LIFE SEC ADAPT PROJECT

Upgrading Sustainable Energy Communities in Mayor Adapt initiative by planning Climate Change Adaptation strategies

CURRENT BASELINE ASSESSMENT REPORT

Municipality of Fermo

LIFE SEC ADAPT
LIFE14 CCA/IT/000316

PROGRAMME	LIFE 2014 – 2020 – Climate Change Adaptation
PROJECT ACRONYM	LIFE SEC ADAPT
PROJECT CODE	LIFE14/CCA/IT/00036
TITLE	Current Baseline Assessment Report
ACTION/TASK RELATED	A.1
DATE OF DELIVERY	31/10/2016
VERSION	Final
AUTHOR(S)	Prof. Geol. Massimiliano Fazzini

TABLE OF CONTENTS

TABLE OF CONTENTS

Executive summary in English 4

Executive summary in national language.....5

1. Introduction 8

1.1 Life Sec Adapt project objective 8

1.2 Action A1: definition of a climate baseline at local level 8

2. Municipality of Fermo : the geographical and climatic context 9

3. Data quality control and selected series: methodological approach for the analysis of data at local level.....12

4. Current climate trends 15

a Precipitation 15

b Temperatures 17

5. Climate extreme indices 24

a Precipitation 25

b Temperatures 31

References 42

EXECUTIVE SUMMARY

The primary source of information about climate and its variation on a specific geographical area is represented by a first assessment of climate data and an estimation of local climate trends, both of mean and extreme values. This information is provided by analysis of long time series of climatic variables, and by the application of statistical models for trend recognition and estimation.

The following report, describing the assessment of decades of climate data recorded at a local level (related to precipitation and temperature), is the first essential step for a correct climatic characterization of our territory in order to undertake a subsequent risk and vulnerability assessment at municipal level.

Precipitation

The statistical analysis performed and described in the report, regarding the trends relating to rainfall, show a general although only slightly increase in signal intensity, except of the summer, which shows a slight decrease. There is considerable homogeneity of the increase in accumulated rainfall in the seasons (with varying slope between 0,57 and 0,7 mm /year); it is evident that the annual and seasonal variations do not show statistical significance, considering the value of the resulting p_value - always> 0.05

Confirming the trends referring to the average precipitation, even the extremes indices do not show a statistically significant signal. It however assists to slightly positive trend for the relative intensity of daily precipitation (SDII, Simple Daily Intensity Index - (SDII, precipitation amount on rainy days, i.e. days with PRCP≥ 1.0 mm) coupled with a similarly slight annual temporal extension of the maximum number of consecutive dry days (CDD Consecutive Dry Days).

Thus said, a more extensive analysis could indicate a slight acceleration of the hydrologic cycle, with an increase of dry periods and of heavy rains, notably in the last twenty years (Trenberth et al. 2003; Giorgi et al. 2011). As well as for the considerations written thus far, even for this conclusion the report results do not allow us to consider this process stat**istically significant, being therefore related probably to the normal climate variability.**

Temperature

The average and maximum thermal climate overall shows statistically significant positive trend. The variable which annually highlights the more intense is the maximum temperature increase (over 4.7°C for the whole period). **Seasonally, the summer the most prone to a strong temperature increase season; such a signal, however, turns out to be abnormal and difficult to justify in the absence of metadata that demonstrate displacements or prolonged anomalies of sensor (+ 6,5 ° C for the whole period)**.

The minimum temperatures instead show a surprising, slight decrease, estimated at approximately 0,8 ° C for the entire period. Such a signal in a particular way characterizes the winter quarter - with a decline of 2°C. All indices related to the extreme minimum temperatures, mean and maximum show statistically significant changes, with the exception of very warm nights TN90P (Warm nights). The trends are all marked by an increase, except that relating to the really cold nights - TX10P (Cold days), which shows a contrast to the signal relative to the decrease in average minimum temperatures

Finally, as for temperatures, applying the Pettitt test, we can identify a "break-point" in the 1986, confirming the evidence of Toreti et Desiato, 2007, with a strong increase of the frequency of positive anomalies, both for extreme indices and mean values. Furthermore, it is interesting to notice that the decrease of the cold extremes is less significant than the increase of the hot extremes.

The indices that mark the most significant increases were those referring to days with maximum temperatures above 30 ° C and 25 ° C - SU30 * and SU 25 (hot days) - respectively 1,404 and 1,332 days / year, and the greater temporal extension of periods with consecutive hot days (WSDI, warm Spell Duration Index) - 1,027 days / year.

Surprising are the values of the indexes related to the decrease in minimum temperatures - eg. an obvious increase in frost days FD0 (Frost Days) – 0,68 days / year - and, more slightly, of the cold nights TN10P (Cold nights) +0,173 days / year. These features confirm that, locally, the micro-climatic conditions may determine countertendencies not easily understood with respect to the signal at the regional scale.

EXECUTIVE SUMMARY IN NATIONAL LANGUAGE

La principale fonte di informazioni sul clima e i suoi cambiamenti relativamente ad una specifica area geografica è costituita da una prima valutazione dei dati climatici e dalla stima dei trend climatici locali, sia per valori medi che per valori estremi. Queste informazioni vengono fornite dall'analisi di consistenti serie di variabili climatiche e dall'applicazione di modelli statistici per il riconoscimento e la stima dei trend.

Il seguente report, descrittivo dell'elaborazione di decenni di dati climatici registrati a livello locale (relative a precipitazioni e temperatura), è la prima essenziale fase di una corretta caratterizzazione del nostro territorio, propedeutica ad una successiva valutazione del rischio e della vulnerabilità a livello comunale.

Precipitazioni

Le analisi statistiche effettuate e descritte nel report, riguardanti i trend relativi alle precipitazioni, evidenziano un generale seppur lieve incremento del segnale, ad esclusione della stagione estiva, che mostra un lieve decremento. Si osserva una notevole omogeneità dell'incremento delle cumulate pluviometriche nelle stagioni (con *slope* variabili tra 0,57 e

0,7 mm/anno); risulta evidente che le variazioni annuali e stagionali non mostrino significatività statistica, considerando il valore del p_value risultante - sempre > 0,05.

A conferma dei trend relativi alle precipitazioni medie, anche gli indici estremi relativi non mostrano un segnale statisticamente significativo. Si assiste comunque a trend lievemente positivi per l'intensità relativa giornaliera della precipitazioni (SDII, Simple Daily Intensity Index) accoppiata ad un altrettanto lieve estensione temporale annuale del massimo numero di giorni secchi consecutivi (CDD, Consecutive Dry Days).

Una più approfondita analisi degli indici mostrerebbe una lieve accelerazione del ciclo idrologico locale, con un allungamento dei periodi secchi ed una moderata intensificazione nel numero degli eventi intensi, in particolare nell'ultimo ventennio (Trenberth et al. 2003; Giorgi et al. 2011). Anche in riferimento a quest'ultimo punto, i risultati non consentono di assegnare significatività statistica a tale processo, riconducibile quindi alla normale variabilità climatica.

Temperature

Il clima termico medio e massimo mostrano complessivamente trend positivi statisticamente significativi. La variabile che annualmente evidenzia l'incremento più forte è la temperatura massima (oltre 4,7°C relativamente all'intero periodo). Stagionalmente, l'estate la stagione più soggetta a **un forte incremento termico, evidentemente abnorme** e **difficilmente giustifcabile in assenza di metadati che dimostrino spostamenti o anomalie del sensore(+ 6,5°C per l'intero periodo oggetto dello studio)**. Le temperature minime mostrano invece un sorprendente, lieve diminuzione, quantificabile in circa 0,8°C per l'intero periodo. Tale segnale caratterizza in maniera particolare il trimestre invernale – con un calo di 2°C.

Tutti gli indici estremi relativi alle temperature minime e massime mostrano variazioni statisticamente significative ad esclusione delle notti particolarmente calde TN90P (Warm nights. Le tendenze sono tutte improntate ad un incremento, salvo quella relativa alle notti realmente fredde . TX10P (Colddays) che evidenzia una controtendenza rispetto al segnale relativo alla diminuzione delle temperature medie minime. Infine, un'applicazione statistica (test di Pettitt) effettuata al di fuori dalla schema proposto da ISPRA ha evidenziato, anche per la serie storica termometrica di Servigliano, un *breakpoint* nel 1986 a conferma di quanto pubblicato da Toreti e Desiato nel 2007, con un forte incremento della frequenza di anomalie positive relative non solo agli indici estremi ma anche ai valori medi. Inoltre è interessante sottolineare che l'intensità della diminuzione degli estremi freddi è risultata minore all'incremento degli estremi caldi.

Gli indici che segnano incrementi più rilevanti sono quelli riferiti alle giornate con temperature minime superiore ai 30°C ed ai 25°C SU30* e SU 25 (Hot days) – rispettivamente 1,404 e 1,332 giorni/anno e alla maggiore estensione temporale dei periodi con giornate calde consecutive (WSDI, Warm Spell Duration Index) – 1,027.

Sorprendenti sono invece i valori degli indici legati al calo delle temperature minime – es. l' evidente incremento dei giorni di gelo FD0 (Frost Days) – 0,68 giorni/anno - e, più lieve,

delle notti fredde TN10P (Coldnights) - 0,173 giorni/anno. Tali peculiarità confermano come, localmente, le condizioni microclimatiche possano determinare controtendenze non facilmente comprensibili rispetto al segnale alla scala regionale.

1 INTRODUCTION

1.1 Life Sec Adapt project objective

The main objective of Life Sec Adapt is to contribute to increase the climate resilience capacity and facilitate the shift towards low-carbon and resource-efficient economies of the European urban areas. Mitigation efforts are necessary to create the sustainable condition to enable local authorities to adapt to climate change and the adhesion and active participation to Covenant of Mayors for Climate and Energy initiative mainstreams and integrate climatic objectives into local policies and practice.

Life SEC Adapt also aims to adopt and upgrade the model of the Sustainable Energy Communities – SEC in supporting the improvement of climate governance, as a best practice for the development of virtuous climate change adaptation process in local authorities under the coordination of regional authorities and development agencies at regional level.

1.1 Action A1: definition of a climate baseline at local level

According to the guidelines on developing adaptation strategies of the European Commission (SWD (2013) 134 final), 17 municipalities from Istria and Marche region defined the current baseline for adaptation, including significant time selected series to define the historical climate trends.

The current baseline for adaptation carried on by all municipalities includes the analysis about climate trends at local level that are confronted with relevant historic trends to have a deep knowledge of the climate characteristics of the territory using a common methodology set up by IDA, taking into consideration LIFE ACT ones.

Action A1 also intends to create a common base of knowledge and understanding of the local climate change situation among the political and technical representatives of the municipalities, project beneficiaries, through the drafting of a climate baseline assessment that is crucial to raise their awareness on the main natural, environmental, socio economic challenges that they will face in the next future and for the drafting of the risks and vulnerability analysis.

2 COMUNE DI FERMO: IL CONTESTO GEOGRAFICO E CLIMATICO

Dal punto di vista geografico, il territorio fermano si estende tra le vallate del fiume Tenna a Nord e quella del fiume Ete vivo a Sud; il centro del capoluogo comunale è situato a meno di 7 km dalla costa del mare adriatico su cui il comune insiste nelle sue frazioni di Marina Palmense, Lido di Fermo, Casabianca e San Tommaso – e dista circa 65 km dallo spartiacque principale appenninico - Umbro-Marchigiano. Nella variegata morfologia marchigiana, il Comune di Fermo è caratterizzato da un territorio prevalentemente collinare, basato su litologie pleistocenico – oloceniche di natura argillosa o alluvionale fluviale; la cimosa costiera è costituita da sedimenti marini attuali (fig.2.1)

Figura 2.1 – veduta area del centro cittadino di Fermo

Il territorio del Comune di Fermo copre una superficie di 124,44 pari al 5,96% dei 2.087 KmH del territorio provinciale; le sopraindicate informazioni territoriali e quelle di seguito riportate sono rilasciate dall'Ufficio Statistica del Comune di Fermo su dati ISTAT.

Per quanto riguarda il verde pubblico, Il territorio comunale nell'anno 2008 è risultato occupato per 90 ettari. Ogni residente ne ha a disposizione uno spazio medio di 40 mH, costituito da opere di urbanizzazione primaria direttamente fruibili (parchi giochi rionali, verde pubblico attrezzato, giardini ecc..), e di 22 mH di opere di urbanizzazione secondaria, (impianti sportivi, spazi verdi delle scuole, di strutture sanitarie, ospedaliere ecc..), oltre a 28 mH di verde d'arredo (spartitraffico, rotatorie e scarpate impraticabili).Sul territorio comunale sono presenti maggiormente essenze arboree del tipo Pino Pinea, Pino d'Aleppo, Tiglio, Leccio, Acacia, Cipressi, Platani, Bagolaro

(CeltisAustralis), Ippocastani, Ailantus. In generale è possibile affermare che tutto il territorio periurbano riveste un considerevole interesse paesistico, storico e naturalistico.

Superficie	124,44 Km^2
Livello altimetrico massimo	319 m
Livello altimetrico minimo	0 m
Densità demografica	304 ab./Km^2

Tabella 2.1 - Dati territoriali relativi al Comune di Fermo – Anno 2015 (Fonte: Comune FM).

Le proprietà climatiche del territorio marchigiano meridionale sono influenzate dall'esposizione, ad oriente, verso l'Adriatico che attribuisce un'impronta di relativa oceanicita alle zone prossime alla costa; ad occidente, invece, gioca un ruolo importante la presenza dell'Appennino Umbro-Marchigiano che ostacola nel loro movimento verso levante le avvezioni atlantico - mediterranee per lo più temperate e umide e predominanti alle nostre latitudini. Tuttavia le grandi perturbazioni derivanti dall'Atlantico e le correnti che le accompagnano sono quelle che maggiormente influenzano le vicende meteorologiche locali, caratterizzate da spiccata variabilità o tempo eventualmente instabile associato a nuvolosità e precipitazioni. Oltre a questo tipo di tempo, seppur in misura minore, vanno anche considerati i fenomeni derivanti dalle ciclo genesi mediterranee, spesso apportatrici di piogge abbondanti in autunno, come pure dai fronti freddi provenienti dal primo e dal quarto quadrante che investono in particolare tra dicembre e marzo il territorio fermano, determinandovi piogge, nevicate, venti forti di bora ed abbassamenti della temperatura. D'altra parte, le aree anticicloniche tropicali ed oceaniche favoriscono condizioni di tempo stabile associato a deboli venti meridionali e temperature al di sopra della norma.

In particolare, il clima al quale appartiene il territorio fermano è ascrivibile al tipo designato "temperato sublitoraneo" dal climatologo tedesco Köppen, proprio delle zone collinari medio-basse centro-meridionali delle Marche e della parte costiera fra Falconara e Cupra marittima. Tale tipologia di clima è di transizione tra quello propriamente "mediterraneo" (clima Csa secondo Köppen-Geiger) e quello "sublitoraneo" (clima Cfa di Köppen-Geiger o clima temperato piovoso) – Fig.2.3.. Secondo **Fazzini** (2006), il tipo pluviometrico è SUBLITORANEO ADRIATICO, CARATTERIZZATO DA PRECIPITAZIONI PIUTTOSTO MODESTE – INFERIORI A 800 MM/ANNO - BIMODALE CON UN MASSIMO NON PRONUNCIATO IN AUTUNNO, UNSECONDO MASSIMO ALL'INIZIO DELLA PRIMAVERA E DUE MINIMI NELLE STAGIONI SOLSTIZIALI, DI CUI QUELLO ESTIVO E' IL PRINCIPALE PUR NON MOSTRANDO CARATTERI DI SICCITOSITA'

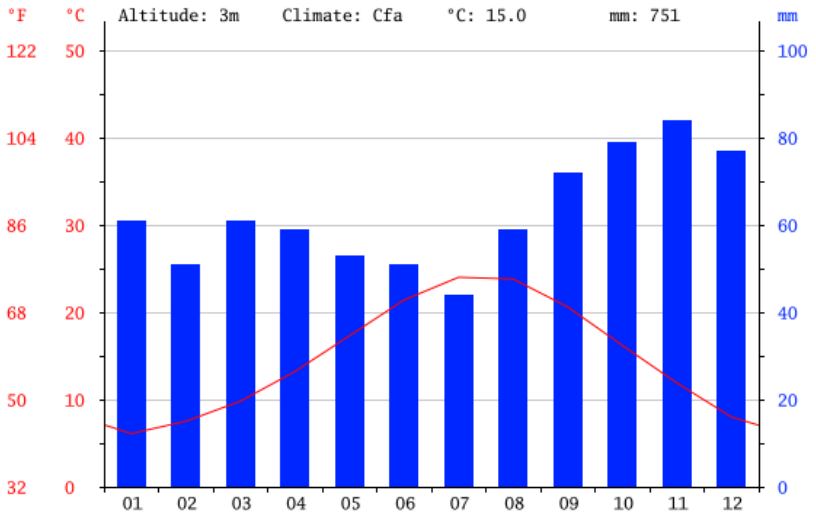


Figura 2.2 – Regime termo – pluviometrico per l'area di Fermo – fonte NOAA anni 1971 – 2000

Occorre ora evidenziare che, in relazione alle caratteristiche che deve possedere una serie storica per essere analizzata, come peraltro riportato nel successivo capitolo 3, il territorio comunale di Fermo, non dispone di una serie storica caratterizzata da adeguata estensione temporale del dato e da omogeneità dello stesso.

Pertanto per definirne le caratteristiche climatologiche, vista la disponibilità estremamente limitata di serie storiche adatte allo studio in un limitato intorno geografico, è stata selezionata la serie storica termo – pluviometrica di Servigliano – situata a quote molto simili a quelle di Fermo - 229 ms.l.m. Vs 240 ma in posizione geografica più interna – distante dal mare circa 25 km.- e situata in un ambiente fondo vallivo di media estensione (larghezza locale del fondovalle di circa 450 m.) piuttosto che di crinale. Ne deriva una differenza climatica non indifferente, con caratteri di maggiore continentalità nella stazione studiata – con precipitazioni più abbondanti, temperature mediamente più basse e maggiori escursioni termiche giornaliere ed annuali (fig.2.3)

Figura 2.3 -veduta della stazione meteorologica di Servigliano

3. SERIE CLIMATICHE, CONTROLLO QUALITÀ DEL DATO E APPROCCIO METODOLOGICO DI ANALISI

Serie climatiche e controllo della qualità del dato

Le analisi climatologiche condotte dai 12 comuni coinvolti considerano serie storiche (1961-2015), su base giornaliera, riferite a 4 variabili climatiche: precipitazione [Pr, mm/giorno], temperatura media [Tm, °C], temperatura minima [Tn, °C] e temperatura massima [Tx, °C]. La temperatura media, non presente nel *dataset* originale, è stata derivata dalla media aritmetica, tra temperatura minima e massima giornaliera.

In riferimento a ogni realtà comunale (con l'eccezione del comune di Pesaro e Urbino), le serie climatiche sono state fornite dal "Centro Funzionale della Protezione Civile" della Regione Marche che in seguito al Dlgs 112/98 del 24 luglio 2002 rappresenta l'Istituzione incaricata della raccolta e archiviazione delle serie climatiche generate dalla rete meteorologica regionale.

Il Centro Funzionale della Protezione Civile regionale fornisce un dato già preliminarmente sottoposto a una fase di validazione mirata alla valutazione e miglioramento della qualità delle serie. La validazione delle serie climatiche storiche rappresenta un processo propedeutico ed essenziale ai fini di una coerente analisi climatologica.

Approccio metodologico e analisi condotte

Le analisi condotte in ambito locale possono essere metodologicamente suddivise in due ambiti:

- analisi di trend di anomalie annuali e stagionali
- analisi di indici climatici.

La prima fase mira a caratterizzare statisticamente i trend delle anomalie di precipitazione (Pr), temperatura media (Tm), minima (Tn) e massima (Tx), durante il periodo 1961-2015 relative al trentennio di riferimento (CLINO 1971-2000). Il CLINO (CLImateNOrmals) rappresenta le condizioni di riferimento, *normali,* della climatologia locale, sulle quali confrontare il singolo valore annuale e stagionale e derivarne un andamento (*trend*) che caratterizza i 55 anni di analisi. Da tale confronto si ottiene un valore di anomalia annuale e stagionale. L'anomalia per le precipitazioni riporta lo scostamento percentuale tra l'accumulo annuale e stagionale e quello medio del CLINO; per le temperature, lo scostamento in [°C] è riferito alle medie annuali e stagionali rispetto ai valori del medesimo trentennio di riferimento.

La significatività statistica e intensità dei trend è derivata attraverso 3 coefficienti: *Tau* e *p_value* derivanti dal test statistico Mann-Kendall (MK; Kendall et al., 1968; Yue et al. 2002b; Sneyers 1998) e la slopeTheil-Sen (*TS slope*) (Yue et al., 2002a) (vedi tabelle capitolo 4). Il test MK è

comunemente utilizzato per l'analisi statistica di serie idro-meteo-climatiche. Essendo di natura non parametrica, presenta una particolare flessibilità che lo rende indicato anche per variabili non aventi distribuzione statistica gaussiana (Yue et al., 2002). La base concettuale del MK è la sua ipotesi nulla (H0), che assume che la serie in analisi non sia caratterizzata dalla presenza di trend. Il MK fornisce due dei tre coefficienti precedentemente citati. Il primo, *Tau (S)*, rappresenta il valore di correlazione tra la variabile dipendente e indipendente calcolata considerando le relazioni tra tutte le possibili coppie di dati.

dove Xj rappresenta i valori sequenziali della serie ed n la sua lunghezza e dove:

Valori positivi di *Tau(S)* rappresentano un trend crescente e al contrario un valore negativo, un trend decrescente.

Il secondo coefficiente del test MK considerato consiste nel *p_value*. La presenza o meno di un trend statisticamente significativo è determinata da un *p_value* maggiore (trend non significativo) o minore (trend significativo) del livello di confidenza del test (0.05) determinato a priori. L'intensità del trend è quantificata attraverso la *slope* (pendenza) di un modello di regressione lineare e un modello di regressione non parametrico Theil-Sen (TS slope) (Yue et al., 2002). Relativamente a quest'ultimo approccio, per evitare ripercussioni negative sulla coerente quantificazione del trend, determinate dal potenziale carattere auto-regressivo della serie in analisi, la serie è stata precedentemente sottoposta a *pre-whitening* con il metodo Yue and Pilon (Yue et al., 2002). Questa tecnica deriva, e successivamente rimuove, il valore relativo alla correlazione seriale (lag-1) presente nella serie, per poi calcolare la *slope* della retta interpolante secondo l'approccio TS. Per il calcolo dei due coefficienti relativi al test MK e della *slope* con il metodo *TS* si sono utilizzati gli algoritmi presenti nei pacchetti applicativi "Kendall" e "zyp" del software R (https://www.r-project.org/).

La seconda fase consiste nel calcolo e nell'analisi di un pacchetto di indici climatici definiti dal team di esperti dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (ET-SCI), con il fine di estrapolare informazioni relative all'evoluzione di particolari aspetti del sistema climatico che possono aver grande rilevanza sui sistemi naturali e antropici con particolare enfasi su fenomeni climatici estremi.

Dall'intero set di indici disponibile si è selezionato un subset che si compone di nove indici riferiti alle temperature e cinque indici riferiti alle precipitazioni. Gli indici riferiti alle temperature sono principalmente focalizzati a studiare l'evoluzione temporale di valori insolitamente alti o bassi

considerando soglie fisiche (valore assoluto) o statistiche (percentili alle code della distribuzione). Per le precipitazioni, gli indici sono mirati ad analizzare un potenziale cambiamento del carattere delle precipitazioni, con particolare attenzione alla variazione di frequenza di eventi estremi (che cadono nei primi o ultimi 10 percentili della distribuzione del trentennio di riferimento), agli accumuli annuali derivanti da eventi precipitativi estremi e variazione della lunghezza di periodi secchi. Il pacchetto del software R "climpact2" (WMO, 2014) è stato utilizzato per il calcolo degli indici climatici riportati nel capitolo 5. L'algoritmo utilizzato svolge un controllo preliminare della qualità del dato giornaliero in input. L'algoritmo definisce inoltre i coefficienti di *slope* e *deviazione standard* del modello di regressione lineare applicato ed il *p_value*, anche in questo caso utile per definire la significatività statistica del trend riferito al determinato indice (vedi tabelle capitolo 5).

4 TREND DELLE ANOMALIE CLIMATICHE

In questo capitolo verranno evidenziati i risultati dell'analisi di trend relativi alle sommatorie annue e stagionali delle precipitazioni totali e delle temperature minime, massime e medie per l'intero periodo oggetto dello studio. Si ricorda che, mentre per le precipitazioni totali (somma di quelle liquide e di quelle solide sciolte o equivalenti liquide), i trend sono stati calcolati sullo scarto percentuale tra la precipitazione annua o stagionale e quella del trentennio di riferimento selezionato (CLINO 1971 – 2000); relativamente alle temperature, essi sono stati calcolati sull'anomalia termica annua e stagionale, sempre considerando il medesimo trentennio.
Come evidenziato nel cap.3, al fine di verificare l'eventuale presenza di trend in tratti di serie monotone sono stati condotti test di significatività statistica adoperando il classico metodo non parametrico di Mann Kendall (MK; Kendall et al., 1968; Yue et al. 2002b; Sneyers 1998). Ricordando che nel test MK l'ipotesi nulla, H0, è che la serie di valori non contenga un trend significativo – considerando un p_value di 0.05 – tale test è stato applicato previa verifica di assenza di serialità nella successione di valori da analizzare (Von Storch 1995; Zhang et al. 2001). Per valutare il segno del trend si utilizza l'indice Tau, per cui in presenza di un tau positivo il trend sarà positivo e viceversa nel caso di un tau negativo. Infine, per quantificare i trend lineari, in termini di pendenza della retta (tasso di variazione), si è fatto ricorso al metodo Thiel-Sen slope (TS slope).

4.a *Precipitazioni*

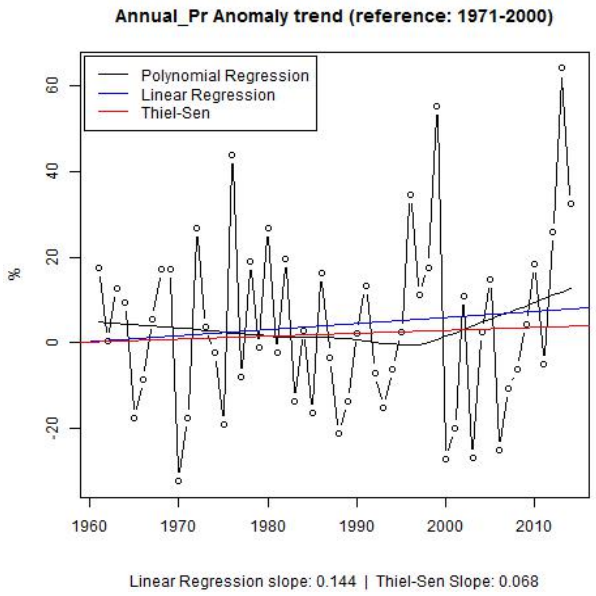
I risultati dell'analisi statistica appena sopra evidenziata sono riportati nella tabella 4a.1 qui di seguito riportata:

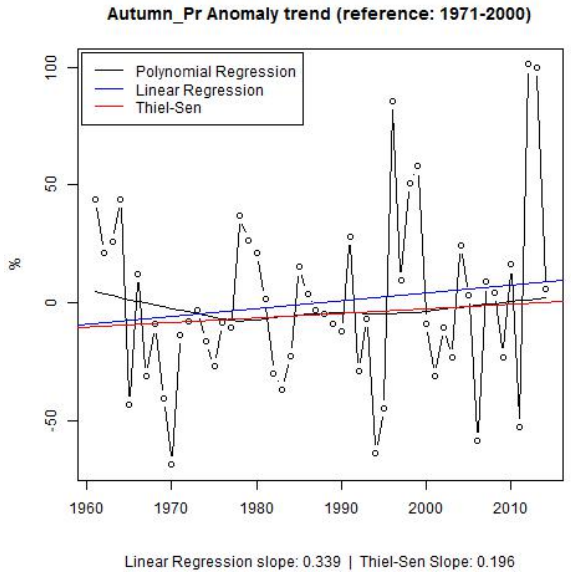
Periodi	Mann-Kendall – Tau	Mann-Kendall 2-sided p_value	Thiel-Sen slope
Annual_Pr	0.040	0.670	0.068
Autumn_Pr	0.052	0.586	0.196
Spring_Pr	0.103	0.273	0.290
Summer_Pr	-0.126	0.179	-0.527
Winter_Pr	0.055	0.561	0.198

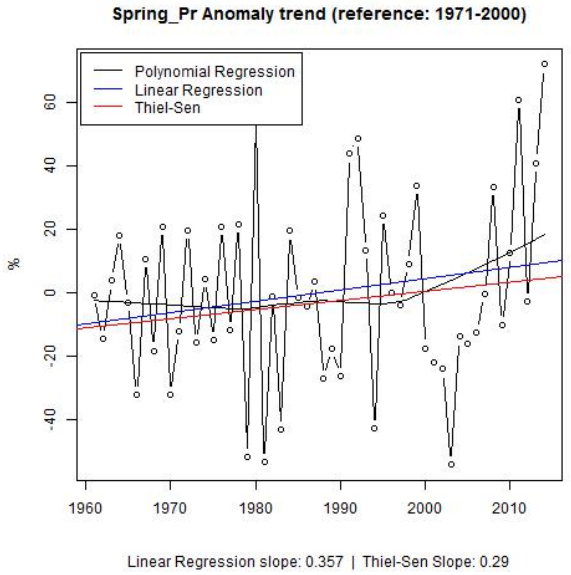
Tabella 4a.1

Dalla disamina della tabella si evince che le precipitazioni tendono ad aumentare in tutte le stagioni, eccezion fatta per quella estiva. Tuttavia, risulta evidente come i trend appena citati non siano statisticamente significativi (p_value sempre >0,05). Gli incrementi percentuali meteorici più significativi sembrerebbero verificarsi proprio in primavera e secondariamente in autunno inverno mentre deciso appare il decremento estivo.

Trend precipitazioni:
dall'analisi della figura 4a. 1, risulta evidente che modeste siano le differenze tra i valori dei coefficienti angolari calcolati con metodo parametrico (linear regression) e non parametrico (Thiel-Sen slope); essi mostrano una quasi perfetta identità per l'inverno; sempre per il segnale annuale si nota un comportamento piuttosto articolato della polinomiale che mostra un lieve flesso del segnale a metà degli anni '90, ed un notevole incremento meteorico a partire dal 2000, determinato dapprima da una serie di segnali fortemente deficitari nella prima metà del decennio e dalle successive abbondanti precipitazioni dell'ultimo quinquennio, con un forte *outlier* nell'anno solare 2013. Tale segnale caratterizza anche la stagione primaverile ed in misura minore quella invernale. Deciso, complessivamente, il calo meteorico estivo anche se nell'ultimo quindicennio, il segnale sembrerebbe in lieve ripresa anche a causa della maggiore variabilità intrannuale







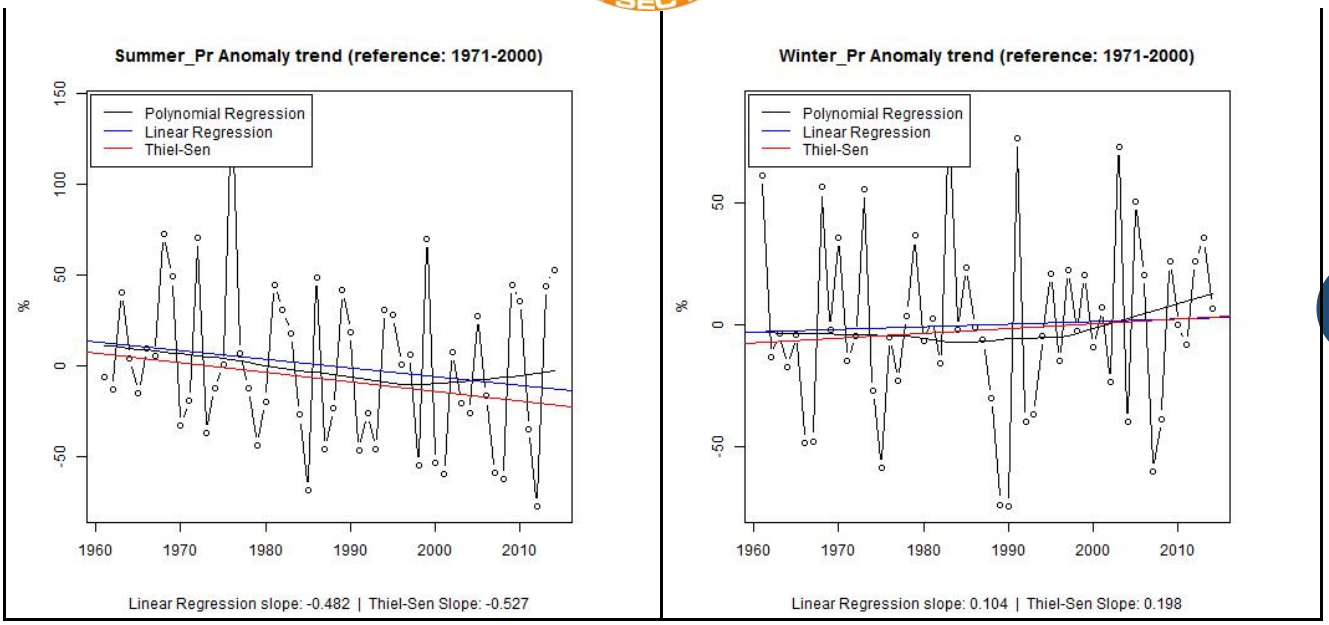


Figura 4a1

4b *Temperature*

Dalla disamina della tabella 4b.1 il segnale termico relativo al periodo oggetto dello studio - calcolato sull'anomalia relativa al CLINO 1971 – 2000 - mostra un incremento sia per le stagioni che per l'anno –a conferma di un segnale regionale, dunque riconosciuto anche a livello di bacino mediterraneo. Tuttavia risulta evidente che, mentre relativamente ai valori medi massimi, sia interamente confermato tale trend, per i valori minimi il segnale mostra una contenuta controtendenza, più marcata nei valori invernali. Dunque se gli incrementi termici medi annui sono quantificati in circa 0.035°C, quelli relativi alle massime, più significativi superano 0.08°C mentre il calo nei valori minimi si attesta intorno a 0.015°C.

Se si considera l'intero periodo oggetto dello studio, l'aumento delle temperature sfiora i 2°C **per rasentare i 5°C° nei valori massimi** e decrescere di circa 1°C nei valori notturni.

La significatività statistica calcolata è complessivamente comprovata per tutte e quattro le stagioni e per l'intero anno (p_value sempre < 0,05 , in realtà p-valuewinter= 0.586), con valori spesso prossimi a zero, a conferma del fatto che la tendenza evidenziata è assolutamente certa.

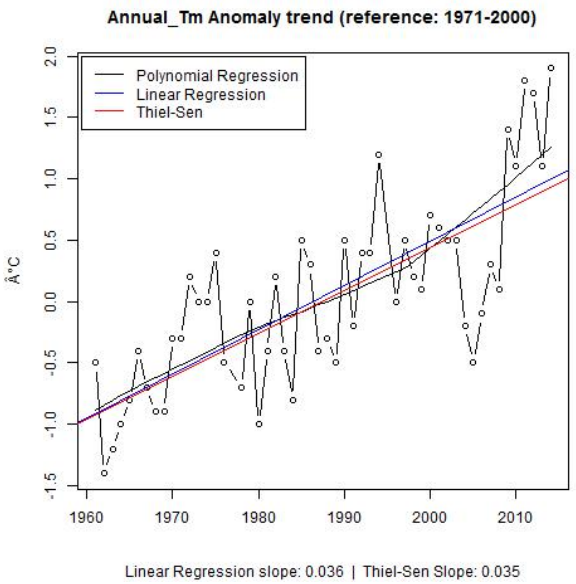
ILsegnale termico relativo ai valori minimi mostra una comprovata significatività statistica per le stagioni solstiziali, mentre tale evidenza non è comprovata per quelle equinoziali (p-values rispettivamente di 0.289 per l'autunno e 0,211 per la primavera; per quanto concerne i valori minimi una non significatività si osserva per la stagione autunnale (p_value=0,54). Infine, per quanto concerne il segnale relativo alle temperature massime, la significatività statistica è confermata per tutti i periodi presi in considerazione.

Periodi	Mann-Kendall – Tau	Mann-Kendall 2-sided p_value	Sen's slope (Yue - Pilon method) Trend
Annual_Tm	0.570	0.000	0.035
Autumn_Tm	0.366	0.000	0.037
Spring_Tm	0.388	0.000	0.036
Summer_Tm	0.616	0.000	0.063
Winter_Tm	0.054	0.586	0.005
Annual_Tn	-0.184	0.059	-0.015
Autumn_Tn	-0.102	0.289	-0.001
Spring_Tn	-0.175	0.070	-0.014
Summer_Tn	0.121	0.211	0.011
Winter_Tn	-0.268	0.006	-0.037
Annual_Tx	0.691	0.000	0.083
Autumn_Tx	0.570	0.000	0.077
Spring_Tx	0.584	0.000	0.084
Summer_Tx	0.648	0.000	0.118
Winter_Tx	0.392	0.000	0.055

Tabella 4b.1 – legenda: Tm= temperatura media; Tn= temperatura minima, Tx: temperatura massima

Trend Temperature Medie:

Per quanto riguarda il trend delle temperature medie, dall'analisi della figura 4b.1, si osserva una similarità o spesso un identità nel comportamento delle rette interpolanti ad eccezione del segnale invernale che, per l'ultimo decennio mostra una lieve divergenza: il segnale della polinomiale evidenzia invece aumenti proporzionalmente più intensi rispetto a quelli caratteristici del trentennio precedente a partire dal 1995 relativamente all'anno, all'autunno ed alla primavera; una forte omogeneità caratterizza il comportamento estivo mentre in inverno si evidenzia un abbozzo di massimo a metà degli anno '80, seguito da un simmetrico decremento termico e da un segnale asintotico nell' ultimo quindicennio



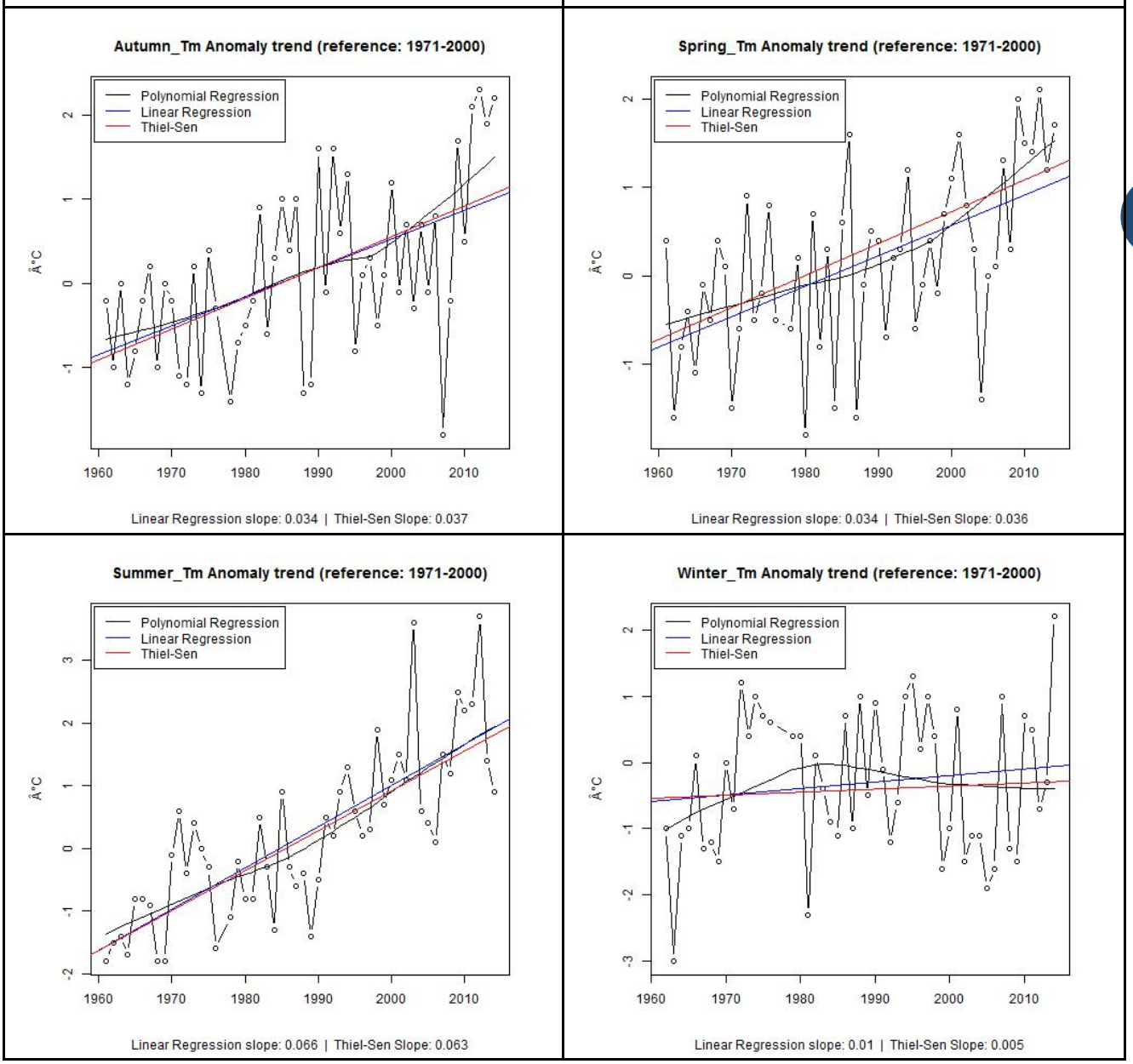
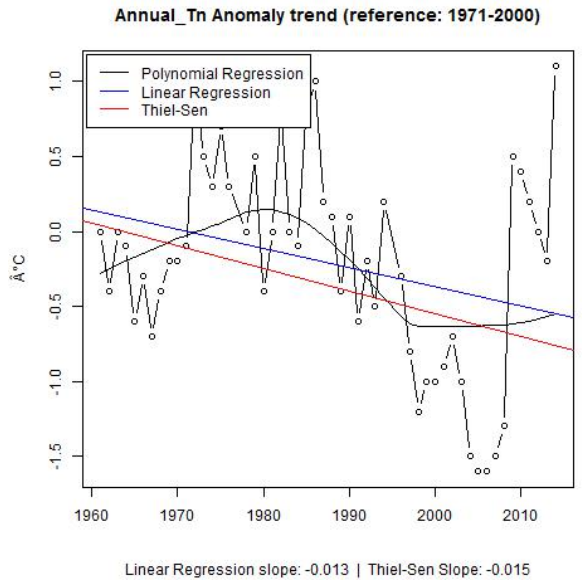

Autumn_Tm Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.034 | Thiel-Sen Slope: 0.037
Spring_Tm Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.034 | Thiel-Sen Slope: 0.036
Summer_Tm Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.066 | Thiel-Sen Slope: 0.063
Winter_Tm Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.01 | Thiel-Sen Slope: 0.005

Figura 4b.1

Trend Temperature Minime:
Relativamente a tale parametro, si osserva un segnale complessivamente antitetico rispetto a quanto riportato nei rapporti ISPRA ed in generale da IPCC (figura 4b.2), con un complessivo anche se non forte decremento. Inoltre si osservano scostamenti significativi tra il comportamento delle due differenti interpolanti lineari, in particolare per l'estate ed ad eccezione dell'inverno. Il comportamento dell'interpolante polinomiale evidenzia per l'anno un massimo nella prima metà degli anni '80, causato da numerose annate "sopramedia" e da un successivo intenso decremento termico ed un ulteriore flesso, con forti outliers negativi al debutto del nuovo secolo e nuove "punte di calore" nell'ultimo quinquennio. Tale segnale risulta essere simile anche nelle altre stagioni, per lo meno sino al 1990, dopodiché , relativamente al segnale delle stagioni equinoziali, risulta evidente una ripresa più o meno marcata nell'ultimo quindicennio.

Il segnale relativo alla stagione estiva mostra un incremento estremamente irregolare, con un iniziale forte aumento, una successiva controtendenza negli anni 80 e nella prima parte del '90 ed un nuovo aumento complessivamente di modesta entità nell'ultimo quindicennio, pur in presenza di evidenti *outliers* positivi nelle estati del 2003, 2009 e 2011.



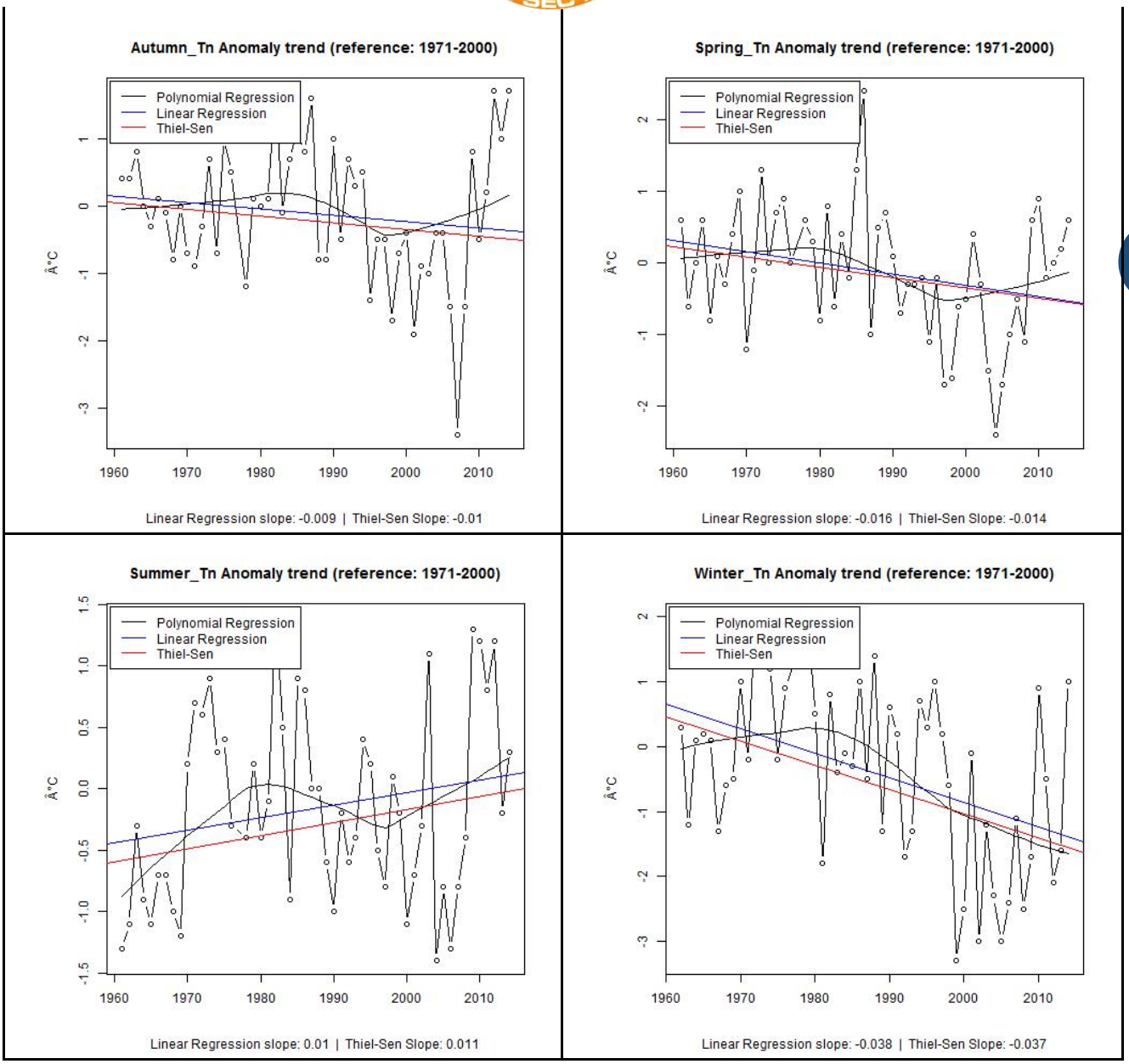
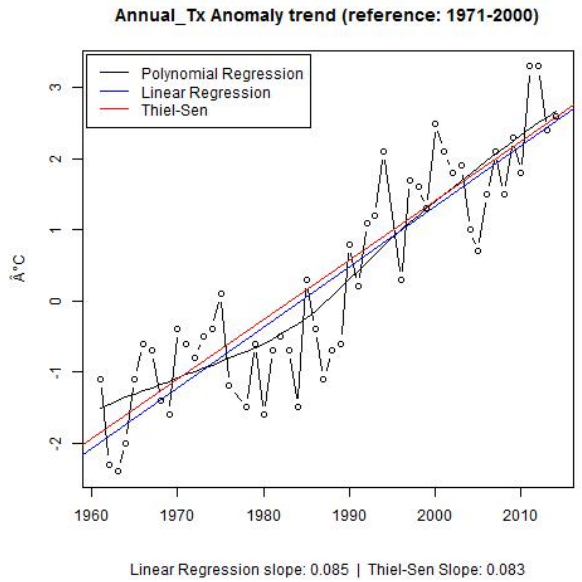
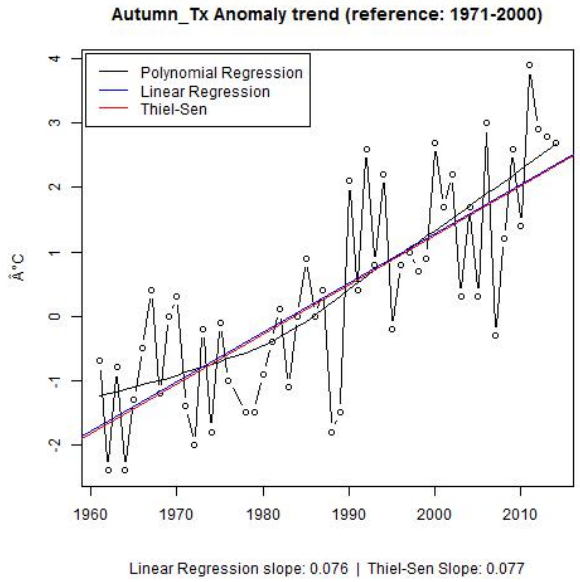

Autumn_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: -0.009 | Thiel-Sen Slope: -0.01
Spring_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: -0.016 | Thiel-Sen Slope: -0.014
Summer_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.01 | Thiel-Sen Slope: 0.011
Winter_Tn Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: -0.038 | Thiel-Sen Slope: -0.037

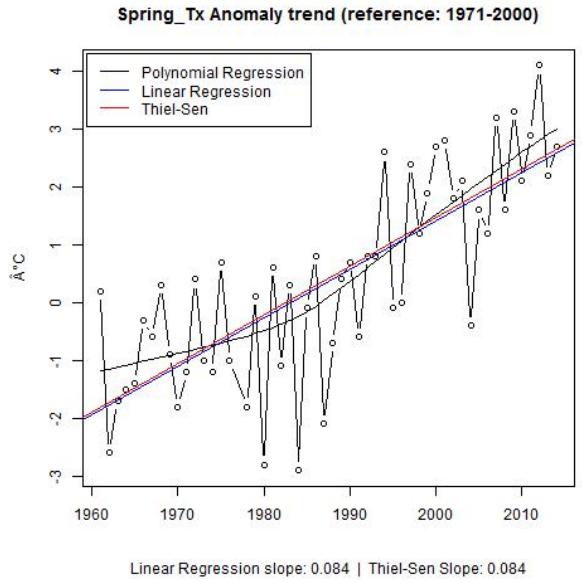
Figura 4b.2

Trend Temperature Massime:

dall'analisi della figura 4b.3, si osserva che esiste un lieve quanto trascurabile scarto tra il comportamento delle interpolanti lineari ma soprattutto si evidenzia un segnale decisamente interessante. Il comportamento della polinomiale evidenzierebbe per l'anno, un fortissimo incremento termico – di circa 3°C - nel primo ventennio con un successivo rallentamento a partire dalla prima meta degli anni '80, in netto contrasto con quanto mediamente avviene per le temperature minime, che evidenziano un segnale antitetico. Tale segnale è simile anche se estremamente più limitato per la stagione invernale mentre per le altre stagioni si osserva una sostanziale omogeneità di comportamento tra le funzioni interpolanti di differente ordine







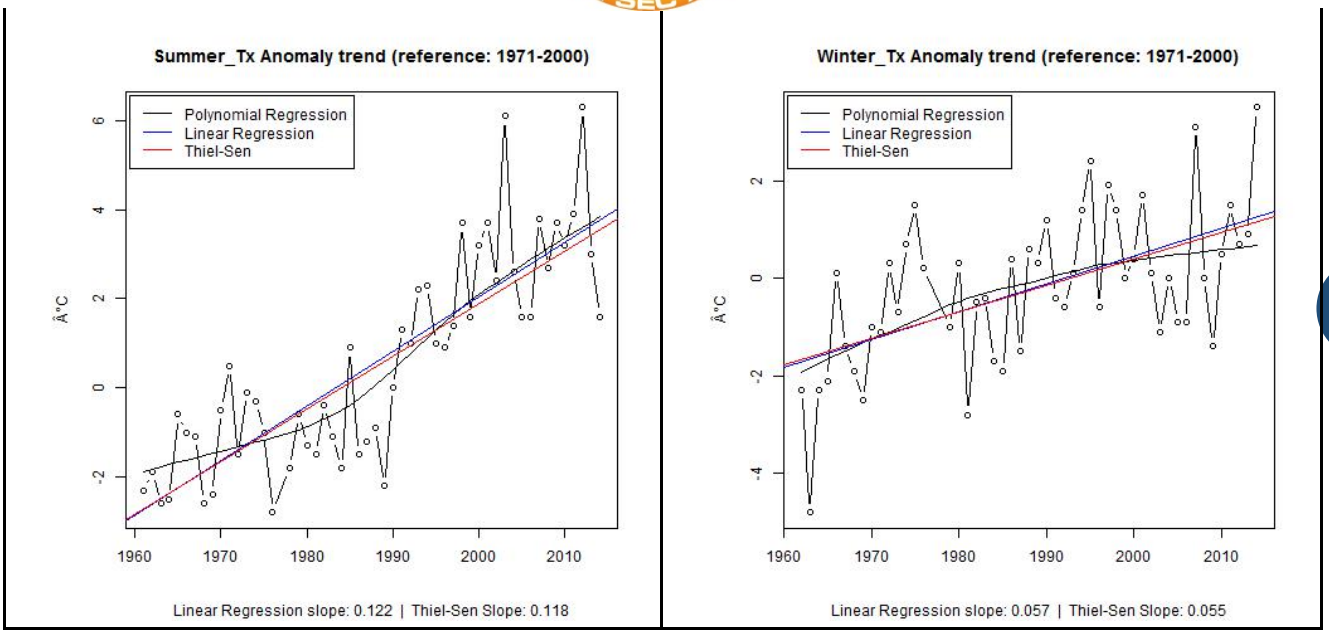

Summer_Tx Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.122 | Thiel-Sen Slope: 0.118
Winter_Tx Anomaly trend (reference: 1971-2000)
Polynomial Regression
Linear Regression
Thiel-Sen
Â°C
Linear Regression slope: 0.057 | Thiel-Sen Slope: 0.055

Figura 4b.3

CAPITOLO 5. INDICI CLIMATICI ESTREMI

Questo capitolo presenta i risultati dell'analisi degli indici climatici selezionati come rappresentativi per il contesto climatico dei partner del progetto SEC ADAPT.

Si tratta di una selezione degli indici climatici definiti dal team di esperti dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (ET-SCI), con il fine di estrapolare informazioni relative all'evoluzione di particolari aspetti del sistema climatico che possono aver grande rilevanza sui sistemi naturali e antropici con particolare enfasi su fenomeni climatici estremi.

Il set di tredici indici, elaborato con il pacchetto del software R "climpact2" , è suddiviso in indici per la precipitazione e la temperatura; sembrerebbero sufficienti a quantificare l'entità del cambiamento climatico in atto alle nostra latitudini ed i riflessi sul quadro sociale, agricolo e della salute pubblica. Relativamente al bacino mediterraneo, è stato anche considerato il parametro "hot days" number (SU30) che evidenzia i giorni con temperature massime > 30°C.

Per ogni indice è specificato, oltre che il coefficiente angolare della retta interpolante (slope) la relativa deviazione standard (STD of slope) e il p_value, che si ricorda essere utile per definire la significatività statistica del trend riferito al determinato indice.

I metadati di ingresso al software R "climpact2" sono:

Stazione:	Servigliano_1961-2015
Latitudine:	43°4'53"40 N
Longitudine	13°29'34"80 E
Periodo di riferimento	1971 – 2000
Altitudine	215 m s.l.m.

Tabella 5.1 – caratteristiche geografiche della città di Fermo

5.1 *Indici climatici Precipitazioni*

Index	Definition	Units	Indices	Slope	STD_of_Slope	P_Value
RX1day (Max 1-day precipitation amount)	Maximum value of 1-day precipitation	mm	rx1day	0.320	0.203	0.120
R95p (Verywetdays)	Annual total precipitation when daily PRCP > 95th percentile of the base period	mm	r95p	0.542	0.808	0.506
SDII (Simple Daily Intensity Index)	Annual total precipitation divided by the number of wet days (defined as daily PRCP ≥ 1.0 mm) in the year	mm/day	sdii	0.016	0.011	0.153
CDD (Consecutive Dry Days)	Maximum number of consecutive days with daily PRCP < 1mm	mm	cdd	0.08	0.072	0.269
R20 (Very heavy precipitation days)	Annual count of days when daily PRCP ≥ 20 mm	days	r20mm	0.018	0.034	0.601

Tabella 5.2

L'evidenza relativa ai trend delle precipitazioni a non essere statisticamente significativi vengono confermati anche relativamente agli indici estremi pluviometrici appena evidenziati in tab.5.2 (p_value compresi tra 0.12 e 0.6. Considerando gli "*slope*" relativi alle singole variabili analizzate, si osservano tendenze ben definite nelle variazione delle precipitazioni massime giornaliere, in aumento di circa il 25% (RX1day); l'indice di precipitazione nei giorni molto piovosi (R95p) mostra un incremento complessivamente molto irregolare ma ancor più deciso, specie nell'ultimo decennio., similarmente all'indice di intensità di pioggia (SDII) e l'indice di precipitazioni > di 20 mm (R20) e l'indice dei giorni non piovosi consecutivi (CDD).Dunque si potrebbe sinteticamente concludere che,nell'arco di tempo considerato ed in particolare nell'ultimo ventennio, si osserva una intensificazione nelle cumulate e nella frequenza degli eventi di precipitazione, anche se non caratterizzati da eccezionalità nelle quantità cumulate, specie per ciò che concerne i fenomeni brevi ed intensi. Ciò evidenzia come la risposta al *forcing antropogenico* delle precipitazioni sia parzialmente differente da quello termico temperature che mostra incremento senza notevoli variazioni intrannuali. Inoltre la non perfetta corrispondenza tra i trend relativi alle precipitazioni stagionali ed annuali e i corrispettivi indici di precipitazione fanno ipotizzare che già attualmente e

ancor più in futuro, le precipitazioni estreme potranno variare in maniera anche significativa rispetto ai valori cumulati valori medi (Giorgi and Lionello 2008).

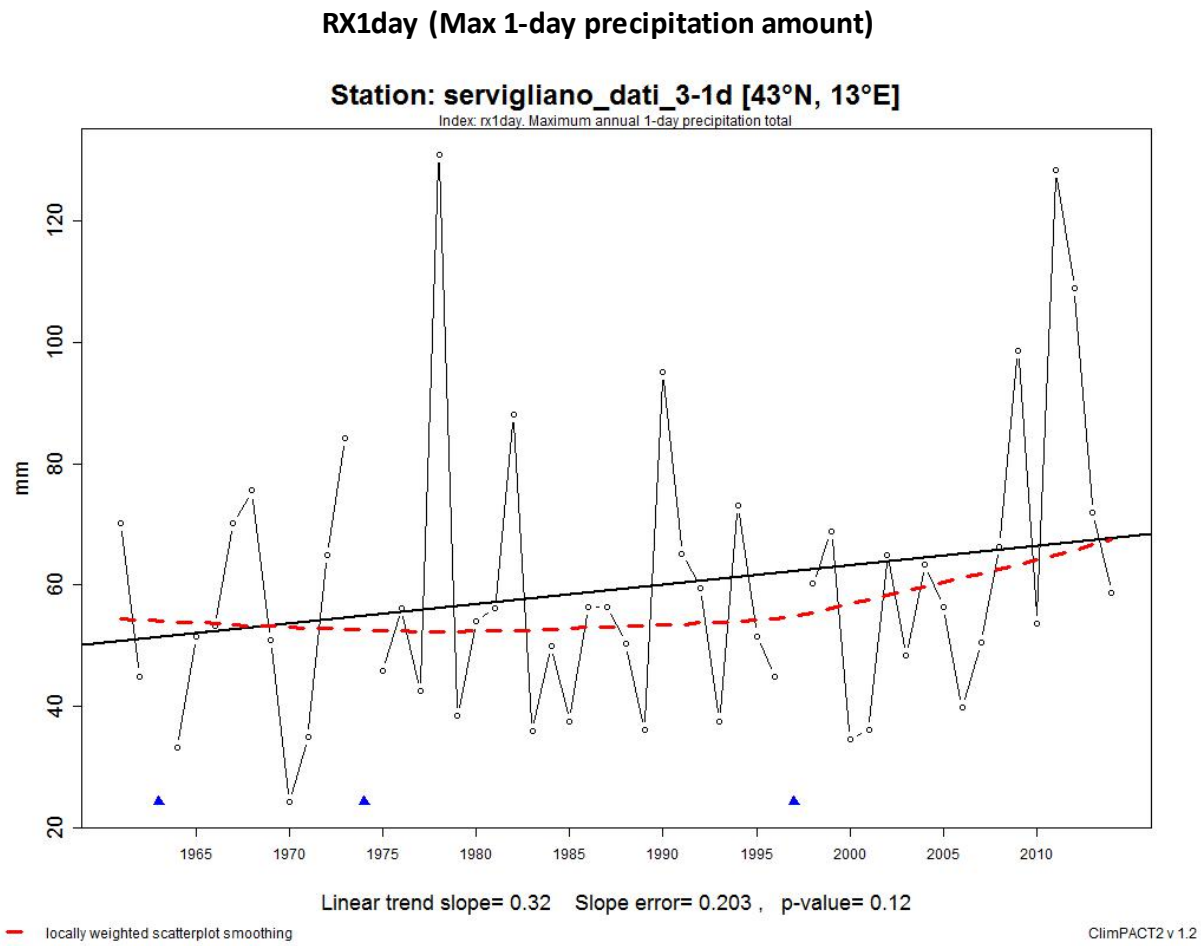


Figura 5a.1 – Andamento del massimo quantitativo di pioggia caduto nelle 24h.

Il trend relativo all'indice precipitazioni massime giornaliere annue mostra significative variazioni; -dell'ordine di 0,32 giorni/anno pari a circa 13 mm nell'intero periodo di osservazione, pari al 25% circa del totale. Gli outliers più importanti si sono verificati nel 1977 e nel 2012 (quest'ultimo foriero di esondazioni nella media e bassa valle del Tenna) – rispettivamente 134 e 132 mm/24 h - al di la di questi due eventi non si sono mai superati i 100 mm/die. A livello generale si osserva un evidente incremento del segnale a partire dal 1998.

Tale evidenza sottolinea che le fenomenologie derivanti dall'evoluzione di fronti a carattere caldo sono recentemente più incisive nonostante che il passaggio di tali perturbazioni avvenga in maniera generalmente più rapida. Si può ipotizzare anche che gli stessi passaggi frontali caldi si possano destabilizzare provocando rovesci di pioggia "affogati" in precipitazioni meno intense e comunque estese nel tempo.

R95p (Verywetdays)

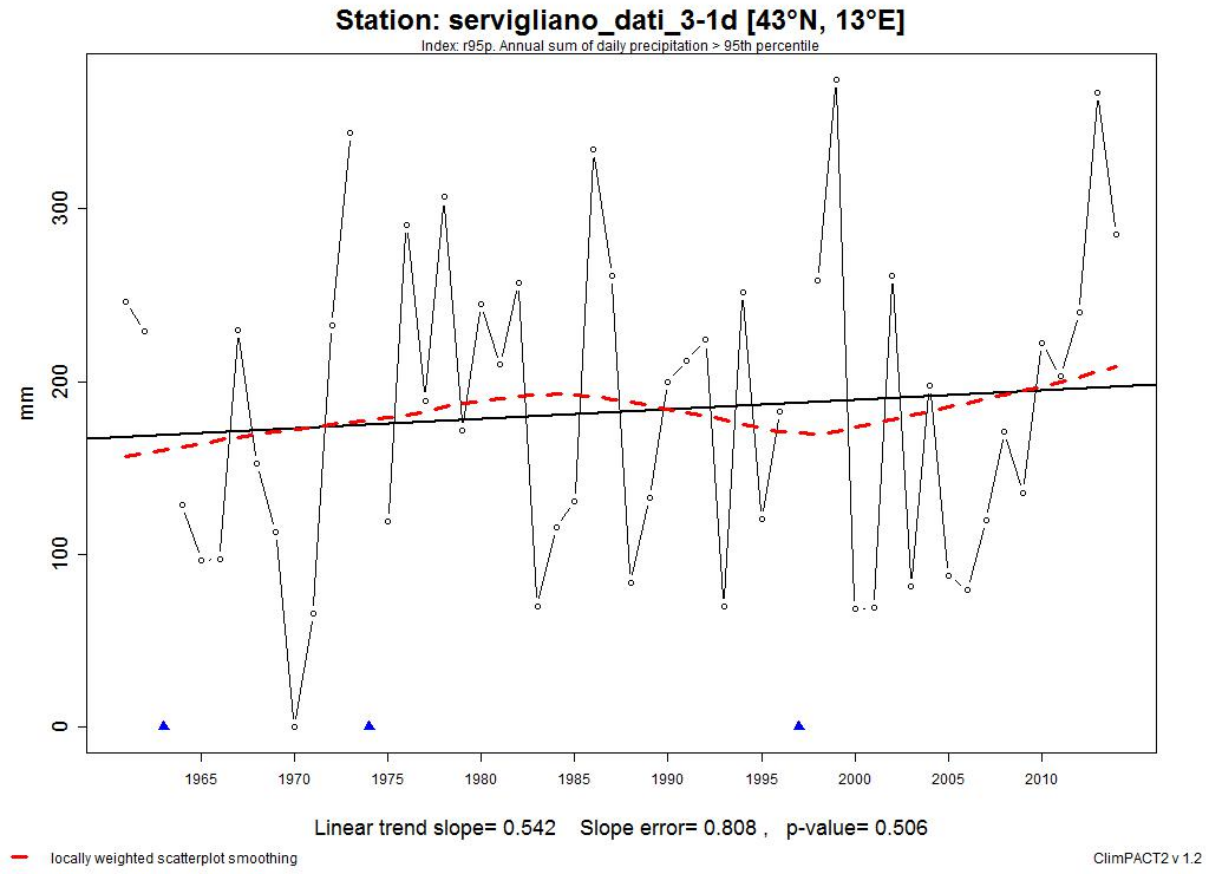


Figura 5a.2 – Andamento della somma annuale di precipitazione generata da precipitazioni superiori al 95° percentile

Questo indice (indice di precipitazione nei giorni molto piovosi) ci quantifica l'abbondanza delle precipitazioni cumulate nei giorni aventi precipitazioni superiori al 95 percentile . Rispetto al trend dei giorni più piovosi dell'anno, si nota una tendenza simile anche se meno incisive verso l'incremento. Il segnale è complessivamente in aumento pur essendo molto complesso. Le cumulate più imponenti – superiori ai 300 mm - si registrano con una ritmicità piuttosto regolare - di 13-15 anni (1973, 1986, 1999,2014). Infine, a partire dal 2007, il segnale non mostra una variabilitàintrannuale quanto un continuo aumento nelle cumulate.

SDII (Simple Daily Intensity Index)

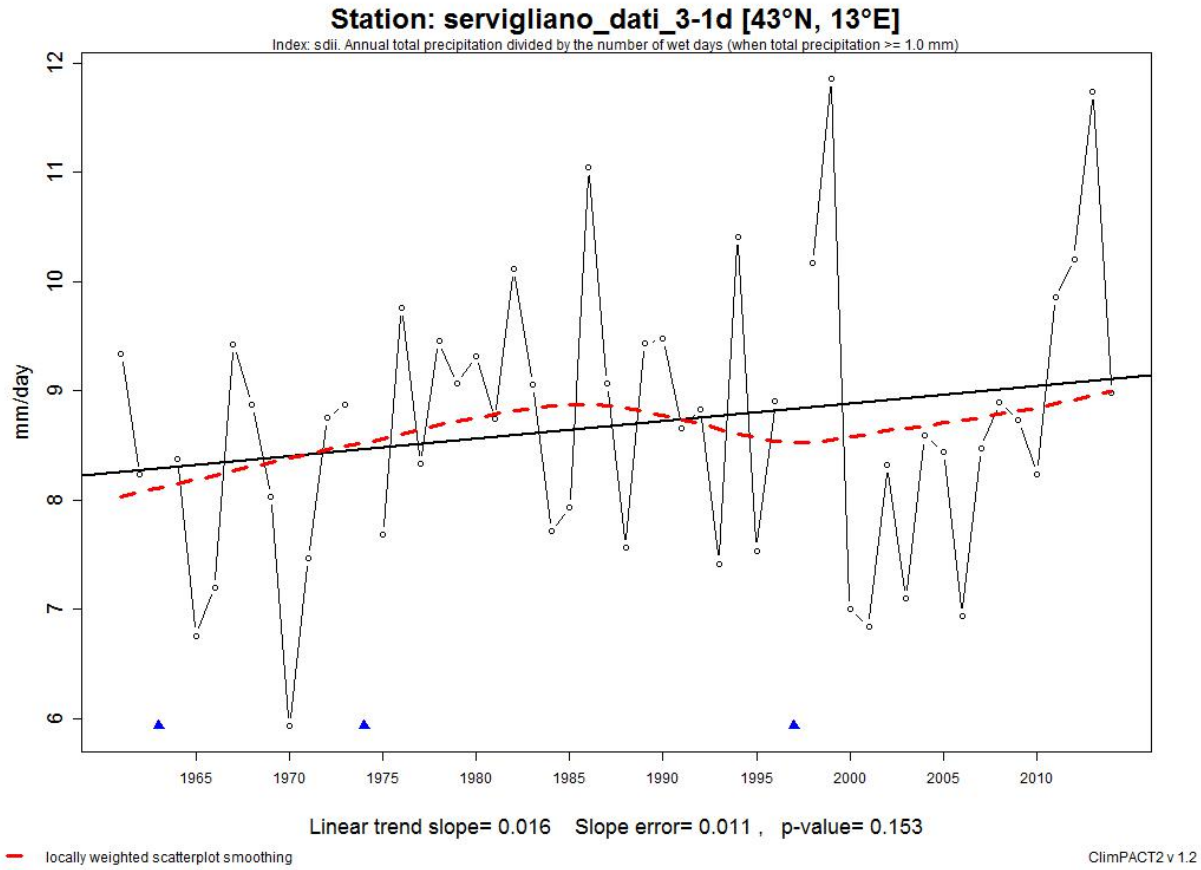


Figura 5a.3 – Andamento dell'intensità della precipitazione durante giorni piovosi (>1mm).

Questo indice di intensità di pioggia quantifica l'intensità meteorica media giornaliera. Il trend è evidentemente in lievissimo aumento, di circa 0.016 mm/anno, pari a meno di 1 mm nell'intero periodo. Si passa infatti da un valore medio di 8,4 mm/die a circa 9 mm. Pertanto, l'aumento percentuale è quantificabile nell' 8% circa. Le intensità media più elevate tendono a verificarsi nell'ultimo ventennio - sino a circa 12 mm circa negli anni 1999 e 2013 – ed anche in questo caso, come per il parametro R95p – si osserva un abbozzo di periodicità avente lunghezza d'onda di 12-15 anni.

CDD (Consecutive Dry Days)

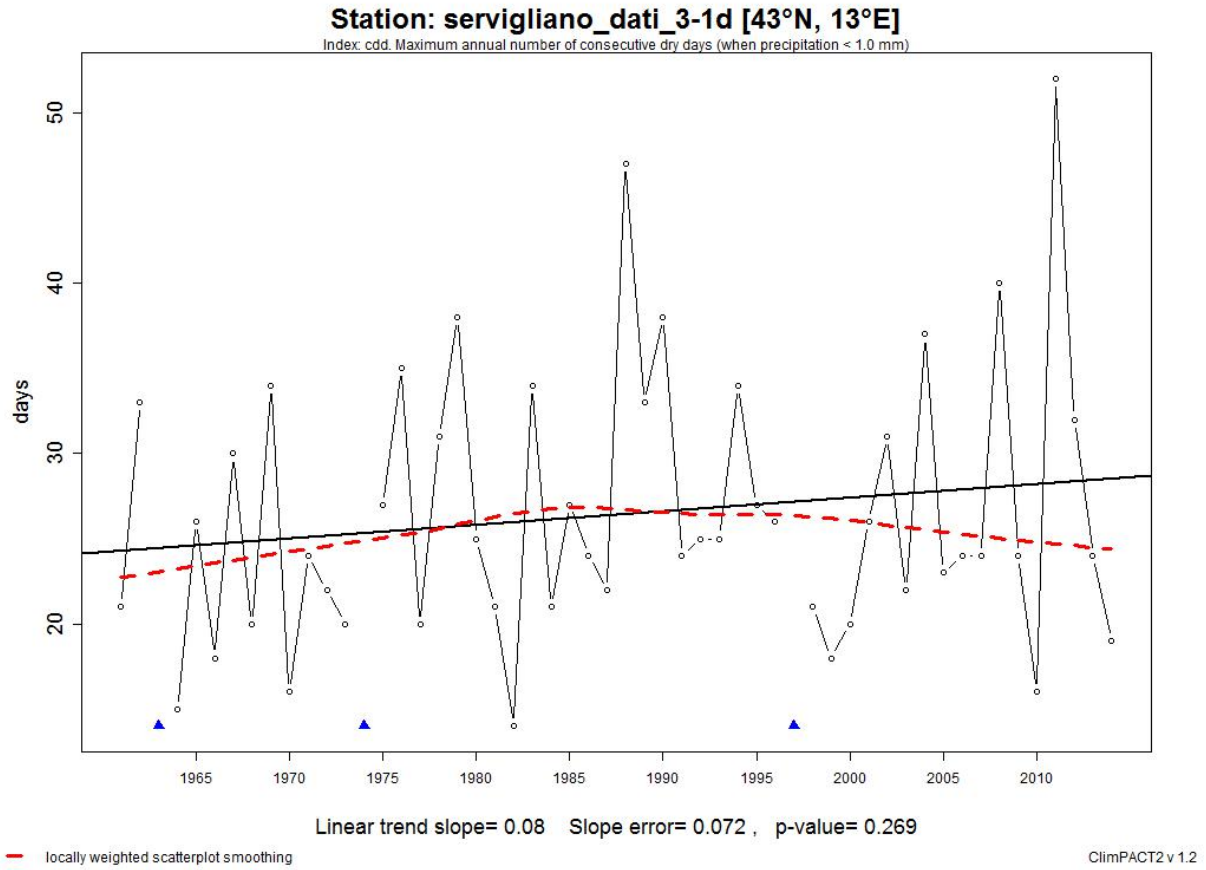


Figura 5a.4 – Andamento del numero massimo annuale di giorni secchi consecutivi.

Questo indice dei giorni non piovosi consecutivi quantifica la lunghezza massima annuale dei periodi "secchi" e si rivela un ottimo indicatore del ***climatic change*** in atto relativamente al bacino mediterraneo. Il segnale mostra un contenuto incremento, quantificabile in 0.08 giorni l'anno – pari a poco più di 4 giorni per l'intero periodo. Si passa da fasi siccitose estese temporalmente tra circa 23,5 giorni negli anni '60 e 27,5 negli ultimi anni. moderata risulta essere la variabilità intrannuale - che però tende ad aumentare nell'ultimo decennio - con gli outliers principali – estesi intorno ai 50 giorni – nel 1988 (tra la fine di giugno e la meta di agosto) e nel 2011 (tra la fine di luglio e la meta di settembre)

R20 (Very heavy precipitation days)

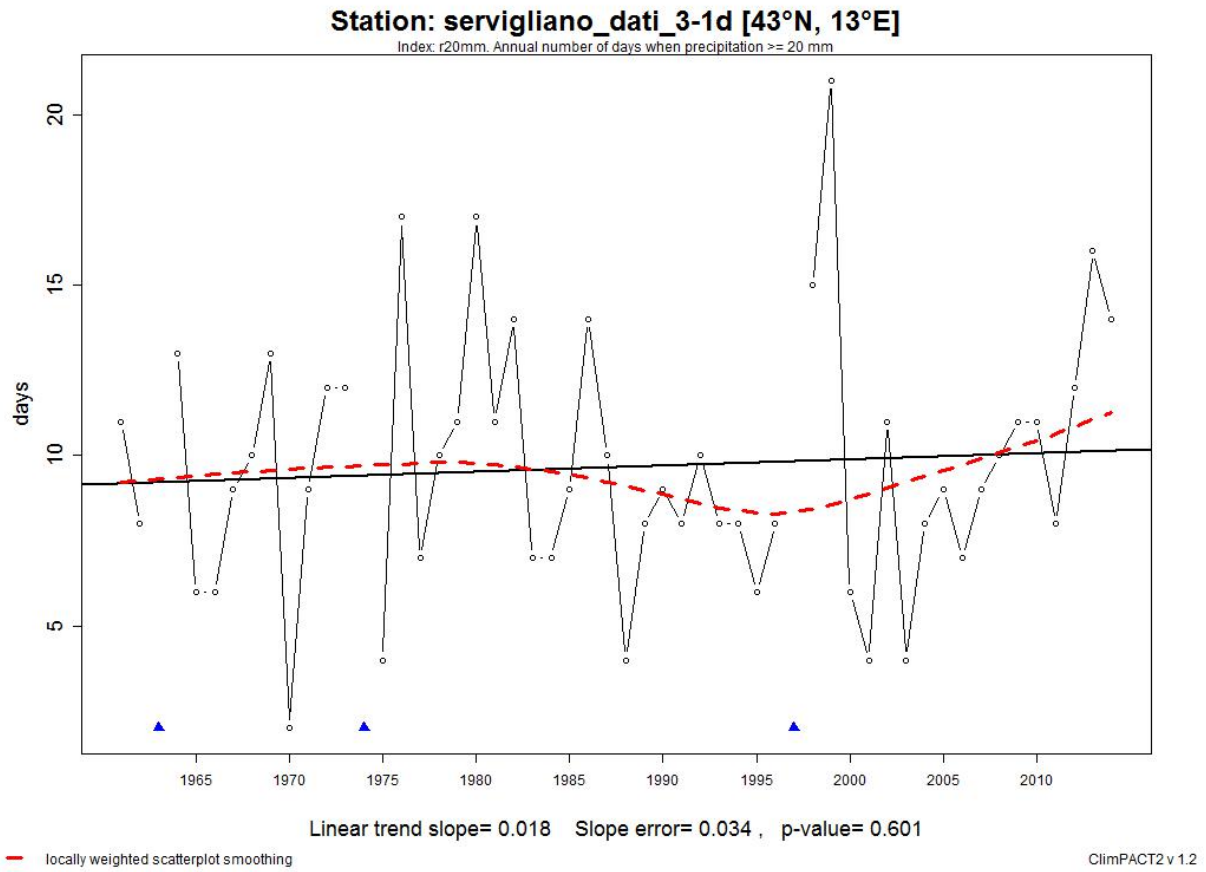


Figura 5a.5 – Andamento del numero di giorni/anno con precipitazione superiore ai 20 mm.

Tale indice quantifica la frequenza di giorni con precipitazioni abbondanti, >20 mm. La tendenza complessiva mostra un lievissimo incremento del segnale – quantificabile in circa 0.02 giorni/anno, pari a circa 1 giorni per l'intero periodo. Si passa infatti dai 8,8 giorni ad inizio periodo di osservazione a poco meno di 9,7 nel periodo attuale. La frequenza risulta dunque in aumento del 12% circa, evidentemente concentrate nell'ultimo ventennio, come provato dal comportamento dell'interpolante polinomiale. E' probabile, incrociando tale informazione con quella relativa all'intensità media giornaliera – anche essa in lieve aumento - che tale comportamento delle due variabili possa essere dovuto principalmente all'incremento dei fenomeni brevi e intensi, di evidente genesi convettiva.

5.2 *Indici climatici Temperature*

Index	Definition	Units	Indices Climpact2	Slope	STD_of_Slope	P_Value
FD0 (Frost days)	Annual count of days when TN (daily minimum) < 0ºC	days	fd	0.683	0.133	0.000
SU25 (Summer days)	Annual count of days when TX (daily maximum) > 25ºC	days	su	1.339	0.130	0.000
TR20 (Tropical nights)	Annual count of days when TN (daily minimum) > 20ºC	days	tr	0.024	0.013	0.058
TN10P (Cold nights)	Percentage of days when TN<10th percentile of the base period	%	tn10p	0.173	0.044	0.000
TN90P (Warm nights)	Percentage of days when TN>90th percentile of the base period	%	tn90p	0.026	0.035	0.471
TX10P (Cold days)	Percentage of days when TX<10th percentile of the base period	%	tx10p	-0.259	0.028	0.000
TX90P (Warm days)	Percentage of days when TN>90th percentile of the base period	%	tx90p	0.596	0.048	0.000
WSDI (Warm Spell Duration Index)	Annual count of days with at least 6 consecutive days when TX > 90th percentile of the base period	days	wsdi	1.027	0.118	0.000
SU30* (Hot days)	Annual count when TX ≥ 30°C	days	TXge30	1.404	0.123	0.000

Tabella 5.2a

Gli indici estremi relativi alle temperature minime e massime risultano tutte statisticamente significative, con valori p_value spesso nettamente < 0,05; si specifica che i valori di p_value nella precedente tabella pari a "0.000" indicano in realtà un valore inferiore ad una certa soglia che viene così approssimata. Solamente nel caso del parametro TN90P (Warm nights) -*Percentage of days when TN>90th percentile of the base period* -il p_value pari a 0.471 evidenzia una non significatività statistica.
L'analisi dei rispettivi trend relativi ai singoli parametri mostra per l'indice giorni di gelo (FD0) con temperature minime < 0 °C, un sorprendente segnale di forte aumento – circa 0.7 giorni/anno pari a circa 37 giorni nell'intero periodo. Altrettanto significativa risulta essere l'intensa tendenza all'aumento dell'indice di giorni estivi (SU25 e SU 30) e, di conseguenza dei giorni particolarmente caldi. Non si evidenziano trend degni di nota relativamente al numero di notti tropicali (TN) e particolarmente calde (TN90P). Risulta infine evidente un moderato calo dei giorni molto freddi

I risultati emersi mostrano quindi, relativamente al segnale termico *s.l.*, un andamento parzialmente contrastante con quello osservato nel Rapporto ISPRA 37/2013 "Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura e precipitazione in Italia" , benché questi consideri un periodo di osservazione appena più breve (1961 – 2012) e la normale climatica sia riferita al CLINO 1961 – 1990. Nel rapporto ISPRA si evidenzia come in generale, anche nel territorio fisico italiano vi sia una tendenza ad un generale "*global warming*", con un aumento molto deciso del valore degli indici che descrivono gli estremi di caldo (SU25, SU 30, TN90, TX90, WSDI), del numero di notti tropicali (TR20), con una netta prevalenza di anomalie positive soprattutto a partire dalla metà degli anni '80. Viceversa, il numero di giorni con gelo (FD0), il numero di notti fredde (TN10P) e il numero di giornate fredde (TN10P), mostrano, per lo stesso periodo una prevalenza di anomalie negative.

In conclusione, viene confermata l'impressione già evidente relativamente allo studio delle temperature e delle precipitazioni, che il clima di Servigliano – caratterizzato da caratteri di notevole continentalità in relazione alla posizione geografica media - tenda ed estremizzarsi sempre di più, soprattutto per quanto riguarda i quadri temici medi ed assoluti delle stagioni solstiziali

FD0 (Frost Days)

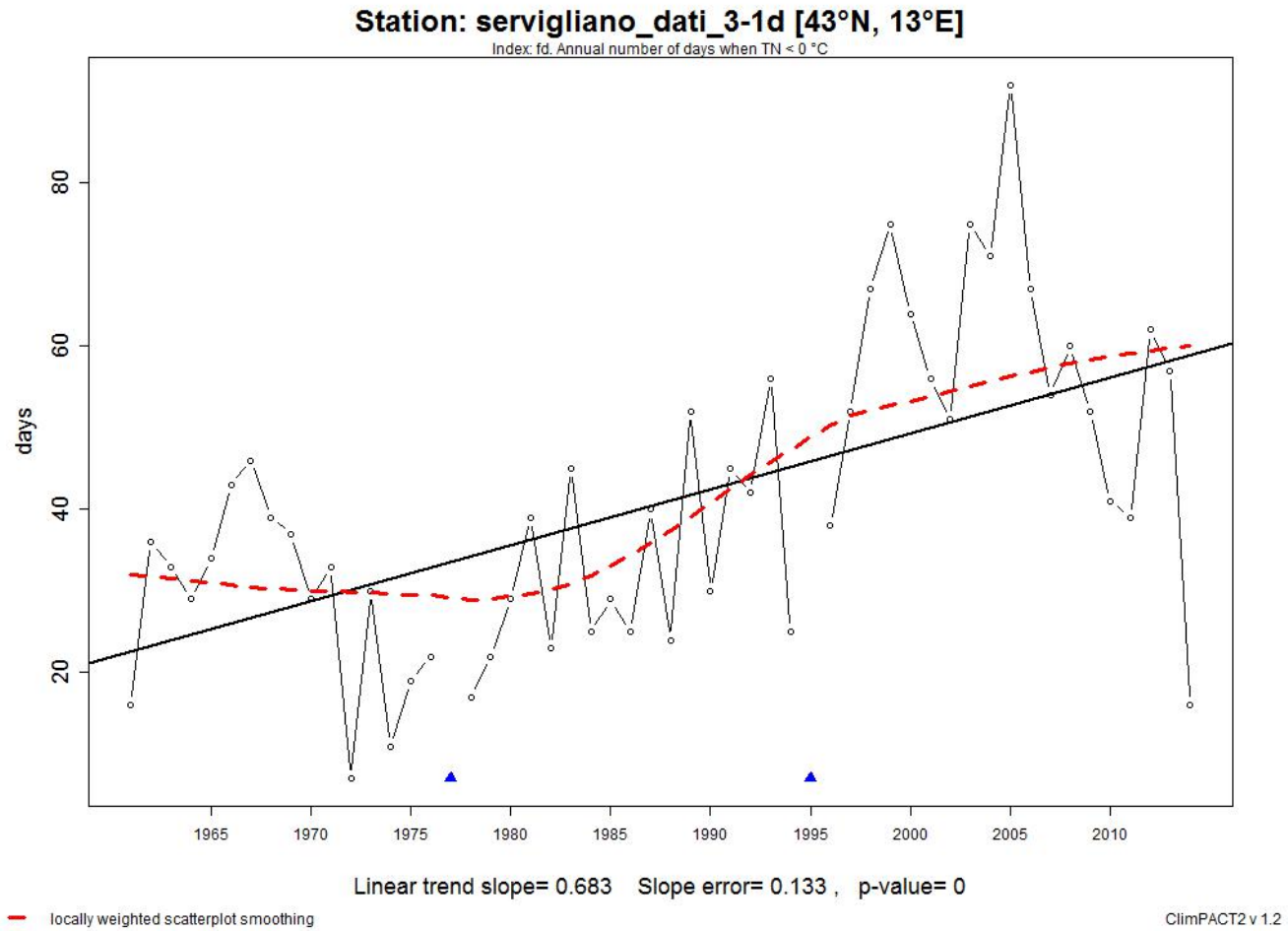


Figura 5b.1 – Andamento del numero annuo dei giorni di gelo (con Tm < 0°C).

Il segnale mostra un evidente quanto sorprendente incremento del numero dei giorni di gelo; quantificabile in circa 0.68 giorni/anno, pari a oltre 38 giorni per l'intero periodo analizzato; tant'è che il valore degli ultimi anni – circa 60 giorni anno è quasi triplicato rispetto a quello iniziale – mediamente poco superiore ai 21; sembra l'analisi della funzione polinomiale evidenzia un deciso aumento del parametro tra meta degli anni '80 e del nuovo secolo – con outliers molto intensi tra il 1999 ed il 2004 ed un calo piuttosto deciso nell'ultimo decennio

SU25 (Summerdays)

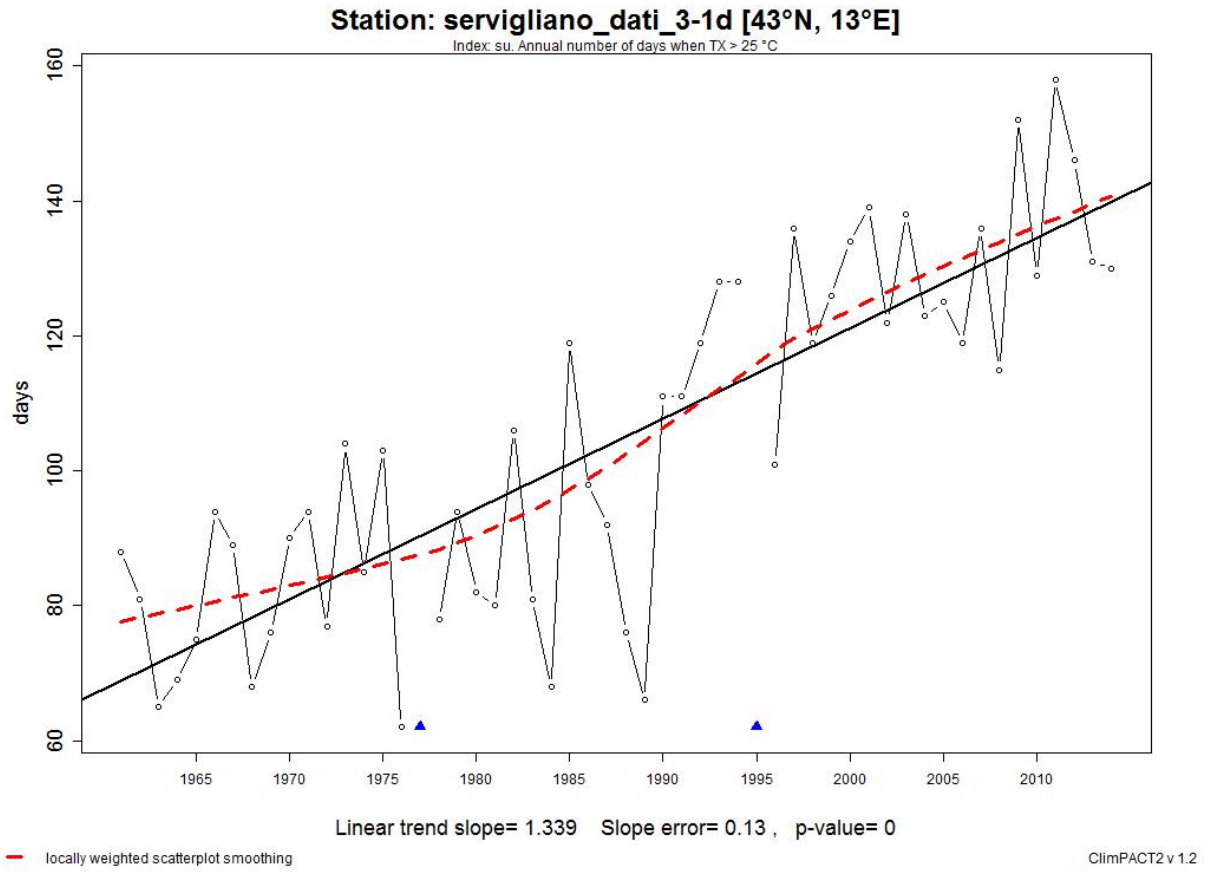


Figura 5b.2 – Andamento del numero annuo giornate estive (con Tx> 25 °C).

Il segnale relativo al numero di giorni caldi - con temperature massime > 25°C è caratterizzato da un complessivo deciso incremento, dell'ordine di circa 1,3 giorni/anno, dunque di oltre 70 giorni nell'intero periodo; il totale varia dagli iniziali 67 agli oltre 140, dunque risulta piu che raddoppiato, a conferma dell'estrema continentalità recente del segnale termico relativo al sito di Servigliano. Ad una più dettagliata analisi dell'andamento, mediante l'introduzione di una polinomiale di ordine superiore, si notano valori in lieve incremento dall'inizio della serie sino alla fine degli anni '70, con un successivo repentino incremento sino alla fine del XX secolo e successiva tendenza ad un incremento più lineare, accompagnato da una limitata variabilità intrannuale.

TR20 (Tropicalnights)

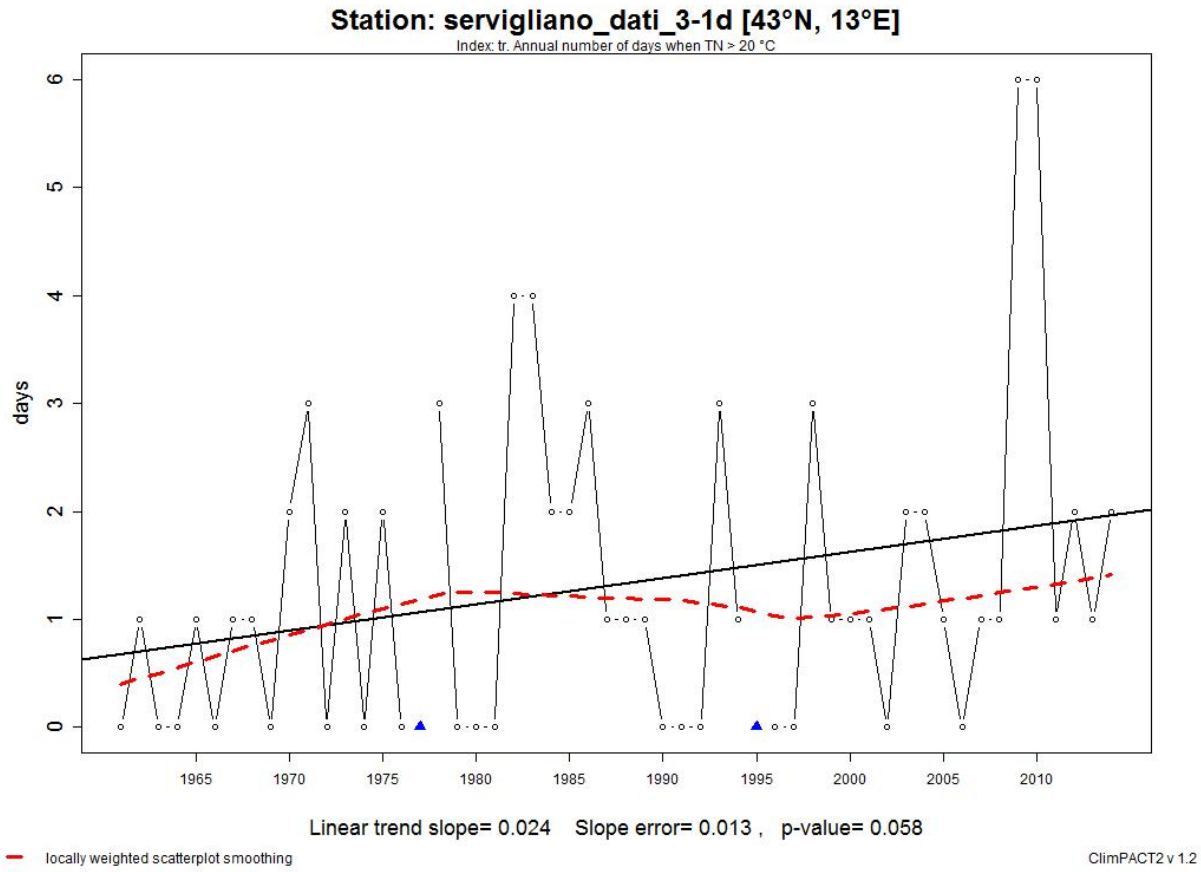


Figura 5b.3 – Andamento del numero annuo notti tropicali (con Tn >20 °C).

L'andamento del numero delle notti tropicali - con temperatura minima > 20°C – mostra un segnale non significativo o al più, un lievissimo incremento – di circa 0.025 giorni /anno pari a meno di due giorni totali.Si può evidentemente affermare che la situazione locale è caratterizzata da una sporadicità del fenomeno analizzato. Decisi i recenti outliers positivi delle estati 2010 e 2011

TN10P (Coldnights)

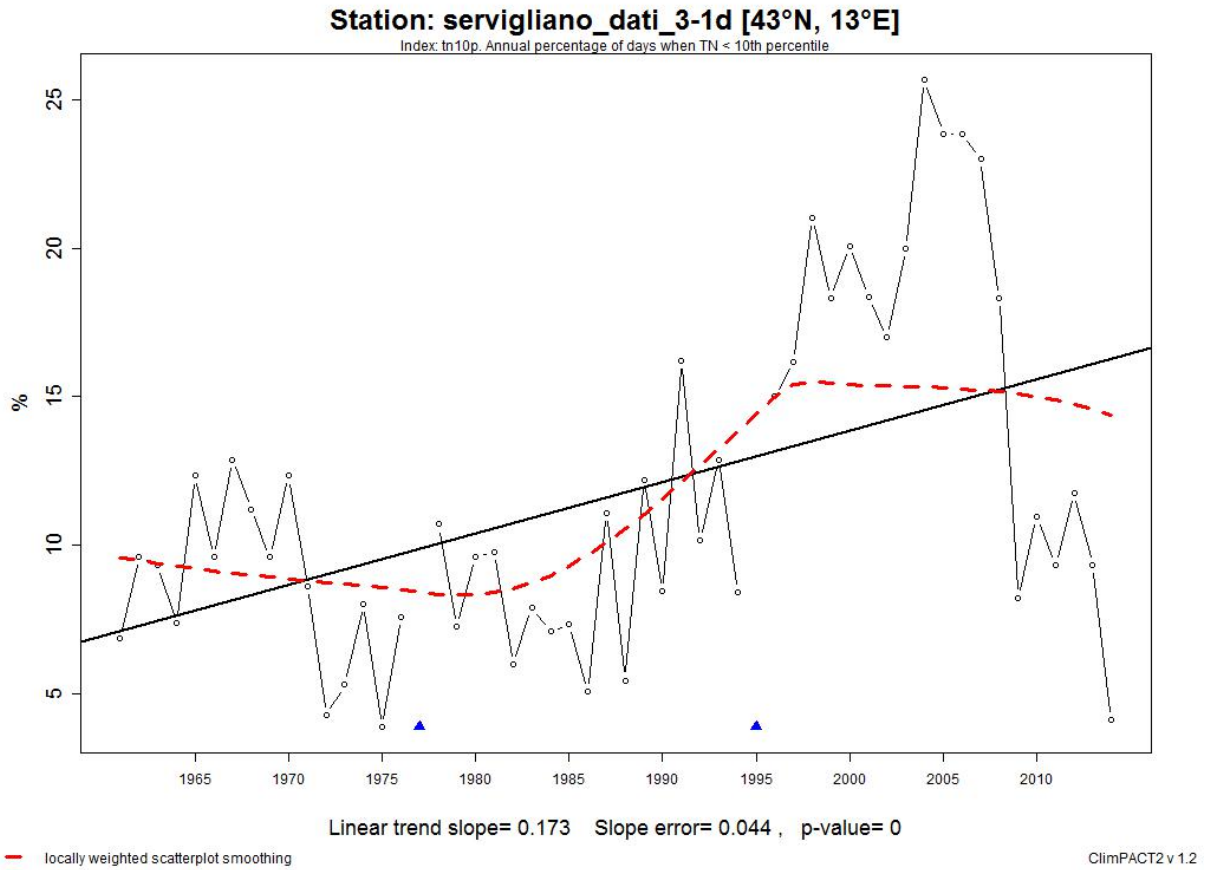


Figura 5b.4 – Andamento del numero annuo (%) notti fredde (con Tn < 10° percentile trentennio di riferimento).

Il segnale relativo ai giorni con temperature minime particolarmente basse – inferiori al decimo percentile - (indice Notti fredde) mostra un sorprendente incremento percentuale, pur in presenza di un atteggiamento del segnale estremamente variegato e meglio comprendibile analizzando la funzione interpolante di ordine superiore. Ad una fase estesa temporalmente sino al 1995 – caratterizzata da una certa ritmicità del segnale su valori molto bassi segue un repentino deciso innalzamento delle notti realmente fredde, con numerosi outliers ripetuti sino al 2007. Nell'ultimo decennio, infine, il segnale sembra mostrare un deciso decremento della fenomenologia esaminata.

TN90P (Warmnights)

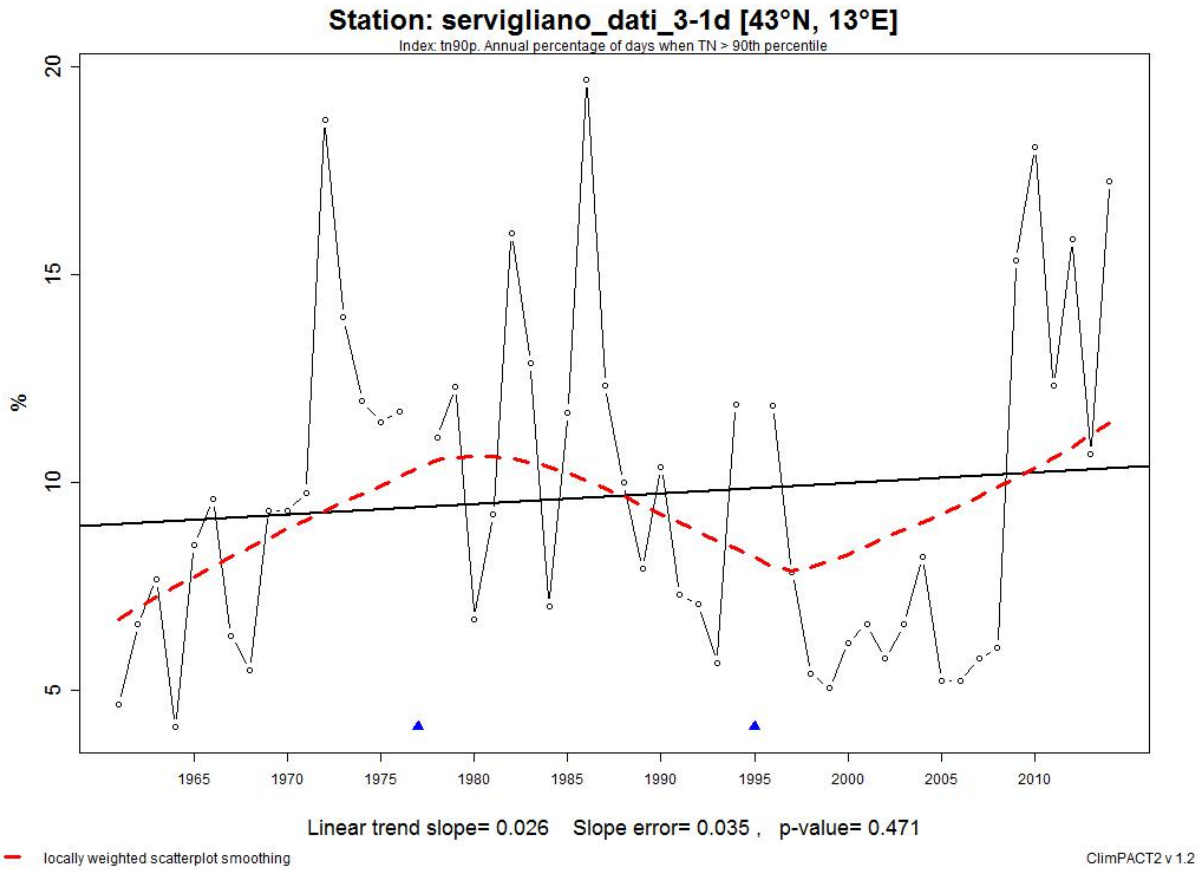


Figura 5b.5 – Andamento del numero annuo (%) notti calde (con Tn > 90° percentile trentennio di riferimento).

Il segnale relativo alla frequenza percentuale di notti particolarmente calde – oltre il 90° percentile (indice Notti calde) non mostra trend degni di nota, se non un lievissimo incremento. L'interpolante di ordine superiore mostra un periodo caratterizzato da una notevole frequenza dei fenomeni tra il 1975 ed il 1987- con outliers particolarmente intensi nel 1972 e nel 1986. Di seguito e sino al 2008, si evidenzia un periodo con scarse fenomenologie estreme mentre l'ultimo decennio è caratterizzato da una decisa ripresa delle notti molto calde.

TX10P (Colddays)

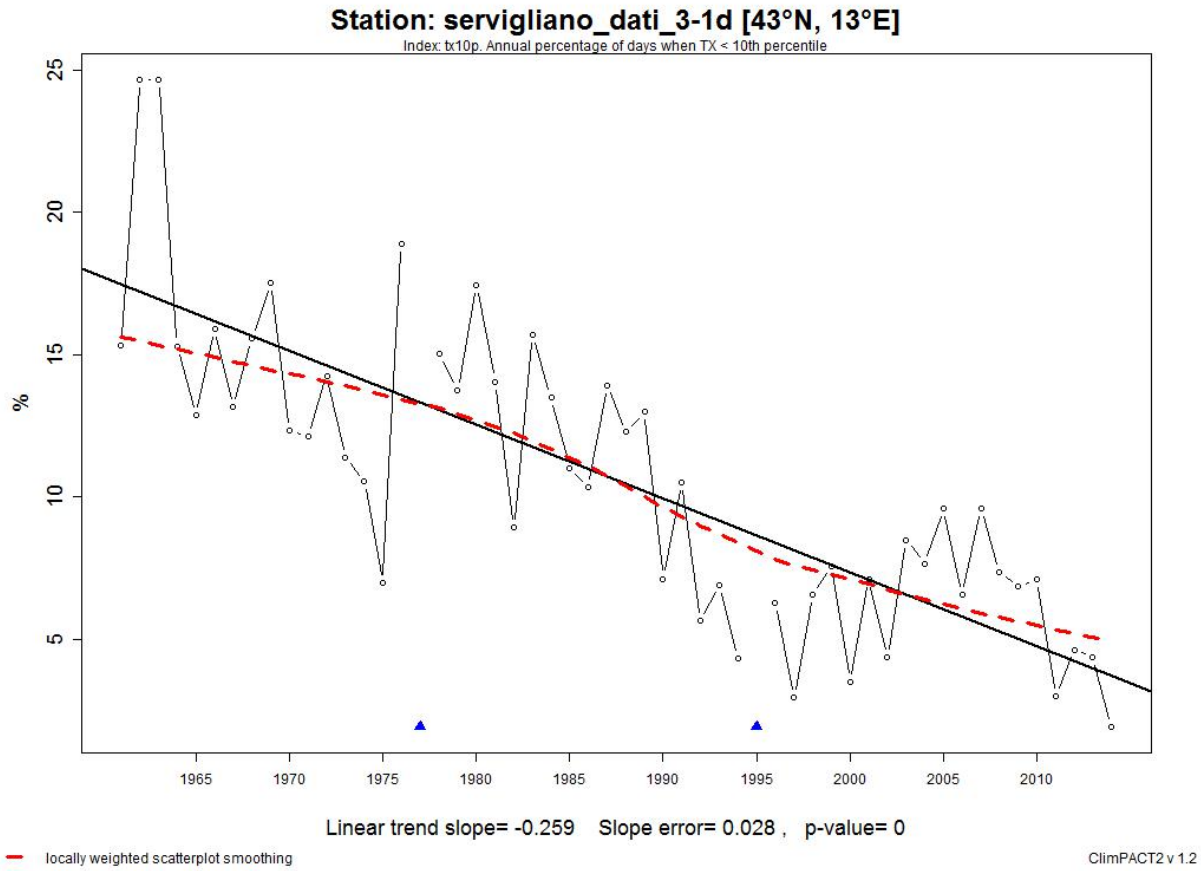


Figura 5b.6 – Andamento del numero annuo (%) giornate fredde (con Tx< 10° percentile trentennio di riferimento).

