**EWS Elettro Lazio**

**Guida utente**

1. [Presentazione](#Presentazione)
2. [Installazione](#Installazione)
3. [Dati meteo](#Dati_meteo)
4. [Dataframe](#Dataframe)
5. [Interfaccia](#Interfaccia)
6. [Scenari meteo](#Scenari_meteo)
7. [Analisi rischio](#Analisi_rischio)
8. [Curve di fragilità](#Curve_frag)
9. [Simulazione](#Simulazione)
10. [Varie](#Varie)

**PRESENTAZIONE**

EWS Elettro Lazio è un software di early warning per il monitoraggio dei principali indicatori meteorologici previsionali ed il loro impatto sull’infrastruttura di distribuzione elettrica della regione Lazio, in termini di previsione guasti ma anche di decadimento delle prestazioni degli elementi che compongono il sistema di distribuzione dell’energia (es trasformatori). L’applicazione consente la modifica degli indicatori e la creazione di scenari simulati, per analisi di dettaglio. I dati elaborati coprono una finestra temporale di 7 giorni, con risoluzione di 0.25 e 0.1 gradi di lat/lon su scala regionale. E’ possibile effettuare analisi anche con risoluzione di 0.02 gradi di lat/lon, su scala provinciale e fino a 3 gg. Gli scenari scaricati o simulati possono essere salvati per successive analisi, anche come pagine html da utilizzare in ambienti esterni, così come l’intero dataframe in formato excel.

**INSTALLAZIONE**

EWS Elettro Lazio, implementato in linguaggio Python versione 3.11, è stato sviluppato e testato in ambiente Windows 10 e 11. L’esecuzione del programma non è subordinata all’avvio di un eseguibile, occorre per questo verificare la presenza delle librerie di seguito elencate (da installare con il comando *pip install nome\_libreria*). L’esecuzione del software avviene lanciando il comando *python main.py*.

**File main.py**

import os

import sys

from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QWidget, QMainWindow, QRadioButton, QGroupBox,QPushButton,QButtonGroup,\

QHBoxLayout,QVBoxLayout,QToolBar,QAction,QLabel,QFileDialog, QMessageBox, QCheckBox, QProgressBar, QSlider, QComboBox

from PyQt5.QtGui import QIcon, QPixmap

from PyQt5.QtCore import QUrl, QSize, Qt

from PyQt5.QtWebEngineWidgets import QWebEngineView

import pandas as pd

import geopandas as gpd

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from scipy.stats import lognorm

from datetime import datetime, timedelta

from shapely.geometry import Polygon

import math

import webbrowser

import shutil

from pathlib import PureWindowsPath

**File elabora\_scenario.py**

import folium

from folium.plugins import GroupedLayerControl, MousePosition,MeasureControl,HeatMap

import geopandas as gpd

from branca.colormap import linear, LinearColormap, StepColormap

import pandas as pd

import io

import os

from PIL import Image

**File elabora\_scenario\_002.py**

import folium

from folium.plugins import GroupedLayerControl, MousePosition,MeasureControl,HeatMap

import geopandas as gpd

from branca.colormap import linear, LinearColormap, StepColormap

import pandas as pd

import io

import os

from PIL import Image

import math

**STRUTTURA DEI FILE**

**File main.py**

Il file main.py contiene il codice per la creazione dell’interfaccia principale che comprende la toolbar con relativi pulsanti, mappa, box per la selezione di componenti e tipo di analisi, box di simulazione, opzioni e visualizzazione di immagini in formato ridotto. Il file principale importa due file che sviluppano le funzioni per la visualizzazione delle mappe, in base alla risoluzione: *elabora\_scenario.py* (risoluzione 0.25 e 0.1 gradi) ed *elabora\_scenario\_002.py* (0.02 gradi). Di seguito le funzioni contenute in main.py.

Per abilitare il tipo di analisi e la scelta del componente:

def abilita\_elabora\_scenario(): #lanciata al termine del download dei dati meteo, attiva il box ANALISI e DATI METEO

def attiva\_analisi\_rischio(): #attiva i box EVENTO NATURALE e COMPONENTE, disabilita il box DATI METEO

def attiva\_solo\_meteo(): #attiva il box DATI METEO, disabilita EVENTO NATURALE e COMPONENTE

def attiva\_hw(): #dopo la selezione “ondata di calore” nel box EVENTO NATURALE, abilita linea interrata, trasformatore di potenza e trasf. di distribuzione in COMPONENTE

def attiva\_vento(): #dopo la selezione “vento” nel box EVENTO NATURALE, abilita i radio button tralicci, linea esterna, pali di servizio in COMPONENTE

def attiva\_ghiaccio(): #dopo la selezione “ghiaccio” nel box EVENTO NATURALE, abilita il radio button linea esterna in COMPONENTE

def attiva\_alluvione(): #dopo la selezione “alluvione” nel box EVENTO NATURALE, abilita il radio button cabine in COMPONENTE

Per scaricare i dati meteo (api):

def api\_025\_ifs(lat, lon): #scarica i dati meteo con risoluzione 0.25 gradi

def api\_01\_dwd\_global(lat, lon): #scarica i dati meteo con risoluzione 0.1 gradi

def api\_005\_glofas\_v4(lat, lon): #scarica i dati portata corsi d’acqua con risoluzione 0.05 gradi

def api\_002\_arpae\_icon\_2i(lat, lon): #scarica i dati meteo con risoluzione 0.02 gradi

Per il calcolo delle curve di fragilità:

def calcola\_hwdi(temperatura, precipitazioni): #calcola l’ondata di calore

def calcola\_prob\_tralicci(vento): #calcola la probabilità di failure dei tralicci sotto l’effetto del vento

def calcola\_prob\_linea\_esterna(vento): #calcola la probabilità di failure della linea esterna sotto l’effetto del vento

def calcola\_prob\_linea\_esterna\_ice(m\_mm,M\_mm): #calcola la probabilità di failure della linea esterna sotto l’effetto del ghiaccio

def calcola\_prob\_pali\_legnoacciaio\_nuovi(vento): #calcola la probabilità di failure dei pali di servizio nuovi (metallo o legno) sotto l’effetto del vento

def calcola\_prob\_pali\_legno\_20(vento): #calcola la probabilità di failure dei pali di servizio vecchi di 20 anni, sotto l’effetto del vento

def calcola\_prob\_pali\_legno\_40(vento): #calcola la probabilità di failure dei pali di servizio vecchi di 40 anni, sotto l’effetto del vento

def calcola\_prob\_pali\_legno\_60(vento): #calcola la probabilità di failure dei pali di servizio vecchi di 60 anni, sotto l’effetto del vento

def calcola\_tp65(temperatura): #calcola la riduzione di vita dei trasformatori di potenza esposti all’ondata di calore

def calcola\_td65(temperatura): #calcola la riduzione di vita dei trasformatori di distribuzione esposti all’ondata di calore

def calcola\_flood\_failure\_cabina(flood\_depth): #calcola la probabilità di failure delle cabine elettriche esposte ad allagamento

def calcola\_stima\_m\_ice(cod\_meteo, ore\_freezing, vento, precipitazioni): #calcola la stima di ghiaccio accumulata sui conduttori

def calcola\_flood\_depth(flood\_pericolo,river\_discharge, ts\_discharge, flood\_factor): #calcola la stima dell’altezza dell’allagamento

