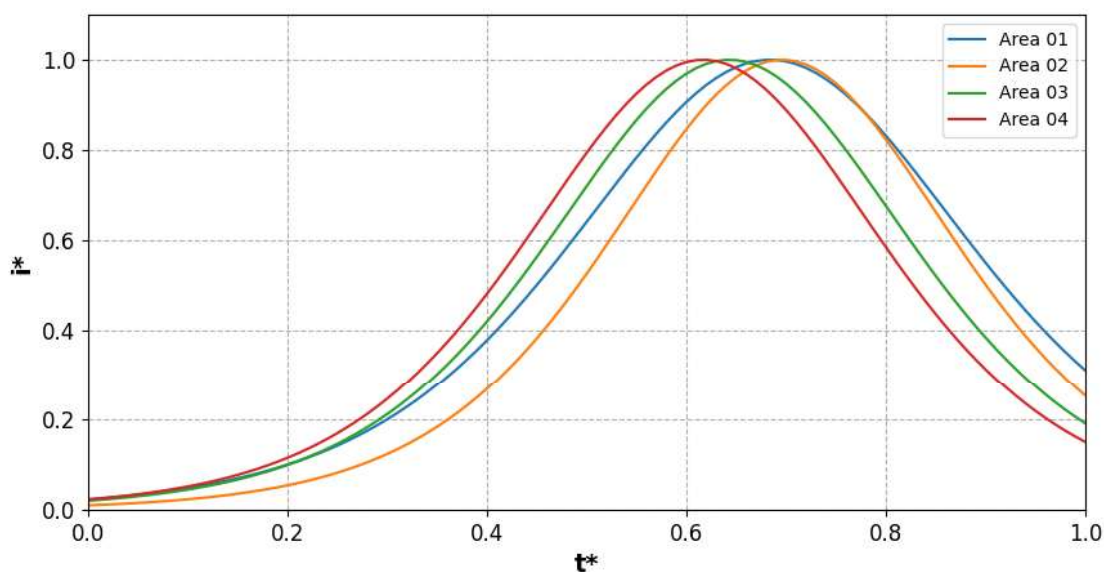


Figura 15: Confronto degli ietogrammi sintetici utilizzati per le simulazioni per ognuna delle aree identificate.

La stima delle portate è stata effettuata in corrispondenza di una serie di sezioni significative, selezionate in relazione agli studi idraulici da effettuare nell'ambito di questo stesso studio (Figura 16).

Si osserva che, anche in conseguenza di quanto evidenziato per quanto riguarda l'analisi pluviografica, l'aggiornamento rileva un incremento della stima delle portate rispetto alle valutazioni del PSDA. Si osserva un generale aumento delle deviazioni al crescere del tempo di ritorno. Tuttavia, nonostante l'applicazione di un approccio profondamente diverso, le differenze sono contenute non superando il 10% fino al tempo di ritorno pari a 50 anni (e arrivando a circa il 15% per il tempo di ritorno pari a 100 anni).

I risultati delle simulazioni, oltre a fornire una stima del valore massimo della portata, fornisce altresì la forma dell'idrogramma. Al fine di fornire uno strumento utile alla definizione della variazione temporale della portata, i risultati numerici sono stati utilizzati per determinare, sulla base di una procedura di regressione non lineare, la forma parametrica degli idrogrammi. In maniera del tutto simile (seppur formalmente non coincidente) a quanto già definito nell'ambito del PSDA, l'idrogramma è stato parametrizzato come segue:

$$Q(t) = Q_{base} + \alpha (Q_{max} - Q_{base}) \left(k \frac{t}{t^*} \right)^{\beta} \exp \left(-k \frac{t}{t^*} \right)$$

Nella quale il tempo t^* è pari al tempo di corrivazione (ovvero della durata dell'evento critico) opportunamente corretto tramite la seguente relazione:

$$t^* = t_c / \delta$$

Tabella 29: Bacino dell'Aterno-Pescara. Stima dei parametri necessari alla definizione degli idrogrammi.

	AT1	AT2	AT3	AT4	AT5	PE1	PE2
Q_{base} (m ³ /s)	2	3.5	4.7	5.5	6.5	30	61
t_c (ore)	6	8	10	11	12	16	20
α (-)	0.821	0.186	1.312	1.275	1.200	1.171	2.030
k (-)	2.932	3.878	2.368	2.344	2.420	2.576	1.716
δ (-)	0.992	1.057	1.027	1.051	1.045	0.992	1.082
β (-)	2.909	4.099	2.431	2.463	2.529	2.556	1.856
V_{20} (Mm ³)	2.516	8.543	10.596	12.227	15.413	37.450	62.508
V_{50} (Mm ³)	3.796	6.744	15.180	17.454	22.417	57.842	94.763
V_{100} (Mm ³)	4.835	5.427	18.836	22.302	27.895	74.896	120.289
V_{200} (Mm ³)	5.881	6.744	22.756	26.859	33.453	92.402	146.546
V_{500} (Mm ³)	7.383	8.543	28.033	32.961	40.960	117.486	181.773

5.4. ANALISI MAREOGRAFICA

L'analisi mareografica coincide con quella già esposta per il bacino del Tordino. Per semplicità di lettura, se ne riportano i risultati nel seguito.

La Tabella 30 riassume i valori dei livelli caratteristici della componente astronomica calcolati nella stazione di Ortona nel periodo 1999-2022.