La tendenza relativa alla frequenza percentuale del numero di giorni freddi – minori del 10° percentile - mostra un deciso decremento, molto costante sino al 1997, con un successivo periodo a cavallo dell'inizio del XXI° secolo caratterizzato da eventi molto rari e da una successiva modesta ripresa di nella frequenza di tali eventi, intorno al 2005. Nell'ultimo quinquennio, infine, la frequenza di giorni freddi tenda a divenire quasi nulla, a testimonianza del fatto che le avvezioni fredde continentali sono meno intense.

TX90P (Warmdays)

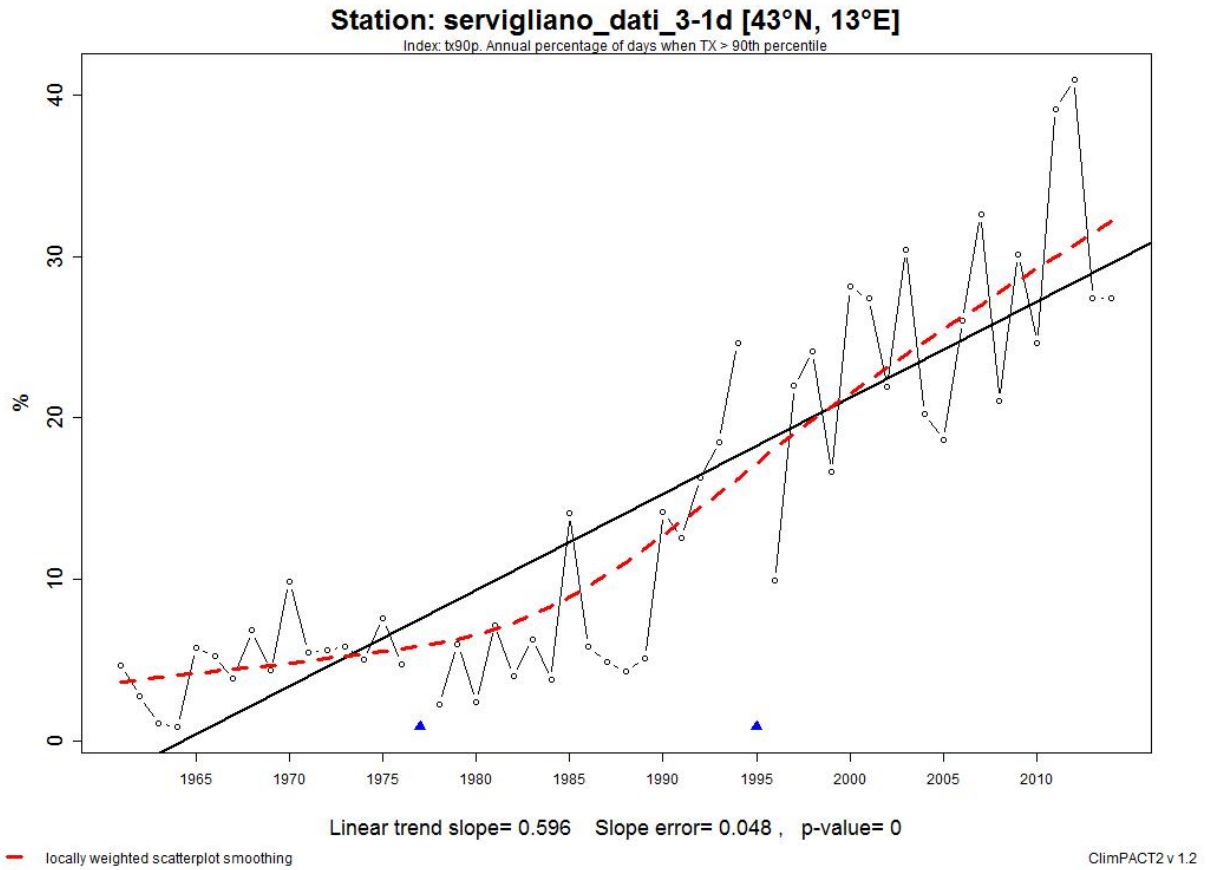


Figura 5b.7 – Andamento del numero annuo (%) giornate clade (con Tx> 90° percentile trentennio di riferimento).

Il segnale relativo alla frequenza percentuale di giorni caldi – superiori al 90° percentile - mostra un forte incremento, in particolare nel periodo postumo al 1987, quando il segnale si mostra molto regolare e senza evidenti controtendenze. Nell'ultimo ventennio risulta poi evidente un aumento della variabilità intrannuale (estremizzazione termica)

WSDI (Warm Spell Duration Index)

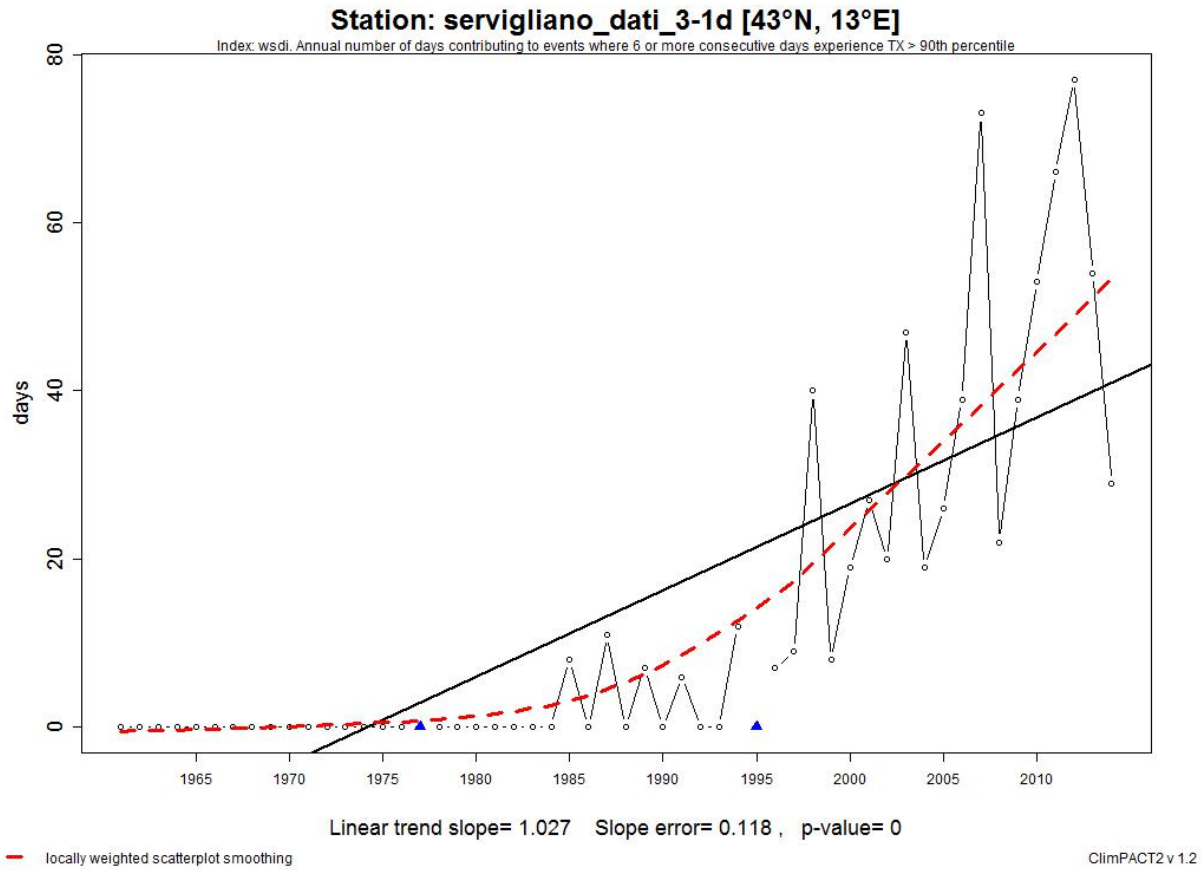


Figura 5b.8 – Andamento del numero annuo di giorni consecutivi (>= 6) caldi (con Tx> 90° percentile trentennio di riferimento).

L'indice Durata onda di calore (WSDI) misura il numero massimo di giorni l'anno con temperatura massima superiore al 90° percentile della statistica delle massime giornaliere sul periodo climatologico di base (70 – 2000) considerando un periodo di almeno 6 giorni consecutivi.

L'indice mostra un segnale statisticamente non definibile, in quanto la grandezza analizzata è quasi del tutto assente nella prima meta del periodo analizzato e con valori via via crescenti nell'ultimo ventennio. Notevoli gli outliers positivi relativi alle estati 2006 e 2012 e significativi i segnali relativi alle fresche estati 2008 e 2010, a conferma di una sempre maggiore estremizzazione climatica.

SU30* (Hot days)

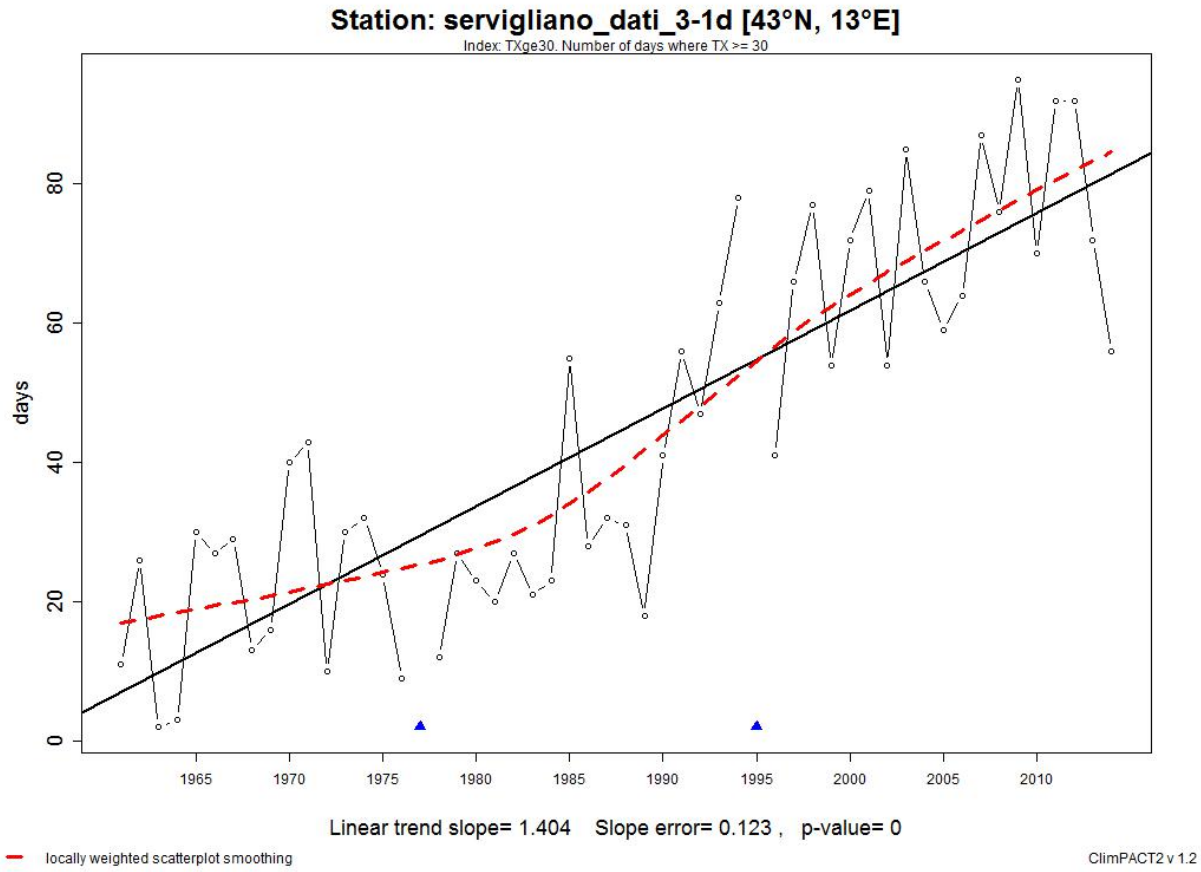


Figura 5b.9 – Andamento del numero annuo di giorni molto caldi (con Tx> 30 °C).

Il numero di giorni molto caldi rappresenta un paramento molto significativo nell'ambiente morfoclimatico mediterraneo s.l.. La sua tendenza mostra un abnorme incremento – del tutto sovrapponibile a quello relativo ai giorni con Tmax>25°C - e quantificabile in oltre 1,4 giorni all'anno, pari a circa 80 giorni per l'intero periodo. Si osserva una quasi totale assenza del fenomeno sino alla fine degli anni '70, con un successivo marcato incremento. Eccezionali ma sempre più frequenti gli outliers evidenti a partire dal 1997.

Bibliografia

Desiato F., Lena F. e Toreti A., (2007). SCIA: a system for a better knowlede of the Italian climate, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 48, n. 3, 351-358.

FazziniM. & Giuffrida A. (2005): Une nouvelle proposition quantitative des regime pluviométrique sdans le territoire de l' Italie : premiers résultats - in « Climat Urbain, Ville et Architecture » Actes XVIII Colloque Internationale de Climatologie – Gênes – 362-365.

Fioravanti G., Fraschetti P., Perconti W., Piervitali E., Desiato F., (2016). Controlli di qualità dellseridi temperatura e precipitazione. ISPRA, stato dell'ambiente 66/2016. ISBN 978-88-448-0780-1.

Giorgi F, Im E-S, Coppola E, et al (2011) Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. Journal of Climate 24:5309–5324. doi: 10.1175/2011JCLI3979.1

Giorgi F, Lionello P (2008) Climate change projections for the Mediterranean region. Global and Planetary Change 63:90–104. doi: 10.1016/j.gloplacha.2007.09.005

Kendall, Maurice G., Alan Stuart, and J. K. Ord. The advanced theory of statistics. Vol. 3. London, 1968.

Quadrelli R, Pavan V, Molteni F (2001) Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. Climate Dynamics 17:457–466. doi: 10.1007/s003820000121

Seager R, Naik N, Vogel L (2012) Does global warming cause intensified interannual hydro climate variability? Journal of Climate 25:3355–3372. doi: 10.1175/JCLI-D-11-00363.1

Toreti A., Xoplaki E, Maraun D, et al (2010) Characterisation of extreme winter precipitation in mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns. Natural Hazards and Earth System Science 10:1037–1050. doi: 10.5194/nhess-10-1037-2010

Toreti A, Desiato F, Fioravanti G, Perconti W (2009) Seasonal temperatures over Italy and their relationship with low-frequency atmospheric circulation patterns. Climatic Change 99:211–227. doi: 10.1007/s10584-009-9640-0

Trenberth KE, Dai A, Rasmussen RM, Parsons DB (2003) The Changing Character of Precipitation. Bulletin of the American Meteorological Society 84:1205–1217. doi: 10.1175/BAMS-84-9-1205

Von Storch H. (1995). Chapter 2: Misuses of statistical analysis in climate research. pp. 11-26 In: Von Storch H. e Navarra A. Eds., Analysis of Climate Variability – Application of Statistical Techniques, Springer, Berlin.

Yue S, Pilon P, Cavadias G (2002a) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. Journal of Hydrology 259:254–271. doi: 10.1016/S0022-1694(01)00594-7

Yue S, Pilon P, Cavadias G (2002b) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. J Hydrol 259:254–271. doi: 10.1016/S0022-1694(01)00594-7

Zhang X., Harvey K.D., Hogg W.D., Yuzyk T.R. (2001). Trends in Canadian streamflow. Water Resources Research, 37(4):987-998.