Per caricare le immagini ridotte nel box rischio:

def carica\_immagine\_rischio\_default():#carica l’immagine di default all’apertura del programma, quando ancora non sono state elaborate le mappe rischio

def carica\_immagine\_rischio\_vento\_tralicci():#carica la cdf tralicci esposto al vento (Panteli)

def carica\_immagine\_rischio\_heat\_wave():

def carica\_immagine\_rischio\_vento\_linea\_esterna():

def carica\_immagine\_rischio\_ghiaccio\_linea\_esterna():

def carica\_immagine\_rischio\_vento\_pali(tipo\_palo, pali\_anni):

def carica\_immagine\_rischio\_heat\_wave\_trasformatore\_p():

def carica\_immagine\_rischio\_heat\_wave\_trasformatore\_d():

def carica\_immagine\_rischio\_alluvione\_cabine():

Attivate dai pulsanti della toolbar:

def pulsante\_apri\_scenario():#verifica se c’è uno scenario aperto ed apre un nuovo scenario lanciando carica\_file\_dati\_scenario()

def carica\_file\_dati\_scenario():#apre il file dialog ed importa un nuovo scenario caricando il dataframe presente nel file .feather

def pulsante\_salva\_scenario():#apre il file dialog e salva lo scenario in un file .feather

def pulsante\_chiudi\_scenario():#verifica se c’è uno scenario aperto e chiude lo scenario lanciando chiudi\_scenario()

def chiudi\_scenario():#chiude lo scenario corrente e carica la mappa di base

def elabora():#genera gli scenari richiamando le funzioni nei file elabora\_scenario.py ed elabora\_scenario\_002.py

def pulsante\_scarica\_dati\_meteo\_025():#lancia la funzione api\_025\_ifs(lat, lon) e costruisce il dataframe

def pulsante\_scarica\_dati\_meteo\_01():#lancia la funzione api\_01\_dwd\_global(lat, lon) e costruisce il dataframe

def pulsante\_scarica\_dati\_meteo\_002():#lancia le funzioni api\_002\_arpae\_icon\_2i(lat, lon), api\_005\_glofas\_v4(lat, lon) e costruisce il dataframe

def ricarica\_soglie():#carica nel dataframe corrente le soglie di alluvione,flood\_factor e ricalcola il rischio allagamento

def pulsante\_salva\_mappa():#salva la mappa corrente come file html

def apri\_dataframe\_excel():#apre il dataframe corrente in formato excel

def apri\_manuale\_html():#apre la guida utente nel browser predefinito

Altre:

def cambia\_label\_slider\_temp():#aggiorna la label temperatura con il valore dello slider

def cambia\_label\_slider\_vento():#aggiorna la label vento con il valore dello slider

def cambia\_label\_slider\_pioggia(): #aggiorna la label pioggia con il valore dello slider

def cambia\_label\_slider\_precip():#aggiorna la label precipitazioni con il valore dello slider

def cambia\_label\_slider\_neve(): #aggiorna la label neve con il valore dello slider

def cambia\_label\_slider\_discharge():#aggiorna la label portata con il valore dello slider

def reset\_dati():#riporta i dati del dataframe ai valori originari, quelli scaricati con le api

def applica\_dati\_simulazione():#applica al dataframe i valori inseriti nel box SIMULAZIONE e ricalcola tutte le cdf

def tronca(numero\_float, posizioni\_decimali): #tronca i numeri float

**File elabora\_scenario.py**

Il file contiene le funzioni per la generazione delle mappe con risoluzione 0.25 e 0.1 gradi, richiamate da main.py con la funzione elabora(). Si distinguono facilmente le funzioni per la sola visualizzazione dei dati meteo da quelle che visualizzano le mappe del rischio.

def elabora\_solo\_meteo\_temperatura(rete,dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_vento(rete,dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_pioggia(rete,dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_neve(rete,dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_precipitazioni(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_hw(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_hw\_trasformatore\_p(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_hw\_trasformatore\_d(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_vento\_tralicci(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_vento\_linea\_esterna(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_ghiaccio\_linea\_esterna(rete, dataframe):

def elabora\_evento\_vento\_pali(rete, dataframe, tipo\_palo, pali\_anni):

**File elabora\_scenario\_002.py**

Il file contiene le funzioni per la generazione delle mappe con risoluzione 0.02 gradi, richiamate da main.py con la funzione elabora(). Si distinguono facilmente le funzioni per la sola visualizzazione dei dati meteo da quelle che visualizzano le mappe del rischio.

def elabora\_solo\_meteo\_temperatura\_provincia(rete, dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_vento\_provincia(rete, dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_pioggia\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_neve\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_precipitazioni\_provincia(rete, dataframe):

def elabora\_solo\_meteo\_discharge\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_hw\_provincia(rete, dataframe):

def elabora\_evento\_hw\_trasformatore\_p\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_hw\_trasformatore\_d\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_vento\_tralicci\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_vento\_linea\_esterna\_provincia(rete,dataframe):

def elabora\_evento\_vento\_pali\_provincia(rete, dataframe,tipo\_palo, pali\_anni):

def elabora\_evento\_alluvione\_cabine\_provincia(rete,dataframe):

**DATI METEO**

Gli indicatori meteorologici utilizzati in EWS Elettro Lazio sono scaricati dal sito <https://open-meteo.com>. Il sito è di libero accesso e mette a disposizione numerosi servizi che consentono, tramite api, l’accesso ai principali modelli meteorologici accreditati (ECMWF, ICON EU, ecc). Le api opportunamente modificate e parametrizzate, sono state integrate nell’applicazione. Nella tabella seguente si riportano i modelli utilizzati e le specifiche.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Scenario** | **Copertura** | **Fonte** | **Modello** | **Regione** | **Risoluz spaziale** | **Risoluz temporale** | **Aggiornamento** | **Previsione** |
| 0.25° | Regione | ECMWF | IFS | Globale | ~25 km | 3 ore | 6 ore | 7 gg |
| 0.1° | Regione | DWD Germany | ICON GLOBAL | Globale | ~11 km | 3 ore | 6 ore | 7.5 gg |
| 0.02° | Singola provincia | Italia Meteo ARPAE | ICON 2I | Sud Europa | ~2 km | 1 ora | 12 ore | 3 gg |
| 0.05° | Singola provincia | Global Flood Awareness System | GloFAS v4 Forecast | Globale | ~5 km | 24 ore | 24 ore | 3 gg |

Di seguito i valori scaricati per ciascun modello:

temperature\_2m\_max: Massimo valore della temperatura giornaliera, misurata a 2 metri dal terreno  
wind\_speed\_10m\_max: Massimo valore in m/s raggiunto dal vento, misurato ad un’altezza di 10 m  
snowfall\_sum: Somma delle precipitazioni nevose giornaliere  
rain\_sum: Somma della pioggia caduta nel giorno, in mm  
precipitation\_sum: Somma delle precipitazioni giornaliere in mm (compresa neve)  
weather\_code: Codice del meteo prevalente della giornata (tabella sotto)  
precipitation\_hours: Somma delle ore di precipitazioni

Il modello ICON 2I di Italia Meteo Arpae (0.02°) non fornisce il weather code e precipitation hours

**Weather interpretation code**

| **Code** | **Description** |
| --- | --- |
| **0** | Clear sky |
| **1, 2, 3** | Mainly clear, partly cloudy, and overcast |
| **45, 48** | Fog and depositing rime fog |
| **51, 53, 55** | Drizzle: Light, moderate, and dense intensity |
| **56, 57** | Freezing Drizzle: Light and dense intensity |
| **61, 63, 65** | Rain: Slight, moderate and heavy intensity |
| **66, 67** | Freezing Rain: Light and heavy intensity |
| **71, 73, 75** | Snow fall: Slight, moderate, and heavy intensity |
| **77** | Snow grains |
| **80, 81, 82** | Rain showers: Slight, moderate, and violent |
| **85, 86** | Snow showers slight and heavy |
| **95 \*** | Thunderstorm: Slight or moderate |
| **96, 99 \*** | Thunderstorm with slight and heavy hail |

(\*) Thunderstorm forecast with hail is only available in Central Europe

Di seguito la funzione api per il download dei dati meteorologici ECMWF-IFS 0.25° nel linguaggio Python:

def api\_025\_ifs(lat, lon):  
 import openmeteo\_requests  
    import requests\_cache  
    import pandas as pd  
    from retry requests import retry  
    cache\_session = requests\_cache.CachedSession('.cache.sqlite', expire\_after = 3600)  
    retry\_session = retry(cache\_session, retries = 5, backoff\_factor = 0.2)  
    openmeteo = openmeteo\_requests.Client(session = retry\_session)  
    url = <https://api.open-meteo.com/v1/forecast>  
    params = {"latitude": lat, "longitude": lon, "daily": ["temperature\_2m\_max", "wind\_speed\_10m\_max", "snowfall\_sum", "rain\_sum",   
 "precipitation\_sum","weather\_code", "precipitation\_hours"], "models": "ecmwf\_ifs025", "timezone": "auto", "wind\_speed\_unit": "ms" }  
    responses = openmeteo.weather\_api(url, params=params)  
    response = responses[0]  
    daily = response.Daily()  
    daily\_temperature\_2m\_max = daily.Variables(0).ValuesAsNumpy()  
    daily\_wind\_speed\_10m\_max = daily.Variables(1).ValuesAsNumpy()  
    daily\_snowfall\_sum = daily.Variables(2).ValuesAsNumpy()  
    daily\_rain\_sum = daily.Variables(3).ValuesAsNumpy()  
    daily\_precipitation\_sum = daily.Variables(4).ValuesAsNumpy()  
    daily\_weather\_code=daily.Variables(5).ValuesAsNumpy()  
    daily\_precipitation\_hours=daily.Variables(6).ValuesAsNumpy()

    daily\_data = {"date": pd.date\_range(start = pd.to\_datetime(daily.Time(), unit = "s", utc = True), end = pd.to\_datetime(daily.TimeEnd(),   
 unit = "s", utc = True), freq = pd.Timedelta(seconds = daily.Interval()), inclusive = "left" )}      
    daily\_data["temperature\_2m\_max"] = daily\_temperature\_2m\_max  
    daily\_data["wind\_speed\_10m\_max"] = daily\_wind\_speed\_10m\_max  
    daily\_data["snowfall\_sum"] = daily\_snowfall\_sum  
    daily\_data["rain\_sum"] = daily\_rain\_sum  
    daily\_data["precipitation\_sum"] = daily\_precipitation\_sum  
    daily\_data["weather\_code"]=daily\_weather\_code  
    daily\_data["precipitation\_hours"]=daily\_precipitation\_hours  
    quota=response.Elevation()          
    return daily\_data, quota

**DATAFRAME**

**Index**: Indice progressivo della riga dataframe  
**giorno**: giorno di riferimento dati riga  
**lat**: coordinate di latitudine in WGS84 (epsg 4326), prese al centro del poligono di riferimento  
**lon**: coordinate di longitudine in WGS84 (epsg 4326), prese al centro del poligono di riferimento  
**elev**: quota rispetto il livello del mare delle coordinate lat e lon  
**temperature\_2m\_max**: massima temperatura giornaliera raggiunta nel giorno (°C)  
**wind\_speed\_10m\_max**: massima velocità del vento raggiunta nel giorno (m/s)  
**snowfall\_sum**: totale precipitazioni nevose nel giorno (mm)  
**rain\_sum**: totale pioggia nel giorno (mm)  
**precipitation\_sum**: totale precipitazioni nel giorno, comprese neve, pioggia, grandine (mm)  
**weather\_code**: codice del meteo prevalente nel giorno  
**precipitation\_hours**: totale ore di precipitazioni nel giorno (ore)  
**river\_discharge**: portata media corsi d’acqua nel giorno (mc/sec)  
**ts\_discharge**: soglia di esondazione (mc/sec)  
**flood\_factor**: coefficiente di allagamento  
**hwdi**: indice giornaliero ondata di calore  
**hwdi\_HM**: indice ondata di calore per heat map  
**prob\_tralicci**: probabilità di failure tralicci (%)  
**prob\_linea\_esterna**: probabilità di failure linea elettrica sospesa, in presenza di vento (%)  
**m\_mm**: ghiaccio presente sulla linea sospesa (mm)  
**M\_mm**: soglia di funzionamento del componente elettrico in presenza di ghiaccio (mm)  
**prob\_linea\_esterna\_ice**: probabilità failure linea elettrica sospesa, in presenza di ghiaccio (%)  
**prob\_pali\_la\_nuovi**: probabilità di failure pali nuovi in acciaio/legno, in presenza di vento (%)  
**prob\_pali\_l\_20**: probabilità di failure pali di legno installati da 20 anni, in presenza di vento (%)  
**prob\_pali\_l\_40**: probabilità di failure pali di legno installati da 40 anni, in presenza di vento (%)  
**prob\_pali\_l\_60**: probabilità di failure pali di legno installati da 60 anni, in presenza di vento (%)  
**tp65**: probabilità di failure trasformatori di potenza (tipo 65 rise), in presenza di temperature elevate (%)  
**td65**: probabilità di failure trasformatori di distribuzione (tipo 65 rise), in presenza di temperature elevate (%)  
**flood\_warning**: pericolo allagamento del poligono di coordinate di riferimento (è l’equivalente di flood\_pericolo nei file excel delle soglie allagamento)  
**flood\_depth**: altezza di allagamento (cm)  
**flood\_risk\_cabina**: probabilità di failure cabina primaria, in presenza di allagamento (%)  
**poligono\_002**: coordinate del poligono provinciale di riferimento (poligono\_01 e poligono 025 negli scenari regionali)  
**geometry**: coordinate del poligono di riferimento per Geopandas e Folium  
**bk\_temperature\_2m\_max**: backup massima temperatura giornaliera raggiunta nel giorno (°C)  
**bk\_wind\_speed\_10m\_max**: backup massima velocità del vento raggiunta nel giorno (m/s)  
**bk\_snowfall\_sum**: backup totale precipitazioni nevose nel giorno (mm)  
**bk\_precipitation\_sum**: backup totale precipitazioni nel giorno, comprese neve, pioggia, grandine (mm)  
**bk\_rain\_sum**: backup totale pioggia nel giorno (mm)  
**bk\_weather\_code**: backup codice del meteo prevalente nel giorno  
**bk\_precipitation\_hours**: backup totale ore di precipitazioni nel giorno (ore)  
**bk\_river\_discharge**: backup portata media corsi d’acqua nel giorno (mc/sec)

**INTERFACCIA**

L’interfaccia dell’applicazione si compone di una toolbar con i pulsanti che attivano le principali funzioni per la gestione degli scenari (caricamento, salvataggio, elaborazione, scarico dati meteo, visualizzazione del dataframe) nonché di alcuni box che si attivano dopo il caricamento di uno scenario e consentono di selezionare i dati da visualizzare, l’eventuale parametrizzazione degli stessi per la generazione di uno scenario simulato ed i componenti oggetto di analisi, grafici della probabilità di failure, opzioni varie.

**Toolbar**

 **Carica scenario** – Importa dalla cartella *scenari* (.feather) i dati di uno scenario precedentemente salvato.

 **Salva scenario** – Salva i dati dello scenario corrente nella cartella *scenari* (.feather)

elabora_scenario **Elabora scenario** – Avvia l’elaborazione dei dati dello scenario e la successiva visualizzazione della mappa, secondo i parametri impostati.

scenario_chiudi **Chiudi scenario** – Esce dallo scenario corrente e carica la mappa regionale di base

scarica_dati_meteo_025 **Scarica dati meteo 0.25** – Scarica i dati meteo regione (0.25 gradi lat/lon con api Open Meteo), costruisce il dataframe con le probabilità di fault, salva lo scenario e lo apre.

scarica_dati_meteo_01 **Scarica dati meteo 0.1** – Scarica i dati meteo regione (0.1 gradi lat/lon con api Open Meteo), costruisce il dataframe con le probabilità di fault, salva lo scenario e lo apre.

scarica_dati_meteo_002 **Scarica dati meteo 0.02** – Scarica i dati meteo provincia (0.02 gradi lat/lon con api Open Meteo), costruisce il dataframe con le probabilità di fault, salva lo scenario e lo apre.

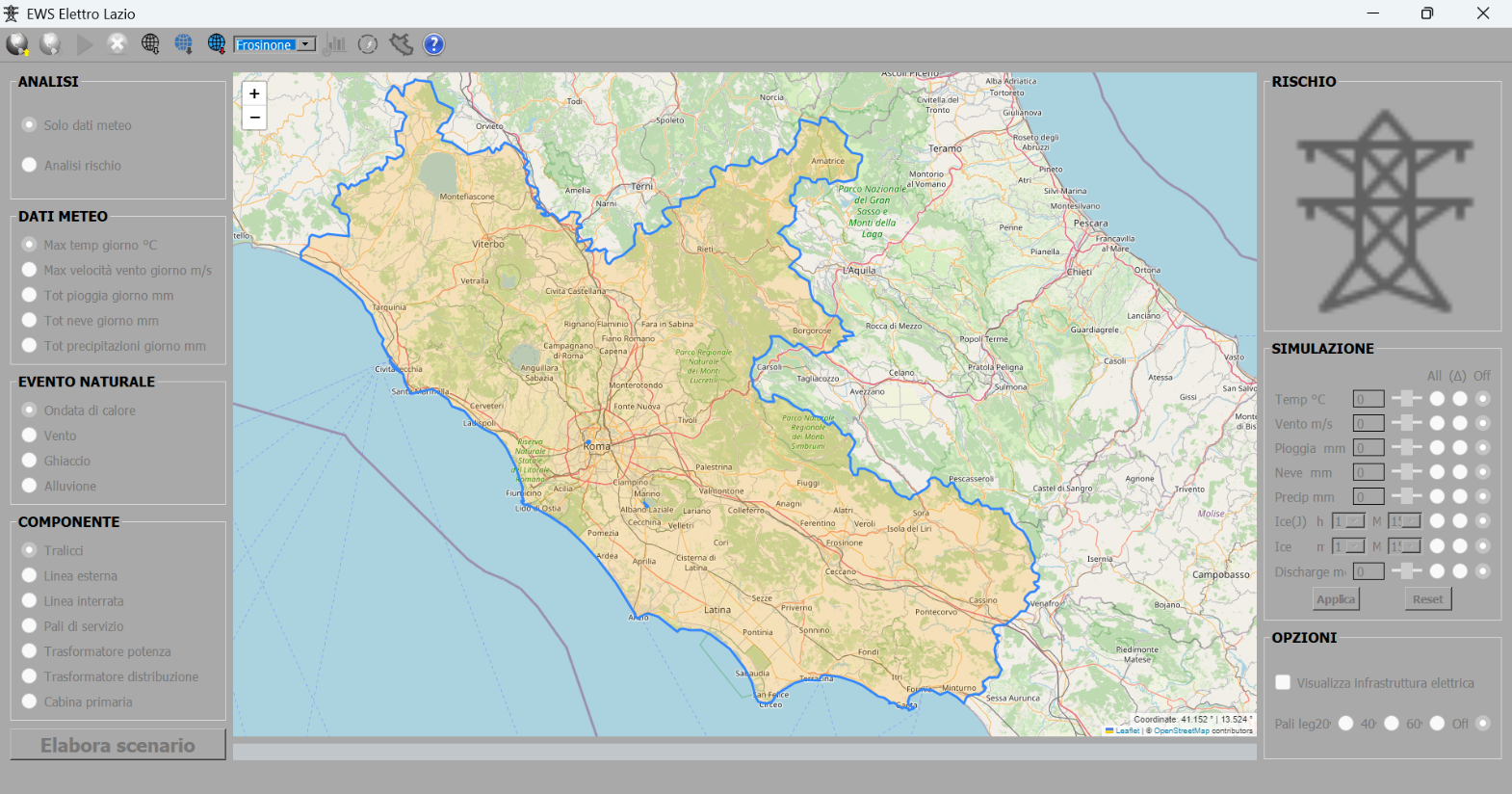
excel **Apre dataframe** – Apre il dataframe in Excel

**Ricarica soglie flood** – Ricarica le soglie di allagamento dal file excel corrispondente, presente nella cartella *aree\_pericolo\_alluvione*

icona_lazio **Salva mappa** – Salva la mappa corrente come file .html

guida **Apri guida** – Apre nel browser il manuale utente

**Box**



**Figura 1** – L’interfaccia all’apertura del programma

**Analisi** – L’utente seleziona il tipo di analisi scegliendo se visualizzare solo i dati meteorologici oppure effettuare l’analisi del rischio dell’infrastruttura elettrica. Se la scelta ricade sulla previsione del rischio, si abiliteranno automaticamente il box *evento naturale* e *componente*, disabilitando il box *dati meteo*. I riquadri *simulazione*, *opzioni* e *rischio* sono sempre abilitati.

**Dati meteo** – Scelta del dato meteorologico da visualizzare.

**Evento naturale** – Selezione dell’evento naturale da analizzare. Dipendentemente dal tipo di evento selezionato, si abiliteranno i componenti della rete elettrica interessati su cui è effettivamente applicabile l’analisi (ad esempio, non è possibile calcolare gli effetti del vento sui cavi della rete elettrica interrati). Gli scenari regione con risoluzione 0.25 gradi e 0.1 gradi non contengono i dati di alluvione per cui l’analisi di allagamento è disabilitata. Gli scenari provinciali con risoluzione 0.02 gradi non contengono i dati *weather code* e *precipitation hours*: in questo caso non è possibile calcolare la stima del ghiaccio con la formula di Jones ed il corrispondente indicatore nel riquadro *simulazione* risulterà disabilitato.

**Componente** – Scelta del componente dell’infrastruttura elettrica da analizzare.

**Rischio** – Visualizza le curve di fragilità del componente, calcolate in tempo reale in base alla parametrizzazione dei dati o semplicemente caricate da un file immagine png, se le stesse hanno caratteristiche non variabili (es vento). L’elemento è disabilitato quando l’utente non desidera trattare l’analisi del rischio e seleziona la sola visualizzazione dei dati meteorologici.

**Simulazione** –Il box raccoglie gli strumenti per la parametrizzazione dei dati meteorologici e la generazione di scenari simulati.

**Opzioni** – Parametri aggiuntivi da inserire nella visualizzazione dello scenario.

**SCENARI METEO**

EWS Elettro Lazio consente la visualizzazione dei dati meteorologici raccolti e scaricati tramite api, selezionando quelli di interesse direttamente dal box *dati meteo*. Lo scenario viene generato dopo la pressione del tasto *elabora scenario* (o triangolino blu presente nella toolbar). I dati riguardanti la portata dei corsi d’acqua sono disponibili solo in risoluzione 0.02 gradi.

|  |  |
| --- | --- |
| **Figura 2** – Temperature massime previste nella provincia di Roma il 22 luglio 2025 (risoluzione 0.02 gradi) con attivazione del layer confini comunali) | **Figura 3** – Vento massimo previsto nella regione Lazio per il giorno 24 luglio 2025 (risoluzione 0.1 gradi) con focus sui comuni della provincia di Frosinone. |

**ANALISI RISCHIO**

L’analisi degli scenari di rischio viene abilitata dopo il caricamento di un dataframe dati, precedentemente salvato nella cartella *scenari* o aperto dal software subito dopo il download dei dati meteo tramite api. Selezionando il radio button *analisi rischio* ed il componente della rete elettrica da analizzare, dopo la pressione del pulsante *elabora scenario* l’applicazione genera gli scenari combinando i dati meteorologici con le curve di fragilità dei componenti selezionati oggetto di analisi. Sono possibili quattro analisi, su scala regionale e provinciale, in tre diverse risoluzioni (0.25, 0.1 e 0.02 gradi): ondata di calore, vento, ghiaccio e alluvione, quest’ultima disponibile solo in risoluzione 0.02 gradi. La risoluzione 0.02 non prevede invece il calcolo del rischio ghiaccio per mancanza del weather code nel dataframe. Le figure sotto mostrano gli effetti della temperatura su prestazioni ed aspettative guasti di alcuni componenti dell’infrastruttura di distribuzione elettrica. In particolare, la Fig. 4 mostra l’effetto delle temperature elevate sulla durata di vita dei trasformatori di potenza mentre, in Fig. 5 è rappresentato l’indice di ondata di calore (3 gg) nella provincia di Roma (le aree in rosso sono quelle in cui maggiormente ci si aspetta un aumento dei guasti sulla linea elettrica interrata).

|  |  |
| --- | --- |
| **Figura 4** – Aree a maggior riduzione della durata di vita dei trasformatori di potenza, a seguito delle temperature elevate (risoluzione 0.1 gradi) | **Figura 5**- Indice di ondata di calore (3 giorni). La probabilità di guasti sulla linea elettrica interrata è maggiore nelle aree rosse. |

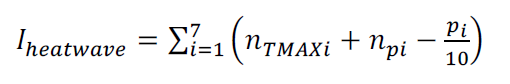
**CURVE DI FRAGILITA’**

Le curve di fragilità sono funzioni che restituiscono la probabilità di danneggiamento (o il numero di guasti) di un determinato componente della rete elettrica, sottoposto ad un evento meteorologico di cui si conosce l’intensità o la previsione della stessa. Tipicamente queste curve assumono la forma di una sigmoide i cui estremi rappresentano la soglia critica (il componente può subire i primi danni) e la soglia di collasso (il componente ha probabilità 1 di essere danneggiato). In alcuni casi l’intensità è il dato meteorologico stesso (es vento in m/s), altre volte è derivata, ovvero calcolata combinando i dati meteorologici con altri parametri (es l’indice di ondata di calore o i mm di ghiaccio presenti sulle linee elettriche sospese). In questa sezione vengono descritte sinteticamente le principali criticità degli elementi della rete, le curve di fragilità e le altre grandezze derivate utilizzate in EWS Elettro Lazio.

**Ondata di calore – Linea interrata**

Temperature elevate che si protraggono per lunghi periodi ed assenza di precipitazioni contribuiscono all’aumento dei guasti sulle linee elettriche interrate, soprattutto quelle a media tensione. Queste condizioni climatiche, fanno registrare nel periodo estivo un aumento del numero guasti di circa 4-8 volte, rispetto alla media calcolata nei restanti periodi dell’anno. Le ondate di calore modificano la resistività del suolo ed accelerano i processi di invecchiamento dei materiali isolanti, aumentando la probabilità di guasti nei punti di giunzione cavi: le conseguenze spesso si traducono in disservizi agli utenti finali per mancata fornitura di energia.

EWS Elettro Lazio misura l’intensità dell’ondata di calore con l’indice ARERA (Italian Regulatory Authority for Energy, Networks and Environment), calcolato con la seguente formula.



Si tratta di un indice settimanale il cui valore è la somma del numero dei giorni in cui non ci sono precipitazioni con il numero dei giorni in cui la temperatura massima supera i 33 °C. Al valore ottenuto, si sottrae un fattore di correzione che dipende dalle eventuali precipitazioni (pi/10) cadute nell’arco di tempo in esame, questo per mitigare l’effetto dell’ondata di calore. EWS Elettro Lazio applica la formula senza il fattore di correzione, considerato che lo stesso influisce in modo trascurabile sull’indice settimanale.

Per scenari con risoluzione 0.25 e 0.1 gradi, le soglie di attenzione sono tre: fino al valore 10 non si è in presenza di ondata di calore e le stime dei guasti sull’infrastruttura elettrica interrata rientrano nelle medie attese. Da 11 a 12 si è in presenza di un’ondata di calore moderata e si registra un aumento dei guasti. Nella fascia 13-14 si ha un’ondata di calore intensa con un evidente aumento dei guasti. Nelle elaborazioni con risoluzione 0.02 gradi, considerata la finestra di previsione ridotta, EWS Elettro Lazio restituisce un indice di ondata di calore calcolato su tre giorni. Le nuove fasce sono fissate a: 0-4 nessuna ondata di calore, 5 ondata moderata, 6 ondata intensa.

|  |  |
| --- | --- |
| **Figura 6** – Ondata di calore prevista nella settimana 19-25 luglio 2025 (intera regione con risoluzione 0.1 gradi) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image038.jpg  **Figura 7** – Cavi elettrici dell’alta tensione interrati  (Fonte: www.energymagazine.com.au) |

**Ondata di calore – Trasformatori di potenza (tipo rise 65)**

I trasformatori di potenza trovano applicazione nella trasmissione e distribuzione di energia e sono utilizzati per collegare reti a corrente alternata che trasmettono energia elettrica ad elevate tensioni. Tipicamente si trovano all’interno delle cabine primarie. La durata di vita dipende dall’efficienza meccanica dei materiali isolanti: quando questa raggiunge la soglia del 50%, il trasformatore è da sostituire. EWS Elettro Lazio tratta trasformatori di potenza moderni del tipo “65 rise” che prevedono un regime di funzionamento ordinario con temperatura non superiore a 110 °C (massimo 30 °C di temperatura ambiente + 65° di innalzamento della temperatura delle spire + 15 °C di hot spot). In queste condizioni, l’aspettativa di vita di un trasformatore di potenza è di circa 7.2 anni. Quando la temperatura esterna supera i 30 °C, aumenta il decadimento dei materiali isolanti e si ha la riduzione della durata di vita del trasformatore, quantificabile con la formula *insulation life*.



La figura 9 mostra la stima della durata di vita del trasformatore di potenza in funzione della temperatura raggiunta durante l’operatività (hot spot). EWS Elettro Lazio implementa la formula *insulation life* a partire dalla soglia dei 30 °C, restituendo la riduzione di vita del trasformatore in valori percentuali calcolati sulla vita media di 7.2 anni, con K1=6972.15 e K2=-13.391 (Fig. 10). Un dato importante: i trasformatori di potenza rise 65 esposti ad una temperatura costante di 36.4 °C, hanno una stima di durata dimezzata (50%, circa 3.6 anni).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image041.png  **Figura 8** – Un trasformatore di potenza (Fonte: electrical-engineering-portal.com) | **Figura 9** – Stima della durata di vita di un trasformatore di potenza (ore), in funzione della temperatura operativa raggiunta. | E:\0_Tesi\tool\conf\img\tp65rise.png  **Figura 10** – Stima della riduzione di vita di un trasformatore di potenza in percentuale, al superamento dei 30°C. |

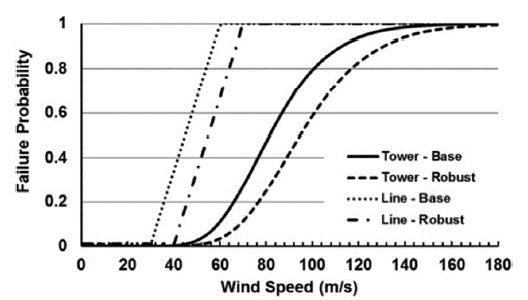
**Ondata di calore – Trasformatori di distribuzione (tipo rise 65)**

I trasformatori di distribuzione occupano l’ultima posizione nella catena di distribuzione dell’energia elettrica: effettuano l’ultima riduzione di tensione adeguandola agli usi civili, prima che l’energia raggiunga gli utenti finali. Tipicamente sono collocati all’interno delle cabine secondarie oppure direttamente sui pali elettrici, laddove è ancora prevista la trasformazione su palo (TSP). Il comportamento è simile ai trasformatori di potenza, anche per quanto riguarda la funzione che descrive la durata stimata dell’operatività. Le principali differenze sono la durata media di vita che, per i trasformatori di distribuzione, è di circa 20 anni. Per quanto riguarda i valori delle costanti specifiche da applicare alla funzione *insulation life*: K1=6328.8 e K2=-11.269. La durata di vita risulta dimezzata (50%, ovvero 10 anni) quando il trasformatore di distribuzione è esposto ad una temperatura costante di 37.1 °C.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| https://linterruttore.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/edistriubuzione15_innovaztrasformatori.jpg?w=2100&h=  **Figura 11** – Un trasformatore di distribuzione posizionato su palo elettrico (trasformazione su palo TSP). | **Figura 12** – Mappa dello stress termico subito dai trasformatori di distribuzione nella provincia di Latina, il giorno 19 luglio 2025. Nelle aree in verde chiaro, i trasformatori presenti subiscono una riduzione della vita operativa che va dal 20 al 40% (stima). | E:\0_Tesi\tool\conf\img\td65rise.png  **Figura 13** - Stima della riduzione di vita di un trasformatore di distribuzione in percentuale, al superamento dei 30°C. |

**Vento – Tralicci**

Per l’analisi del rischio di danneggiamento di tralicci e linea elettrica esterna (linea sospesa in AT e MT), EWS Elettro Lazio calcola le probabilità di guasto con le funzioni di M.Panteli (Fig.14), prendendo come riferimento le caratteristiche delle infrastrutture Tower Base e Line Base. Le soglie per i tralicci sono di 45 m/s (critical) e 150 m/s (collapse), mentre per le linee sospese 30 m/s (critical) e 60 m/s (collapse).



**Figura 14** - Curve di fragilità di tralicci e linea elettrica (Panteli et alii, 2017)

**Vento – Pali di servizio**

I pali di servizio rivestono un ruolo cruciale perché distribuiscono l’energia agli utenti finali, in bassa tensione e per gli usi domestici. La tipologia è piuttosto ricca e comprende pali in legno, in metallo, in cemento: le diverse caratteristiche e la massiccia presenza sul territorio, anche in zone poco antropizzate, impongono monitoraggi mirati e manutenzione costante, al fine di ridurre i disservizi. I pali in legno sono il tipo che necessita delle maggiori attenzioni perché più esposto a pericoli quali incendi ed attacchi dei parassiti e, soprattutto, per la riduzione di tenuta legata al passare del tempo. EWS Elettro Lazio incorpora le curve di fragilità per i pali in legno e in acciaio nuovi, esposti agli effetti del vento. Sono presenti anche curve di fragilità per i pali in legno installati da più anni (20, 40, 60 anni).

|  |  |
| --- | --- |
| **Figura 15** - Probabilità di guasto dei pali in legno e in acciaio nuovi, in funzione dell’intensità del vento (Salman, 2014) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image056.png  **Figura 16** - Probabilità di guasto dei pali in legno installati da 60 anni, in funzione dell’intensità del vento. |

**Ghiaccio – Linea esterna**

Nelle aree soggette a basse temperature, il ghiaccio rappresenta un serio problema per le linee elettriche. Accumuli di ghiaccio attorno ai conduttori (manicotto di ghiaccio), possono aumentarne la resistenza elettrica, causando perdite di potenza, guasti ed interruzione del servizio. Altro effetto negativo è sicuramente il peso del ghiaccio accumulato: gravando sui conduttori e sui sostegni delle linee, può causare rotture e cedimento delle stesse. Più nel dettaglio, l’accumulo avviene quando al suolo la temperatura è inferiore allo zero, mentre gli strati più alti, dove avviene la precipitazione, si hanno temperature più calde. In queste condizioni la pioggia rimane nello stato liquido, fino a ghiacciare istantaneamente al toccare della superficie del conduttore, in strati trasparenti e scivolosi (fenomeno della sopraffusione). EWS Elettro Lazio implementa la curva di fragilità in Fig. 17, restituendo la probabilità di guasto in funzione dei mm di ghiaccio accumulati sul componente (*m*) e dei mm di ghiaccio che lo stesso componente è in grado di sopportare per funzionare senza rischio guasti (*M*). La stima dei mm di ghiaccio accumulati sul conduttore è calcolata con la formula di Jones in Fig. 18.

|  |  |
| --- | --- |
| **Figura 17** – Curva di fragilità di un componente elettrico esposto al ghiaccio (Lu et alii, 2018) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image086.png  **Figura 18** - Formula di Jones per la stima dei mm di ghiaccio accumulati sui conduttori (Jones, 1998) |

|  |  |
| --- | --- |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image090.jpg  **Figura 19** - Accumulo di ghiaccio lungo una linea elettrica ad alto voltaggio (Fonte: www.inmr.com) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image089.png  **Figura 20** - Curva di fragilità di un componente elettrico con indice M=15 millimetri |

**Alluvione – Cabina primaria**

Per quanto riguarda gli eventi alluvionali, la previsione degli scenari risulta decisamente complessa perché, oltre ai dati meteorologici legati alle precipitazioni, occorre considerare i regimi idrici locali e la geomorfologia del territorio. Fondamentali in questo contesto sono i dati storici e le mappe di pericolosità che consentono di individuare le aree a maggior rischio in caso di evento avverso. Affinché si possa parlare di alluvione è necessario che l’altezza dell’allagamento sia almeno di 10 cm, con rischio concreto quando le precipitazioni sono intense e di breve durata (20 mm/h per almeno 3h) o con intensità media ma per un periodo maggiore (10 mm/h per 10 ore) o ancora, in caso di esondazione dei corsi d’acqua. EWS Elettro Lazio implementa un monitoraggio della portata media giornaliera dei corsi d’acqua, fissando delle soglie di esondazione (parametrizzabili dall’utente). L’altezza stimata dell’allagamento viene calcolata nel momento in cui c’è il superamento della soglia di esondazione, crescendo quindi in modo proporzionale all’aumentare dell’esondazione, secondo una funzione lineare che può essere parametrizzata variando il coefficiente angolare della funzione, ovvero modificando la ripidità della retta. La curva di fragilità che esprime la probabilità di fault delle cabine (primarie e secondarie) è invece calcolata con la funzione in Fig. 23.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image095.jpg  **Figura 21** - Cabina primaria (Fonte http www.e-distribuzione.it) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image099.jpg  **Figura 22** - Cabina secondaria (Fonte www.e-distribuzione.it) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image104.png  **Figura 23** - Probabilità di failure cabine primarie e secondarie (Ma et alii, 2024) |

**SIMULAZIONE**

EWS Elettro Lazio integra un cruscotto *Simulazione* per la parametrizzazione dei dati meteorologici, consentendo di generare ed analizzare scenari di rischio simulati. I valori del ghiaccio vengono impostati agendo direttamente sulle combo box Ice(J) e Ice, variando m, M, h. Per tutti gli altri dati, la variazione avviene tramite lo spostamento degli slider (es Temp °C), per una maggior precisione meglio selezionare lo slider con il clic del mouse e poi utilizzare i tasti freccia. L’effettiva sovrascrittura del dataframe ed il ricalcolo delle probabilità di guasto avviene soltanto alla pressione del pulsante *Applica*, secondo il criterio selezionato tramite radio button, ovvero:

**All**- vengono modificati i valori meteo associati a TUTTI i poligoni di superficie, sostituendoli con il valore scelto.  
**(Δ)**- vengono modificati i valori meteo associati a TUTTI i poligoni di superficie, aumentando o diminuendo il dato presente della quantità impostata. I dati che non possono avere valori negativi, come ad esempio il vento, vengono valorizzati a zero.  
**Off**- nessuna modifica

Premendo il pulsante *Reset*, i dati meteo tornano ai valori iniziali scaricati dalle api ed il software provvede al ricalcolo di tutte le probabilità di guasto, sovrascrivendo il dataframe. Se lo scenario generato è una simulazione, quindi con dati modificati per mezzo del box *Simulazione*, il software lo segnala in rosso nel titolo della mappa.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image110.png  **Figura 24** - Il box Simulazione | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image111.png  **Figura 25** - Previsione delle temperature massime previste per il giorno 19 luglio 2025, nella provincia di Viterbo (risoluzione 0.02 gradi) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image119.png  **Figura 26** - Previsione delle temperature massime, simulando una variazione (delta) con parametro -14 °C applicato ai dati in Fig.25 |

Nella Fig. 26 è mostrato uno scenario simulato, generato dopo la variazione delle temperature rispetto ai dati originari. La modalità di parametrizzazione è la stessa per i dati di temperatura, vento, pioggia, neve, precipitazioni, portata dei corsi d’acqua e la generazione degli scenari di rischio è sempre direttamente collegata alle singole grandezze fisiche (es. la probabilità di failure dei tralicci esposti all’intensità del vento, dipende solo dal vento). Per quanto riguarda il ghiaccio, disponibile solo nelle risoluzioni 0.25 e 0.1 gradi, il funzionamento necessita di un approfondimento, precisando che la stima dei millimetri di ghiaccio accumulata sui conduttori è calcolata con la formula di Jones, in fase di costruzione del dataframe. Questa formula tiene in considerazione la quantità di precipitazioni P (mm/h, necessariamente di tipo freezing), la durata delle precipitazioni (h) e la velocità del vento (m/s), oltre ad altri costanti specifiche. La parametrizzazione del ghiaccio dipende quindi dalle modifiche che l’utente apporta ai parametri *Precip mm*, *Vento m/s* ed *Ice(J)*, quest’ultimo contenente le ore di freezing *h* e la soglia di operatività senza guasti del conduttore *M*, fissata a 15 mm di default. Ottenuta la stima dei mm presenti sul conduttore (*m*), EWS Elettro Lazio applica la curva di fragilità in Fig. 17. Per il ghiaccio i criteri di applicazione sono i seguenti:

**Ice(J) All** – TUTTI i poligoni di superficie vengono etichettati con precipitazioni freezing, quindi la formula di Jones ricava i mm di accumulo ghiaccio sull’intera mappa, in base alla quantità di precipitazioni, quantità di vento e durata delle precipitazioni.  
**Ice(J) (Δ)** – L’accumulo ghiaccio in mm viene calcolato solo sui poligoni di superficie che presentano precipitazioni del tipo freezing, in base alla quantità di precipitazioni, quantità di vento e durata delle precipitazioni.  
**Ice(J) Off** – Nessuna modifica

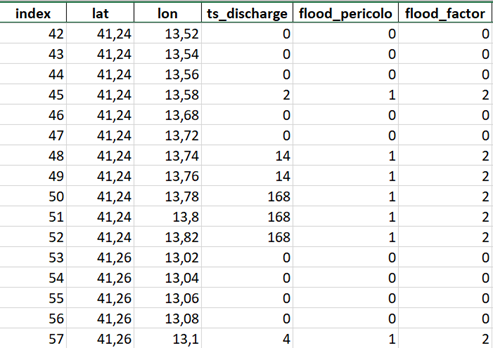
La Fig. 27 mostra una simulazione della probabilità di guasto della linea elettrica sospesa a seguito accumulo di ghiaccio sui conduttori (risoluzione 0.1 gradi). I dati meteo fanno riferimento al 22/07/2025, modificati con precipitazioni +100mm (delta) ovvero le precipitazioni totali giornaliere di tutti i singoli poligoni di superficie sono state aumentate di 100 mm rispetto al valore presente, vento +10m/s (delta) quindi la massima velocità del vento giornaliera di tutti i poligoni di superficie è stata aumentata di 10 m/s rispetto al valore presente, precipitazioni del tipo freezing sull’intera regione (All: tutti i poligoni di superficie) e durata delle precipitazioni 3 ore (All: tutti i poligoni di superficie), il tutto su conduttori del diametro di 5 mm (M). La formula di Jones ha restituito un accumulo di ghiaccio sui conduttori pari a 10-11 mm mentre la curva di fragilità ha stimato una probabilità di guasto tra 19-23%.

Nel caso in cui la quantità di ghiaccio sui conduttori fosse conosciuta, perché misurata manualmente sul posto o rilevata dai sensori collocati sulla linea, è possibile impostare direttamente lo spessore di ghiaccio senza l’utilizzo della formula di Jones. La parametrizzazione avviene impostando i valori di *Ice* (m per i mm, M per il diametro del conduttore) nel box *Simulazione* e, dopo aver generato lo scenario, EWS Elettro Lazio restituirà le stime di failure con i seguenti criteri:

**Ice(J) All** – TUTTI i poligoni di superficie vengono etichettati con precipitazioni freezing e con spessore di ghiaccio pari al valore impostato con Ice.  
**Ice(J) (Δ)** – Il valore in mm impostato nella combo box Ice è applicato ai soli poligoni di superficie che presentano precipitazioni del tipo freezing.  
**Ice(J) Off** – Nessuna modifica

|  |  |
| --- | --- |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image121.png  **Figura 27** - Simulazione della probabilità guasto linea elettrica esterna a seguito accumulo di ghiaccio sui conduttori AT/MT. Precip tot +100mm(Δ),vento +10 m/s(Δ), h=3 (All),M=3mm(All) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image122.png  **Figura 28** - Simulazione della probabilità guasto linea esterna con accumulo ghiaccio sui conduttori m=25 mm, M=10 mm (ALL) |

Per quanto riguarda la simulazione degli scenari di rischio alluvione, in aggiunta alla possibilità di far variare la portata dei corsi d’acqua dal box *Simulazione*, sono presenti dei file excel nel percorso ./conf/aree\_pericolo\_alluvione per la configurazione delle soglie provinciali. Accedendo a questi file, l’utente può modificare la soglia di esondazione (ts\_discharge espressa in metri cubi al sec), la pericolosità dell’area (flood\_pericolo) ed il fattore di allagamento (flood\_factor): questi parametri vengono importati nel dataframe al momento della sua creazione, oppure caricati con il pulsante *ricarica soglie flood*, a scenario già aperto. EWS Elettro Lazio integra le mappe di pericolosità PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) degli enti Autorità di bacino distrettuale dell’Appennino Centrale e Meridionale, costruite in base ai dati storici di allagamento raccolti e analizzati. Queste mappe classificano le aree a rischio allagamento assegnando degli indici di pericolo (P1=Basso, P2=Medio, P3=Alto). Se un’area di superficie, classificata come pericolosa dal PGRA, ricade all’interno di un poligono di superficie della mappa, il poligono viene etichettato anch’esso come pericoloso (flood\_pericolo=1). La stima dell’altezza dell’allagamento viene calcolata quando la portata del corso d’acqua supera la soglia di esondazione e nelle sole aree classificate con flood\_pericolo=1, in questo caso il software calcola la percentuale di superamento della soglia e la moltiplica per un fattore di allagamento *flood\_factor*: quanto maggiore è il flood factor, tanto maggiori saranno i centimetri di allagamento stimati nel poligono di superficie 0.02 gradi.



**Figura 29** - Estratto della tabella soglie flood della provincia di Latina

|  |  |
| --- | --- |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image125.png  **Figura 30** - Visualizzazione delle portate dei corsi d’acqua della provincia di Latina (dato del 19/07/2025) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image126.png  **Figura 31** - Analisi del rischio del dato in Fig.30. Non sono segnalati allagamenti ed è visualizzato il layer delle aree con pericolosità PGRA |
| E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image128.png  **Figura 32** - Simulazione con aumento delle portate +4 mc/sec (delta) del dato in Fig.30. La mappa riporta la rete elettrica e le cabine primarie (marker rossi) | E:\0_Tesi\tool\conf\manuale\bk\immagini\image129.png  **Figura 33** - Scenario di rischio elaborato sui dati della Fig.32 |

**VARIE**

* Il dataframe excel aperto con il pulsante in toolbar, rappresenta solo una copia del dataframe principale, quelli su cui EWS Elettro Lazio svolge effettivamente tutti i calcoli: l’eventuale modifica dei valori nel file excel, non modifica il dataframe di riferimento.
* Prima di avviare il software o di utilizzare le varie funzionalità a software già in esecuzione, chiudere il file excel dataframe.xlsx, questo per evitare che l’applicazione termini in modo imprevisto a causa dell’impossibilità di sovrascrivere il file (errore restituito permission denied).
* Nella cartella principale è presente il file .cache.sqlite, un file di cache utilizzato dalle api durante il download dei dati meteo per memorizzare informazioni ad accesso frequente e renderle immediatamente disponibili in caso di riuso, velocizzando il processo di elaborazione. Tipicamente si osserva questo comportamento quando vengono scaricati gli stessi dati meteo più volte: le esecuzioni successive alla prima risultano molto veloci. A fronte di numerosi download, .cache.sqlite tende a crescere in termini di spazio occupato su disco (decine di Mb) ed è consigliabile effettuare uno svuotamento. Per fare questo, aprire il file con un editor di testo (es Notepad), selezionare tutto il contenuto, cancellarlo e salvare nuovamente il file.
* EWS Elettro Lazio scarica i dati meteo utilizzando le api messe a disposizione dal sito https://open-meteo.com, risorsa gratuita ma con un numero limitato di interrogazioni api (consultare la pagina <https://open-meteo.com/en/pricing> per maggiori dettagli). Dal calcolo effettuato in base alle richieste inoltrate al server, si possono stimare il seguente numero di interrogazioni:  
  1) Risoluzione 0.25 gradi – 7 variabili richieste con previsione 7 giorni su 55 coordinate ed 1 modello meteo (ECMWF-IFS025): **55** interrogazioni  
  2) Risoluzione 0.01 gradi – 7 variabili richieste con previsione 7 giorni su 165 coordinate ed 1 modello meteo (DWD-ICON GLOBAL): **165** interrogazioni  
  3) Risoluzione 0.02 gradi – 6 variabili richieste con previsione 3 giorni su 963 coordinate (Prov Frosinone) e 2 modelli (ARPAE-ICON2I+GLOFAS v4): **1926** interrogazioni  
  4) Risoluzione 0.02 gradi – 6 variabili richieste con previsione 3 giorni su 843 coordinate (Prov Rieti) e 2 modelli (ARPAE-ICON2I+GLOFAS v4): **1686** interrogazioni  
  5) Risoluzione 0.02 gradi – 6 variabili richieste con previsione 3 giorni su 1606 coordinate (Prov Roma) e 2 modelli (ARPAE-ICON2I+GLOFAS v4): **3212** interrogazioni  
  6) Risoluzione 0.02 gradi – 6 variabili richieste con previsione 3 giorni su 735 coordinate (Prov Latina) e 2 modelli (ARPAE-ICON2I+GLOFAS v4): **1470** interrogazioni  
  7) Risoluzione 0.02 gradi – 6 variabili richieste con previsione 3 giorni su 1091 coordinate (Prov Viterbo) e 2 modelli (ARPAE-ICON2I+GLOFAS v4): **2182** interrogazioni
* Durante lunghe operazioni di calcolo, come ad esempio il download dei dati meteo, il software non riesce ad eseguire altri comandi ed assume lo stato “non risponde” (freezing), in un apparente stato di crash. In questi casi occorre semplicemente attendere il termine dell’elaborazione affinchè l’interfaccia torni attiva. Per mancanza di tempo utile, il fenomeno del freezing non è stato gestito in questa primissima versione ma è in corso un nuovo rilascio in cui il comportamento indesiderato verrà risolto con le tecniche di threading.

Bibliografia parziale

1. L. Calcara, A. Casu, F. Pilo, G. Pisano, M. Pollino, M. Pompili, M. L. Villani, “Mapping resilience of distribution networks against heatwaves”, AEIT International annual conference, 2024
2. E. Amicarelli, L. Ferri, M. De Masi, A. Suich, G. Valtorta, “Assessment of the resilience of the electrical distribution grid: e-distribuzione approach”, AEIT International annual conference, 2018
3. Csanyi, Edvard, “The most common failure modes of electrical equipment in distribution systems”, Electrical Engineering Portal, <https://electrical-engineering-portal.com/failure-modes-electrical-equipment-distribution-systems>
4. M. Panteli, C. Pickering, S. Wilkinson, R. Dawson, P. Mancarella, “Power System Resilience to Extreme Weather: Fragility Modelling, Probabilistic Impact Assessment, and Adaptation Measures,” in IEEE *Trans. Power Systems*, pp 1-10, 2017
5. A. M. Salman, "Age-Dependent Fragility and Life-Cycle Cost Analysis of Timber and Steel Distribution Poles Subjected to Hurricanes", Master's Thesis, Michigan Technological University, 2014.ù
6. J. Lu, J. Guo, Z. Jian, Y. Yang, W. Tang, “Resilience Assessment and Its Enhancement in Tackling Adverse Impact of Ice Disasters for Power Transmission Systems.” *Energies* 2018, *11*, 2272. <https://doi.org/10.3390/en11092272>
7. K.F. Jones, “A simple model for freezing rain ice loads”, Atmos. Res. 1998, 46, 87–97.
8. Ma, N.; Xu, Z.; Wang, Y.; Liu, G.; Xin, L.; Liu, D.; Liu, Z.; Shi, J.; Chen, C. Strategies for Improving the Resiliency of Distribution Networks in Electric Power Systems during Typhoon and Water-Logging Disasters. Energies 2024, 17, 1165. <https://doi.org/10.3390/en17051165>
9. <https://aubac.it/piani-di-bacino/mappe-pgra-2021-ii-ciclo>
10. https://www.distrettoappenninomeridionale.it/oldsite/index.php/ii-ciclo-2016-2021-menu/piano-adottato-menu/aggiornamento-mappe-ii-ciclo-menu