La Figura 17 mostra i risultati ottenuti in termini di livello medio. La Tabella 31 mostra i risultati ottenuti per le due distribuzioni scelte riportando i livelli di ritorno associati ai tempi di ritorno 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni con e senza il livello medio mare per le due distribuzioni considerate. Non sono stati calcolati tempi di ritorno superiori ai 100 anni in considerazione della lunghezza delle serie storiche disponibili e quindi all'attendibilità statistica delle analisi su tempi di ritorno più elevati.

Tabella 30: Valori caratteristici della componente astronomica in corrispondenza della stazione mareografica di Ortona.

HAT (m)	MHWS (m)	MHWN (m)	MSL (m)	MLWN (m)	LWS (m)	LAT (m)
0.243	0.190	0.102	-0.042	-0.101	-0.167	-0.207

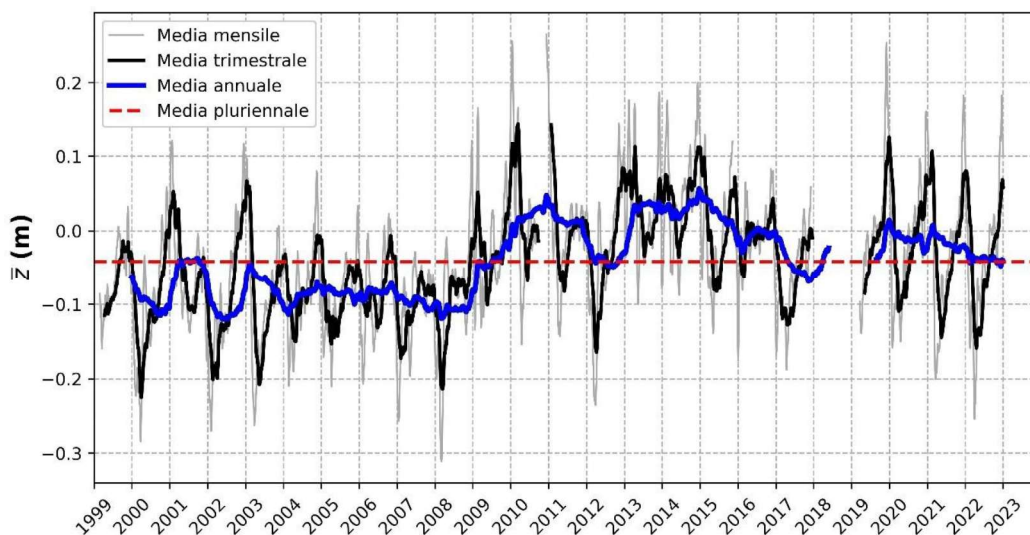


Figura 17: Livello medio del mare calcolato sulla base di finestre temporali di durata variabile.

Tabella 31: Livelli di ritorno calcolati con le distribuzioni GEV e GPD per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

	(Funzione di distribuzione GEV)		(Funzione di distribuzione: GPD)	
	Depurati dalla media	Non depurati dalla media	Depurati dalla media	Non depurati dalla media
Tr (anni)	z _w (cm)	z _w (cm)	z _w (cm)	z _w (cm)
2	51.8	54.4	53.8	58.4
5	60.1	65.4	60.6	66.1
10	65.2	70.4	65.5	71.1
25	71.2	74.9	71.5	76.9
50	75.5	77.4	75.7	80.6
100	79.5	79.2	79.8	84.0

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Burek P, Van Der Knijff J, De Roo A. LISFLOOD - Distributed Water Balance and Flood Simulation Model - Revised User Manual 2013. EUR EUR 26162. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2013. JRC78917

Choulga, M.; Moschini, F.; Mazzetti, C.; Grimaldi, S.; Disperati, J.; Beck, H.; Salamon, P.; Prudhomme, C. (2023): LISFLOOD static and parameter maps for Europe. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset]

Cowpervait, P.S.P., P.E. O'Connell, A.V. Metcalfe, J.A. Mawdsley, Stochastic point process modelling of rainfall. I. Single-site fitting and validation, *Journal of Hydrology*, Volume 175, Issues 1–4, 1996, Pages 17-46, ISSN 0022-1694, [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)80004-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)80004-7).

Gomes, G.; Thiemig, V.; Skøien, J. O.; Ziese, M.; Rauthe-Schöch, A.; Rustemeier, E.; Rehfeldt, K.; Walawender, J.; Kolbe, C.; Pichon, D.; Schweim, C.; Salamon, P. (2020): EMO: A high-resolution multi-variable gridded meteorological data set for Europe. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] doi: 10.2905/0BD84BE4-CEC8-4180-97A6-8B3ADAAAC4D26

Paul S. P. Cowpervait. "A Generalized Spatial-Temporal Model of Rainfall Based on a Clustered Point Process." *Proceedings: Mathematical and Physical Sciences* 450, no. 1938 (1995): 163–75.

Van Der Knijff, J. M., J. Younis & A. P. J. De Roo (2010) "LISFLOOD: a GIS-based distributed model for river basin scale water balance and flood simulation", *International Journal of Geographical Information Science*, 24:2, 189-212, DOI: 10.1080/13658810802549154

Vugrin, K. W., Swiler, L. P., Roberts, R. M., Stucky-Mack, N. J., & Sullivan, S. P. (2007). Confidence region estimation techniques for nonlinear regression in groundwater flow: Three case studies. *Water Resources Research*, 43(3).

Zajac, Z., Zambrano-Bigiarini, M., Salamon, P., Burek, P., Gentile, A., & Bianchi, A. (2013). Calibration of the LISFLOOD hydrological model for Europe. Calibration Round 2013 JRC Technical Report, European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy.