



COMUNE DI MONTE SANT'ANGELO

PIANO DI ADATTAMENTO CLIMATICO

PER IL SITO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO

Santuario di San Michele Arcangelo

*Progetto Interreg Italia-Croazia CAMPUS
"Climate Adaptation Plans for UNESCO Sites"*

Interreg



Co-funded by
the European Union

Italy – Croatia

 **CAMPUS**

INDICE

PARTE I – INTRODUZIONE E QUADRO METODOLOGICO

1. Premessa e abstract
2. Glossario e acronimi
3. Il progetto Interreg Italia-Croazia CAMPUS
4. Obiettivi del Piano di Adattamento Climatico
5. Metodologia
6. Il sito UNESCO del Santuario di San Michele Arcangelo

PARTE II – QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E STRATEGICO

7. Linee guida UNESCO sull'azione climatica per il Patrimonio Mondiale
8. Quadro normativo nazionale
9. Quadro normativo regionale e locale
10. Piano di Gestione UNESCO 2022-2027
11. Progetti e iniziative locali in corso

PARTE III – CONTESTO CLIMATICO E ANALISI DEL RISCHIO

12. Inquadramento climatico locale e scenari di riferimento
13. Impatti attesi sul Santuario e sulla buffer zone
14. Analisi di vulnerabilità, sensibilità e capacità adattiva
15. Matrice di rischio e priorità di intervento
16. Gap conoscitivi e bisogni di monitoraggio

PARTE IV – PROCESSO PARTECIPATIVO

17. Metodologia dei Living Labs CAMPUS
18. Il primo Living Lab a Monte Sant'Angelo
19. Il secondo Living Lab a Monte Sant'Angelo
20. Il terzo living lab a Monte Sant'Angelo
21. Sintesi delle istanze degli stakeholder

PARTE V – STRATEGIA E QUADRO DELLE AZIONI

22. Obiettivi strategici del PAC
23. Aree prioritarie di intervento
24. Catalogo delle azioni
25. Sistema di monitoraggio e valutazione del PAC
26. Governance del piano
27. Risorse e finanziamenti

PARTE VI – AZIONE PILOTA: RIQUALIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA DELLA BUFFER ZONE

28. Motivazioni e coerenza dell'intervento
29. Descrizione dell'intervento

30. Compatibilità con il regime di tutela

31. Impatti attesi e analisi parametrica

32. Roadmap di implementazione

33. Monitoraggio dell'azione pilota

34. Replicabilità e scalabilità

ALLEGATI – Allegato A: baseline 2025 degli indicatori di efficacia; Allegato B: baseline di contesto climatico 1991-2020

PARTE I – INTRODUZIONE E QUADRO METODOLOGICO

1. Premessa e abstract

Il presente Piano di Adattamento Climatico, di seguito PAC, è il documento strategico che il Comune di Monte Sant'Angelo adotta per orientare la tutela, la gestione e la valorizzazione del proprio sito Patrimonio Mondiale UNESCO, il Santuario di San Michele Arcangelo, in un contesto climatico in rapida trasformazione. Il documento è stato sviluppato nell'ambito del progetto Interreg Italia-Croazia CAMPUS, Climate Adaptation Plans for UNESCO Sites, di cui il Comune di Monte Sant'Angelo è Project Partner 3 nel partenariato transfrontaliero coordinato dal Comune di Ferrara come Lead Partner.

Il Piano di Adattamento Climatico nasce dalla consapevolezza che il cambiamento climatico costituisce oggi una delle principali minacce per la conservazione dei beni del Patrimonio Mondiale e che la sua gestione richiede un approccio multilivello, multi-rischio e partecipato. L'UNESCO stima che circa un sesto dei beni del patrimonio culturale mondiale risulti già esposto a rischi connessi al cambiamento climatico e che il 70% dei beni iscritti, trovandosi in contesti urbani, presenti una vulnerabilità accresciuta. Per Monte Sant'Angelo questa condizione si traduce in pressioni specifiche, legate alla natura ipogea del Santuario, alla fragilità materica della pietra calcarea locale, all'esposizione del centro storico a piogge intense e venti forti e all'intensificazione delle ondate di calore in un comune che combina forte attrattività turistico-devozionale e patrimonio storico stratificato.

Il PAC integra, in un unico quadro strategico, mitigazione e adattamento. L'integrazione non è formale: discende direttamente dal Policy Document on Climate Action for World Heritage adottato dall'UNESCO nel 2023 e dalle Cross-Border Guidelines elaborate nell'ambito del progetto CAMPUS, le quali chiedono ai soggetti gestori dei siti del Patrimonio Mondiale di costruire piani d'azione che riducano i rischi climatici sui valori del sito e contemporaneamente diminuiscano l'impronta energetica e di emissioni delle attività di gestione. In questa cornice il PAC di Monte Sant'Angelo definisce un quadro di obiettivi, priorità e azioni e individua una azione pilota specifica, la riqualificazione illuminotecnica delle aree esterne al Santuario ricadenti nella buffer zone, intesa come misura integrata di adattamento e mitigazione, con co-benefici di sicurezza, qualità dello spazio pubblico e tutela percettiva del bene.

Abstract

Il Piano di Adattamento Climatico è organizzato in sei parti. La Parte I introduce il contesto del progetto, gli obiettivi, la metodologia e il sito UNESCO. La Parte II ricostruisce il quadro normativo e strategico di riferimento, dal livello internazionale a quello locale. La Parte III sviluppa l'analisi climatica e del rischio, integrando i deliverable CAMPUS di Work Package 1 con i dati ufficiali della Regione Puglia, di ISPRA e di IPCC. La Parte IV restituisce gli esiti del percorso partecipativo svolto nei Living Labs di Monte Sant'Angelo. La Parte V formula la strategia di adattamento e mitigazione, definisce le aree prioritarie, il catalogo delle azioni e il sistema di monitoraggio. La Parte VI dettaglia l'azione pilota di riqualificazione illuminotecnica della buffer zone.

L'orizzonte temporale del PAC è di medio periodo, con riferimento al 2030 come traguardo principale, in coerenza con il Piano d'Azione Regionale del Patrimonio Mondiale per l'Europa e il Nord America 2024-2031, con il Patto dei Sindaci per il clima e l'energia e con gli obiettivi europei di riduzione del 55% delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2030. La traiettoria è proiettata al 2050 per la dimensione di neutralità climatica e per gli scenari di adattamento di lungo periodo.

2. Glossario e acronimi

Il glossario sintetizza i principali termini tecnici utilizzati nel documento. Le definizioni adottate sono quelle dell'IPCC, dell'UNESCO e della normativa italiana di settore, in modo da garantire coerenza terminologica con il quadro internazionale e nazionale.

Termine / Acronimo	Definizione
Adattamento	Insieme di interventi finalizzati a ridurre la vulnerabilità dei sistemi naturali e socio-economici agli effetti del cambiamento climatico e ad aumentarne la resilienza (IPCC AR6).
Mitigazione	Interventi finalizzati a ridurre o limitare le emissioni di gas a effetto serra, ovvero a potenziarne l'assorbimento.
BEI	Baseline Emission Inventory – Inventario di Base delle Emissioni, riferito all'anno di partenza del PAESC.
CAM	Criteri Ambientali Minimi, requisiti definiti dal MASE per gli acquisti pubblici sostenibili (D.M. ambientali).
CAMPUS	Climate Adaptation Plans for UNESCO Sites – progetto Interreg VI-A Italia-Croazia (ID ITHR0200358).

CCD	Consecutive Dry Days – numero di giorni consecutivi senza precipitazioni significative.
Core zone	Area centrale del sito UNESCO che contiene gli elementi portanti del Valore Universale Eccezionale.
Buffer zone	Area di protezione che circonda la core zone e contribuisce a salvaguardare il sito UNESCO.
IFFI	Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, redatto da ISPRA.
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
Living Lab	Metodologia partecipativa di co-creazione che coinvolge istituzioni, ricerca, attori economici e comunità (modello quadruple helix).
NBS	Nature-Based Solutions – soluzioni basate sulla natura per la gestione degli ecosistemi e l'adattamento climatico.
OUV	Outstanding Universal Value – Valore Universale Eccezionale che giustifica l'iscrizione del sito alla Lista del Patrimonio Mondiale.
PAC	Piano di Adattamento Climatico (documento oggetto del presente PAC).
PAESC	Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima, previsto dal Patto dei Sindaci.
PAI	Piano di Assetto Idrogeologico.
PGRA	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.
PNACC	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.
PNIEC	Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima.
RCP	Representative Concentration Pathways – percorsi di concentrazione dei gas serra utilizzati dall'IPCC per gli scenari climatici (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).
RX1day	Indice climatico ETCCDI: precipitazione massima giornaliera in un anno.
SCIA	Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati climatologici di Interesse Ambientale, gestito da ISPRA.
SNAC	Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2015).
SRACC	Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della Regione Puglia (2023).
TR	Tropical Nights – numero di notti tropicali (Tmin > 20 °C) in un anno.

SU

Summer Days – numero di giorni estivi ($T_{max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) in un anno.



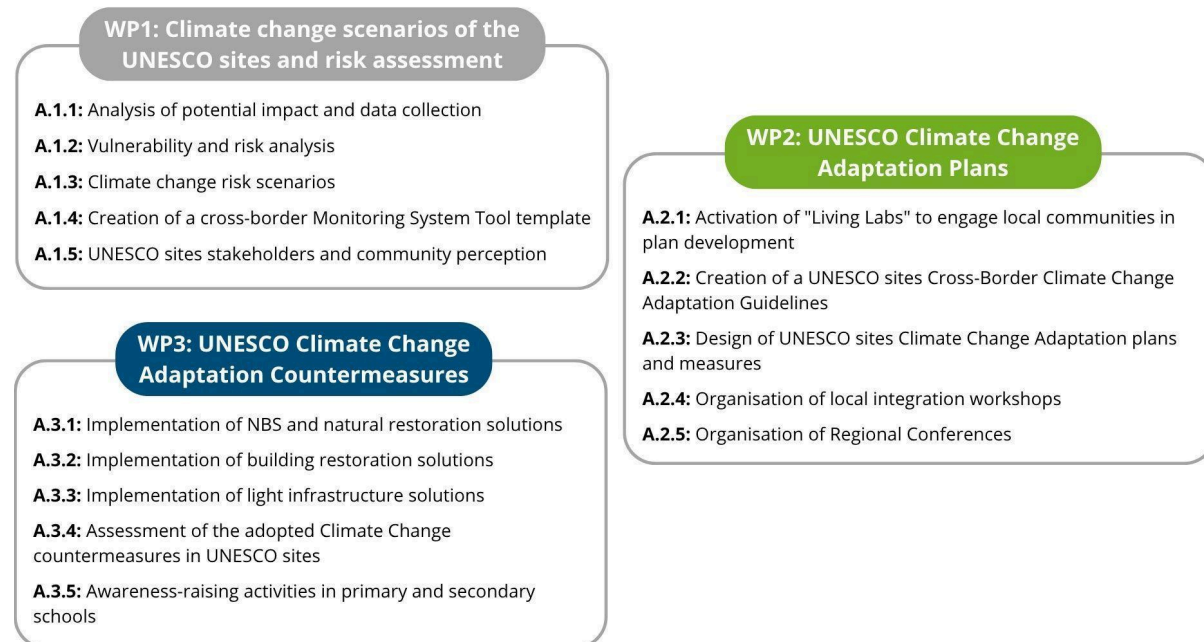
3. Il progetto Interreg Italia-Croazia CAMPUS

Il progetto [CAMPUS – Climate Adaptation Plans for UNESCO Sites](#), è **un'iniziativa transfrontaliera** finanziata nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Croazia 2021-2027, Priorità 2 "Ambiente condiviso verde e resiliente". Il progetto è stato avviato il 1° febbraio 2024 e si concluderà il 31 luglio 2026. CAMPUS affronta la sfida del cambiamento climatico nei siti del Patrimonio Mondiale dell'area adriatica, sviluppando strumenti, piani d'azione e contromisure concrete per la conservazione del Valore Universale Eccezionale dei siti coinvolti. Attraverso la cooperazione transfrontaliera, il progetto mira infatti a supportare le autorità locali, i cittadini e altri stakeholder chiave a implementare specifici **meccanismi di monitoraggio** e **piani di adattamento** per garantire la conservazione del proprio patrimonio culturale e naturale a lungo termine.

Il partenariato è composto da sei partner istituzionali e due partner associati. Il Comune di Ferrara è Lead Partner. Il partenariato include l'Università IUAV di Venezia come partner tecnico-scientifico, il Comune di Monte Sant'Angelo come Project Partner 3, l'Ente Parco Regionale del Delta del Po Veneto, l'Agenzia di Sviluppo della Contea di Lika-Senj LIRA e l'Istituzione pubblica RERA SD per il coordinamento e lo sviluppo della Contea di Spalato e Dalmazia. Sono partner associati il Parco Nazionale dei Laghi di Plitvice e la Città di Trogir.

Il progetto si articola in tre Work Package. Il WP1 sviluppa gli scenari climatici dei siti UNESCO e l'analisi del rischio, includendo cinque attività: analisi degli impatti potenziali e raccolta dati, analisi di vulnerabilità e rischio, scenari di rischio climatico, costruzione di uno strumento di monitoraggio transfrontaliero comune e indagine sulla percezione di comunità e stakeholder. Il WP2 produce i Piani di Adattamento Climatico dei siti UNESCO attraverso Living Labs partecipativi, linee guida transfrontaliere comuni, design dei piani locali, workshop di integrazione e conferenze regionali. Il WP3 testa contromisure concrete: soluzioni basate sulla natura, restauro di edifici storici e

infrastrutture leggere, assessment delle contromisure adottate e attività di sensibilizzazione nelle scuole.



Il presente PAC costituisce l'output O2.1 di progetto e si inserisce nel WP2 come Piano di Adattamento sito-specifico, sviluppato in coerenza con le Cross-Border Guidelines (D.2.2.1) elaborate dal partenariato. L'azione pilota di riqualificazione illuminotecnica della buffer zone, descritta nella Parte VI, costituisce la contromisura del WP3 per Monte Sant'Angelo, all'interno della categoria delle light infrastructure solutions previste dall'attività A.3.3.

L'approccio transfrontaliero di CAMPUS è essenziale: nessuno dei siti UNESCO coinvolti può affrontare da solo la sfida climatica. La condivisione di metodologie, dati e buone pratiche tra i partner italiani e croati genera valore aggiunto e rafforza la capacità di risposta di ciascuna comunità locale alla pressione del cambiamento climatico.

4. Obiettivi del Piano di Adattamento Climatico

Il PAC di Monte Sant'Angelo persegue un obiettivo generale e cinque obiettivi specifici, articolati in coerenza con i quattro World Heritage Climate Action Goals definiti dall'UNESCO nel Policy Document 2023 e con le Cross-Border Guidelines CAMPUS.

Obiettivo generale

Garantire la conservazione del Valore Universale Eccezionale del Santuario di San Michele Arcangelo e del suo sistema patrimoniale, rafforzando la resilienza climatica del bene, della buffer zone e del sistema urbano di accesso, attraverso un mix integrato di misure di adattamento e mitigazione coerenti con i vincoli di tutela, con la pianificazione territoriale vigente e con la traiettoria di neutralità climatica al 2050.

Obiettivi specifici

Obiettivo specifico	Descrizione
OS1 – Climate risk assessment	Costruire e mantenere aggiornata una base conoscitiva del rischio climatico sul sito UNESCO e sulla buffer zone, integrando dati climatici regionali, monitoraggio locale, analisi di vulnerabilità materica del bene e percezione degli stakeholder.
OS2 – Climate adaptation	Definire e attuare un quadro di azioni di adattamento orientate alla riduzione della vulnerabilità del Santuario, della buffer zone e del centro storico rispetto a calore estremo, piogge intense, vento, siccità e umidità microclimatica.
OS3 – Climate mitigation	Ridurre l'impronta energetica e di emissioni delle infrastrutture e dei servizi urbani direttamente controllabili dall'Amministrazione Comunale che insistono sul sito UNESCO, in coerenza con il Patto dei Sindaci e con le Linee Guida PAESC della Regione Puglia.
OS4 – Knowledge sharing e capacity building	Rafforzare le competenze tecniche e gestionali dell'Amministrazione, dei gestori del sito e degli stakeholder locali, e diffondere la conoscenza del rischio climatico tra cittadini, scuole, operatori turistici e comunità religiose.
OS5 – Governance integrata	Costruire un meccanismo stabile di coordinamento tra Amministrazione Comunale, gestori del Santuario, Soprintendenza, Parco Nazionale del Gargano, Regione Puglia, comunità locale e network internazionale UNESCO, per integrare l'azione climatica nei processi ordinari di gestione del sito.

Tabella 1 – Obiettivi specifici del PAC e loro corrispondenza con i Climate Action Goals UNESCO

5. Metodologia

La metodologia del PAC integra tre componenti: tecnico-scientifica, partecipativa e regolatoria. L'integrazione è coerente con la struttura del progetto CAMPUS, con il framework UNESCO Climate Action e con le Linee Guida PAESC della Regione Puglia.

Approccio tecnico-scientifico

La componente tecnico-scientifica utilizza dati climatici ufficiali della Regione Puglia (Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, 2023, e annessi tecnici), banca dati SCIA di ISPRA per la serie climatica locale, scenari del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, IPCC AR6 per il contesto mediterraneo e quadro nazionale del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. L'analisi di vulnerabilità e sensibilità del bene è ricavata dai deliverable CAMPUS D.1.2.1 e D.1.2.2, prodotti da IUAV con il contributo del Comune di Monte Sant'Angelo. La cartografia di pericolosità idrogeomorfologica utilizza i Piani di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale e l'Inventario dei Fenomeni Franosi IFFI di ISPRA.

Approccio partecipativo

La componente partecipativa è strutturata sulla metodologia Living Lab di CAMPUS, documentata nel deliverable D.2.1.1 "Living-lab collaborative methodology". Il modello adottato è quello della quadruple helix, che coinvolge istituzioni pubbliche, ricerca scientifica, soggetti economici e comunità locali nella co-creazione delle misure. Per Monte Sant'Angelo si sono tenuti tre Living Labs, descritti nella Parte IV del presente Piano. Il primo Living Lab ha avuto funzione di costruzione condivisa del problema climatico; il secondo, svoltosi il 28 ottobre 2025, ha consentito di sviluppare una adeguata valutazione del rischio e dei fattori di stress specifici per il sito del Santuario. Infine il terzo living lab, tenutosi a gennaio 2026, ha portato all'elaborazione di soluzioni realisticamente implementabili.

Approccio regolatorio

La componente regolatoria garantisce la coerenza del PAC con il quadro normativo e di tutela vigente: D.Lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, Legge 77/2006 sui siti UNESCO, Piano di Gestione UNESCO del sito seriale "I Longobardi in Italia. I luoghi del potere" 2022-2027, strumenti urbanistici comunali, Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Puglia. La verifica di compatibilità è particolarmente rilevante per l'azione pilota della Parte VI, in quanto interventi nella buffer zone e in prossimità del Santuario richiedono autorizzazioni paesaggistiche e parere della Soprintendenza.

Approccio multi-rischio e multilivello

Coerentemente con le Cross-Border Guidelines CAMPUS, il PAC adotta un approccio multi-rischio, considerando le interazioni tra fenomeni climatici diversi e i loro effetti

combinati sul bene, sulla buffer zone e sul sistema urbano. L'approccio è inoltre multilivello, lavorando contemporaneamente su tre scale: il bene architettonico e ipogeo, la buffer zone e il sistema urbano, il contesto territoriale del Gargano e del Parco Nazionale.

6. Il sito UNESCO del Santuario di San Michele Arcangelo

Il Santuario di San Michele Arcangelo è uno dei sette beni che compongono il sito seriale "I Longobardi in Italia. I luoghi del potere (568-774 d.C.)", iscritto nella Lista del Patrimonio Mondiale UNESCO nel 2011 con il numero di identificazione 1318. Il sito seriale è iscritto come bene culturale ed è riconosciuto sulla base dei criteri (ii), (iii) e (vi) della Convenzione del Patrimonio Mondiale. Esso comprende, oltre al Santuario di Monte Sant'Angelo, i beni di Cividale del Friuli, Brescia, Castelseprio-Torba, Spoleto, Campello sul Clitunno e Benevento, distribuiti in otto comuni e cinque regioni italiane.



Valore Universale Eccezionale

Il Santuario di San Michele Arcangelo è il luogo principale di venerazione di San Michele nell'Europa medievale e costituisce un caso particolare nel sito seriale longobardo, in quanto bene a forte connotazione spirituale e di pellegrinaggio. Dal VII secolo, il Santuario divenne il santuario nazionale dei Longobardi, modellando l'intera diffusione del culto micaelico in Europa, dalla Sacra di San Michele in Val di Susa al

Mont-Saint-Michel in Francia. Il complesso è organizzato attorno a una grotta naturale scavata nella roccia calcarea, dove secondo la tradizione apparve l'Arcangelo Michele. Il bene combina architettura religiosa di epoca medievale e moderna, apparati decorativi pittorici, scultorei ed epigrafici, e una grotta che è insieme luogo di culto attivo e palinsesto archeologico stratificato. La spiritualità del sito è ancora viva: il Santuario è meta di pellegrinaggio costante e mantiene un ruolo di centralità nella vita religiosa e culturale del territorio.

Criteri UNESCO di iscrizione

Criterio	Motivazione
(ii)	I monumenti longobardi sono testimonianza esemplare della sintesi culturale e artistica avvenuta in Italia tra il VI e l'VIII secolo, tra eredità romana, spiritualità cristiana, influenza bizantina e valori del mondo germanico. Hanno preparato e annunciato la fioritura della cultura carolingia.
(iii)	I luoghi longobardi del potere esprimono forme artistiche e monumentali nuove e notevoli, testimonianza di una cultura longobarda caratteristica dell'Alto Medioevo europeo. Esprimono un insieme culturale chiaramente identificabile e unico, con linguaggi e obiettivi molteplici.
(vi)	Il ruolo dei Longobardi nelle strutture spirituali e culturali della cristianità medievale europea è di grande importanza. Hanno rafforzato il movimento monastico e contribuito a far nascere, a Monte Sant'Angelo con la diffusione del culto di San Michele, il luogo precursore dei grandi pellegrinaggi. Hanno avuto un ruolo importante nella trasmissione delle opere letterarie, tecniche, architettoniche, scientifiche, storiche e giuridiche dall'antichità al nascente mondo europeo.

Tabella 2 – Criteri UNESCO di iscrizione del sito seriale "I Longobardi in Italia. I luoghi del potere (568-774 d.C.)"

Contesto territoriale e urbano

Monte Sant'Angelo è un comune di circa 11.500 abitanti situato sul promontorio del Gargano, in Puglia, a un'altitudine di 843 metri sul livello del mare. La cittadina si sviluppa su una posizione sommitale, con un centro storico medievale di forte impatto paesaggistico, dominato dal Castello normanno-svevo-aragonese e dalla cittadella micaelica. Il territorio comunale ricade interamente all'interno del Parco Nazionale del Gargano, in un contesto territoriale caratterizzato da emergenze ambientali, paesaggistiche e culturali di livello internazionale. Monte Sant'Angelo è inoltre la "città dei due siti UNESCO", in quanto al Santuario di San Michele Arcangelo si affianca la Foresta Umbra, parte dei "Faggeti Antichi e Primordiali dei Carpazi e di altre regioni d'Europa", iscritta nel 2017 come bene naturale transnazionale.

Core zone e buffer zone

La core zone del sito UNESCO di Monte Sant'Angelo ha un'estensione di 0,31 ettari e coincide con il complesso del Santuario. La buffer zone ha un'estensione di 16,82 ettari e comprende l'intero centro storico della città, includendo la cittadella micaelica con i complessi monumentali di San Pietro, il Battistero di San Giovanni in Tumba (detto Tomba di Rotari), la Chiesa di Santa Maria Maggiore e la zona circostante il Castello. La buffer zone non è quindi un'area marginale di protezione: è il sistema urbano-monumentale all'interno del quale il Santuario si colloca e dal quale dipende per accessibilità, percezione e qualità della fruizione.



Aree Core e Buffer

- 2 Castello Normanno Svevo Aragonese
- 3 Complesso monumentale di S. Pietro (Battistero di S. Giovanni in Tumba, Chiesa di S.ta Maria Maggiore, resti della chiesa di San Pietro)
- 4 Monastero e chiesa di S. Nicolò
- 5 Monastero e Chiesa della Santissima Trinità
- 6 Monastero e Chiesa di San Francesco d'Assisi
- 7 Chiesa di S. Salvatore
- 8 Palazzo Cassa

Questa configurazione è centrale per il PAC. L'analisi del rischio climatico e la definizione delle misure di adattamento non possono limitarsi al solo bene monumentale. La buffer zone, in quanto sistema patrimoniale esteso, è lo spazio nel quale si concentrano accessi, percorrenze, sosta, illuminazione, orientamento, sicurezza e percezione del bene. È in questa scala che si colloca l'azione pilota di riqualificazione illuminotecnica descritta nella Parte VI del Piano.



Mapa della core zone e buffer zone di Monte Sant'Angelo (fonte Piano di Gestione UNESCO 2022-2027)

OUV features tangibili e intangibili

L'analisi CAMPUS (deliverable D.1.1.2) individua per Monte Sant'Angelo un set articolato di attributi tangibili e intangibili del Valore Universale Eccezionale. Tra gli attributi tangibili sono inclusi la grotta naturale, la scala di accesso, il presbiterio, le cripte, la navata angioina, il campanile, gli affreschi, i graffiti storici, i sistemi di copertura, le porte di bronzo, il complesso monumentale di San Pietro, il Battistero di San Giovanni in Tumba e il sistema degli edifici del centro storico nella buffer zone. Tra gli attributi intangibili è ricompresa la pratica del pellegrinaggio, che costituisce essa stessa elemento dell'OUV e che condiziona la pressione gestionale sul bene durante i periodi devozionali principali.

Questa lettura articolata dell'OUV è metodologicamente importante: gli attributi tangibili e intangibili sono diversamente esposti ai rischi climatici e richiedono misure di adattamento differenziate. La grotta è particolarmente sensibile a variazioni termo-igrometriche e all'incremento dei flussi di visitatori in condizioni di caldo prolungato; gli affreschi reagiscono alle oscillazioni dell'umidità relativa con efflorescenze e distacchi; le superfici lapidee esterne sono esposte a pioggia battente, vento e cicli bagnato-asciutto; la pratica del pellegrinaggio è influenzata dalla concentrazione termica in determinate fasce orarie e periodi dell'anno.

PARTE II – QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E STRATEGICO

Il PAC si inserisce in un quadro multilivello di riferimenti normativi, strategici e pianificatori. Il quadro comprende il livello internazionale (Convenzione del Patrimonio Mondiale, Accordo di Parigi UNFCCC, Agenda 2030, Quadro di Sendai per la Riduzione del Rischio di Catastrofi), il livello europeo (Strategia europea di adattamento, Patto dei Sindaci per il clima e l'energia, Programma Interreg Italia-Croazia), il livello nazionale (Codice dei beni culturali, SNAC, PNACC, PNIEC), il livello regionale (SRACC Puglia, Linee Guida PAESC Puglia, PPTR) e il livello locale (Piano di Gestione UNESCO 2022-2027, strumenti urbanistici comunali, Piani di Emergenza).

7. Linee guida UNESCO sull'azione climatica per il Patrimonio Mondiale

L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura ha riconosciuto progressivamente, a partire dai primi anni 2000, il cambiamento climatico come una delle principali minacce per la conservazione dei beni del Patrimonio Mondiale. I dati raccolti attraverso oltre 4.500 relazioni sullo Stato di Conservazione presentate dagli Stati Membri hanno permesso di sistematizzare quattordici fattori primari di rischio per i siti UNESCO, tra i quali il cambiamento climatico ed eventi meteorologici estremi figura come fattore primario 10, con sette fattori secondari associati: piogge intense, inondazioni, siccità, desertificazione, cambiamenti nelle acque oceaniche, variazioni di temperatura, altri impatti connessi.

Le Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention nella versione del luglio 2025 raccomandano agli Stati Membri e ai soggetti gestori dei siti del Patrimonio Mondiale di considerare i rischi legati al cambiamento climatico e la loro prevenzione all'interno dei rispettivi Piani di Gestione, promuovendo un monitoraggio continuo della vulnerabilità dei beni rispetto a pressioni di tipo sociale, economico e ambientale.

Il Policy Document on Climate Action for World Heritage (2023)

Il Policy Document on Climate Action for World Heritage è stato adottato dall'UNESCO nel novembre 2023, dopo l'approvazione del Comitato del Patrimonio Mondiale nella sessione estesa del luglio 2021. Il documento crea coerenza tra gli obiettivi della Convenzione sul Patrimonio Mondiale e quelli della Convenzione Quadro delle Nazioni

Unite sui Cambiamenti Climatici, dell'Accordo di Parigi, dell'Agenda 2030, del Quadro di Sendai e del Global Biodiversity Framework. Il Policy Document definisce quattro World Heritage Climate Action Goals, da attuare entro il 2030, che costituiscono il riferimento strategico principale del presente PAC.

Goal	Contenuto
Goal 1 – Climate risk assessment	Sviluppo e condivisione degli strumenti e rafforzamento delle capacità per valutare i rischi climatici e identificare potenziali danni reversibili o irreversibili agli attributi che conferiscono il Valore Universale Eccezionale. Reportistica attraverso le relazioni periodiche e le relazioni sullo Stato di Conservazione.
Goal 2 – Climate adaptation	Istituzione e attuazione di quadri di adattamento climatico per il patrimonio culturale, naturale e misto, da integrare nei piani nazionali di adattamento. Progressi misurabili nel monitoraggio dei rischi climatici, nella valutazione e nella riduzione delle vulnerabilità, con rafforzamento della capacità di adattamento e della resilienza climatica.
Goal 3 – Climate mitigation	In coerenza con l'Accordo di Parigi, sviluppo e attuazione di misure che rafforzino la capacità di mitigazione nei beni culturali, naturali e misti, riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra, azioni di salvaguardia degli ecosistemi naturali in grado di assorbire il carbonio.
Goal 4 – Knowledge sharing, capacity building, awareness	Sviluppo e attuazione di attività per migliorare istruzione, sensibilizzazione e capacità umane e istituzionali sui rischi climatici e sulle risposte. Programmi di condivisione delle conoscenze e promozione dei beni del Patrimonio Mondiale come esempi di azione per il clima.

Tabella 3 – World Heritage Climate Action Goals (Policy Document UNESCO 2023)

Piano d'Azione Regionale del Patrimonio Mondiale per l'Europa e il Nord America 2024-2031

Nella 46esima sessione del Comitato del Patrimonio Mondiale (New Delhi 2024) è stato approvato il Piano d'Azione Regionale del Patrimonio Mondiale per l'Europa e il Nord America 2024-2031, riferimento per i 51 Stati Membri della Regione, tra cui l'Italia. Il Piano delinea cinque obiettivi strategici interconnessi attraverso le cinque tematiche prioritarie del Comitato: Conservazione, Comunità, Credibilità, Capacity building e Comunicazione. Per il PAC di Monte Sant'Angelo, il Piano Regionale costituisce il quadro di traguardi 2030 più direttamente rilevante.

8. Quadro normativo nazionale

D.Lgs. 42/2004 – Codice dei beni culturali e del paesaggio

Il Codice dei beni culturali e del paesaggio costituisce la cornice normativa principale per la tutela del Santuario di San Michele Arcangelo e del suo contesto. Il bene è sottoposto a vincolo monumentale; l'intero centro storico è interessato da vincolo paesaggistico. Qualsiasi intervento materiale all'interno della core zone e in larga parte della buffer zone è soggetto ad autorizzazione paesaggistica e a parere della Soprintendenza competente. Per il PAC questo significa che le misure di adattamento devono essere progettate fin dall'origine come interventi compatibili con i valori storico-culturali e paesaggistici, e che il processo di co-progettazione con la Soprintendenza è parte integrante della metodologia di implementazione.

Legge 77/2006 – Misure speciali di tutela e valorizzazione dei siti UNESCO

La Legge 77/2006 disciplina le misure di tutela e valorizzazione dei siti italiani inseriti nella Lista del Patrimonio Mondiale UNESCO, prevedendo l'adozione di Piani di Gestione e l'istituzione di forme di coordinamento tra enti competenti. Il Piano di Gestione del sito seriale longobardo è descritto nel capitolo 10 del presente PAC.

Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC)

La SNAC, approvata con Decreto direttoriale n. 86 del 16 giugno 2015, identifica i principali settori che subiscono gli impatti del cambiamento climatico, definendo gli obiettivi strategici e le azioni di mitigazione degli impatti. La SNAC riconosce esplicitamente la vulnerabilità dei beni culturali al cambiamento climatico e individua linee d'azione di adattamento per il settore patrimonio culturale.

Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)

Il PNACC, approvato con decreto direttoriale n. 434 del 21 dicembre 2023, definisce il quadro di azioni e misure di adattamento per il territorio nazionale. Il PNACC organizza il quadro per settori vulnerabili, individua pericoli climatici e impatti, fornisce metodologie per la definizione di strategie e piani regionali e locali e contiene un catalogo di 361 azioni di adattamento. Il presente PAC si pone in coerenza con il PNACC e ne specifica i contenuti per la scala del sito UNESCO.

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)

Il PNIEC stabilisce gli obiettivi nazionali al 2030 in materia di efficienza energetica, fonti rinnovabili, riduzione delle emissioni di CO₂, in coerenza con il Green Deal europeo e con il pacchetto Fit for 55. Le misure di mitigazione del PAC sono coerenti con il PNIEC, in particolare per il vettore illuminazione pubblica.

9. Quadro normativo regionale e locale

Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC)

La Regione Puglia ha avviato il percorso di definizione della SRACC con la DGR n. 1575 del 17 settembre 2020 e ha pubblicato nel luglio 2023 il documento di indirizzi per la sua stesura. Il documento sistematizza per la prima volta a scala regionale le esperienze e le informazioni disponibili sul fenomeno climatico, individuando misure adeguate a rafforzare la resilienza dei territori. Per l'ambito territoriale del Gargano, nel quale ricade Monte Sant'Angelo, la SRACC identifica le frane come rischio medio con tendenza costante o in lieve aumento, le ondate di calore come rischio medio-basso ma in peggioramento, la siccità come rischio crescente in tutti gli scenari climatici futuri. Gli annessi tecnici della SRACC contengono mappe climatiche regionali sia del quadro passato sia dei futuri scenari proiezione al 2100 (RCP4.5 e RCP8.5) e includono il toolkit comunale che è la base operativa per i Piani d'azione locale, incluso il presente PAC.



Mappa ambiti territoriali PPTR (fonte Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici – SRACC Regione Puglia)

Linee Guida PAESC Puglia

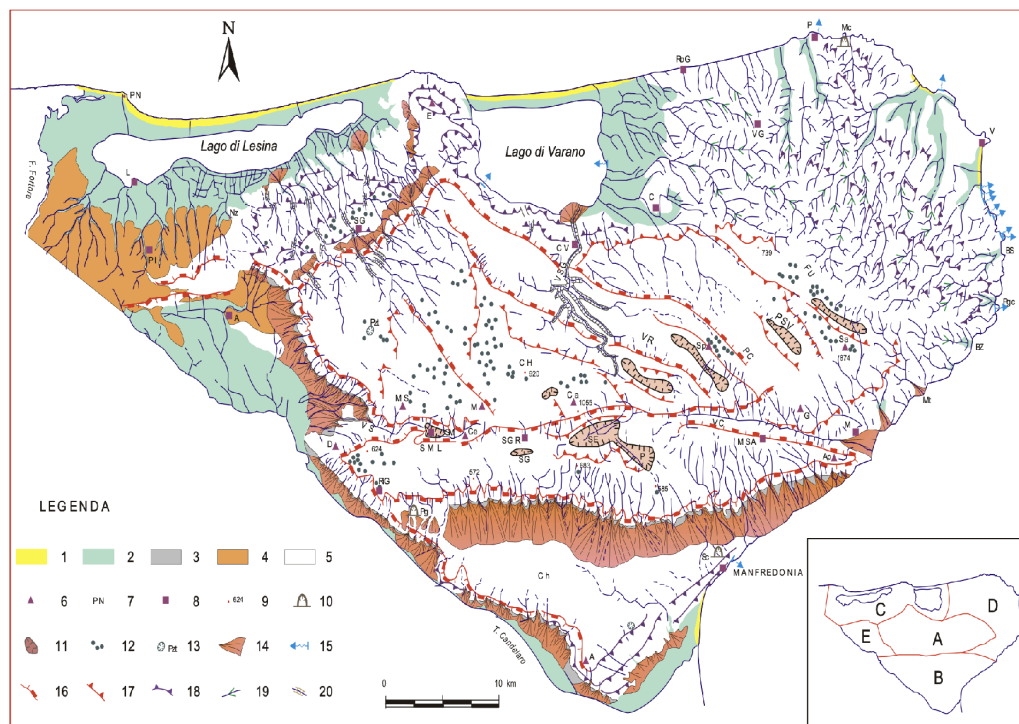
Le Linee Guida PAESC della Regione Puglia forniscono il modello metodologico per i comuni pugliesi che aderiscono al Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia. Le linee guida prevedono che il PAESC contenga un Inventario di Base delle Emissioni (BEI), una Valutazione di Vulnerabilità e Rischi Climatici, un Piano d'Azione per la Mitigazione (obiettivo minimo: riduzione del 55% delle emissioni di gas a effetto serra al 2030) e un Piano d'Azione per l'Adattamento. La strategia di adattamento può essere parte del PAESC o costituire un documento separato. Il presente PAC è progettato per integrarsi nel futuro PAESC del Comune di Monte Sant'Angelo come componente di adattamento riferita specificamente al sito UNESCO.

Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR)

Il PPTR della Regione Puglia, approvato con DGR n. 176 del 16 febbraio 2015, individua gli ambiti territoriali, le strutture territoriali e i tessuti paesaggistici di valore. Monte Sant'Angelo ricade nell'ambito del Gargano e nella sub-area dei Promontori e Terrazzi del Gargano. Il centro storico e l'area del Santuario sono sottoposti a vincoli paesaggistici e gli interventi devono garantire coerenza con gli obiettivi di qualità paesaggistica definiti dal PPTR.

Fig. 29 - Schema geomorfologico del Gargano (da Bonzi & Calzara, 1999)

- Legenda:**
- 1: sabbie e cordoni dunari
 - 2: sedimenti alluvionali
 - 3: detriti di falda
 - 4: coperture marine terrigene
 - 5: substrato carbonifero
 - 6: monti (A - Aquilone; Cs - Calvo; Ce - Celano; D - della Donna; E - d'Elia; M - montene; Sa - Sacer; Sp - Spigno); cuppe (Ap - d'Apolino; G - della Guardiola; Ms - di Mastro Stefano)
 - 7: altri toponimi (Bs - Baia di San Felice; Bz - Baia delle Zagare; C - Chianotte; Ch - Chianorella; FU - Forata Umbra; Mt - Martinella; Nz - Sorgente termale di San Nazario; Pe - Piano Canale; Pgc - Pugnochiuso; PMC - Piano di Monte Calvo; PN - Punta delle Pietre Nere; PSV - Piano San Vito; Vc - Valle Carbonara; VI - Valle dell'Inferno; VR - Valle Ragusa; VS - Valle di Stignano; VSG - Valle di San Giovanni Rotondo)
 - 8: centri abitati (A - Apricena; C - Carpino; CV - Cagnano Varano; L - Lesina; M - Mattinata; MSA - Monte Sant'Angelo; P - Peschici; PI - Poggio Imperiale; R-G - Rignano G.; Ro - Rodi G.; SG - Sanicandro G.; SGR - San Giovanni Rotondo; SML - San Marco in Lamia; V - Vieste; VG - Vice G.)
 - 9: punti quotati
 - 10: grotte (Pg - Paglicci; Se - Scialoria; Mo - Mottacore)
 - 11: polje (P - Pantanello; SE - Sant'Egidio; SG - San Giovanni; SM - San Marco)
 - 12: doline e campi di doline
 - 13: grosse doline (Pzi - Pozzantina)
 - 14: conoidi alluvionali
 - 15: risorgenti
 - 16: scarpate di faglia
 - 17: scarpate d'origine prevalentemente tettonica
 - 18: orli di terrazzi marini
 - 19: tratti di valli a V
 - 20: corsi d'acqua incassati



Schema geomorfologico del Gargano (fonte Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Foggia - PTCP)

Strumenti urbanistici e di emergenza comunali

Lo strumento urbanistico vigente nel Comune di Monte Sant'Angelo è il Piano Regolatore Generale approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 3943 del 29 marzo 1985. Per il centro storico, le norme di attuazione del PRG e gli eventuali Regolamenti di arredo urbano disciplinano la qualità degli spazi pubblici e gli interventi sul patrimonio edilizio storico. L'Amministrazione Comunale ha avviato il percorso di redazione del Piano Urbanistico Generale (PUG) come previsto dalla L.R. 20/2001. Per il presente PAC è strategico che il PUG, in corso di redazione, recepisca gli obiettivi di adattamento climatico e gli indirizzi sulla qualità delle infrastrutture nella buffer zone.



Inquadramento territoriale Comune di Monte Sant'Angelo

Il Piano di Emergenza Comunale di Protezione Civile e il Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale costituiscono ulteriori riferimenti diretti per la gestione del rischio idrogeologico nel territorio.

10. Piano di Gestione UNESCO 2022-2027

Il Piano di Gestione UNESCO 2022-2027 del sito seriale "I Longobardi in Italia. I luoghi del potere (568-774 d.C.)" è il principale strumento di pianificazione strategica per la tutela e la valorizzazione del Santuario di San Michele Arcangelo. Il Piano è gestito dall'Associazione Italia Langobardorum, che riunisce 28 soci tra comuni, regioni, diocesi ed enti territoriali coinvolti nel sito seriale. Il Piano di Gestione definisce sette obiettivi strategici trasversali ai sette beni componenti.

Obiettivo strategico	Contenuto
Comunicazione	Potenziare gli strumenti e le modalità di comunicazione del sito UNESCO e dei suoi valori, con un salto qualitativo e quantitativo verso una divulgazione più "popolare" e l'apertura a nuovi pubblici.

Infrastrutture	Potenziare i collegamenti tra i diversi beni componenti e i percorsi di visita, attraverso accessibilità universale, mobilità lenta e sostenibile, riduzione dell'impatto ambientale dei trasporti.
Turismo	Potenziare accoglienza, ospitalità e servizi diversificati, promuovendo un turismo sostenibile che valorizzi culture e tradizioni locali nel rispetto dell'ambiente.
Imprese	Valorizzare in ottica integrata i territori coinvolgendo gli attori economici, valorizzando il turismo culturale e rafforzando il capitale sociale e la circular economy.
Sociale	Potenziare il coinvolgimento attivo e la partecipazione delle comunità, dalle scuole alle università, dai giovani agli anziani, in chiave di inclusione sociale e capacity building.
Gestione / Governance	Facilitare lo scambio di idee, progettualità e buone pratiche tra le componenti della rete, anche con altri siti longobardi esterni al sito UNESCO.
Conservazione	Garantire la conservazione fisica del bene attraverso interventi di restauro, monitoraggio e manutenzione programmata.

Tabella 4 – Obiettivi strategici del Piano di Gestione UNESCO 2022-2027 del sito seriale longobardo

Specificità di Monte Sant'Angelo nel Piano di Gestione

Per Monte Sant'Angelo, il Piano di Gestione individua come priorità strategica la conclusione dei lavori di scavo e musealizzazione delle aree di visita all'interno della città, la creazione di un percorso di visita cittadino e la creazione della cosiddetta Cittadella Micaelica. Tra le schede progettuali figurano la valorizzazione delle strutture del Complesso santuarioale, le indagini archeologiche nelle Cripte longobarde, il potenziamento della cartellonistica stradale, la riqualificazione di edifici per accoglienza pellegrini, la valorizzazione del patrimonio culturale e dei Musei TECUM, la creazione di nuovi percorsi per il pellegrino.

Coerenza tra Piano di Gestione e PAC

Il PAC non si sostituisce al Piano di Gestione: lo integra e lo rafforza nella dimensione climatica. Gli obiettivi del Piano di Gestione, in particolare quelli relativi a infrastrutture, gestione e conservazione, sono pienamente coerenti con le misure di adattamento e mitigazione del presente Piano. La riqualificazione illuminotecnica della buffer zone, oggetto della Parte VI, si inserisce direttamente nell'obiettivo strategico Infrastrutture e contribuisce all'obiettivo Conservazione attraverso il miglioramento della qualità ambientale del sistema urbano di accesso al bene.

11. Progetti e iniziative locali in corso

Il territorio di Monte Sant'Angelo è interessato da una serie di iniziative e progetti che convergono verso gli obiettivi del PAC. Tra i progetti più rilevanti si segnalano il progetto Interreg Italia-Croazia CAMPUS, di cui il presente PAC è output diretto, il Piano di Gestione UNESCO 2022-2027 del sito seriale longobardo, le attività dell'Ente Parco Nazionale del Gargano per la gestione del rischio incendi e la conservazione degli ecosistemi (Piano AIB e Dichiarazione Ambientale 2024-2027), gli interventi di riqualificazione urbana e infrastrutturale del centro storico promossi dall'Amministrazione Comunale, le iniziative del Polo culturale Le Clarisse e dei Musei TECUM, le attività dell'Ordine dei Padri di San Michele per la gestione del Santuario.

Il quadro mostra un territorio già orientato verso la sostenibilità e la valorizzazione del patrimonio: il PAC consolida questa traiettoria con un focus specifico sulla dimensione climatica.

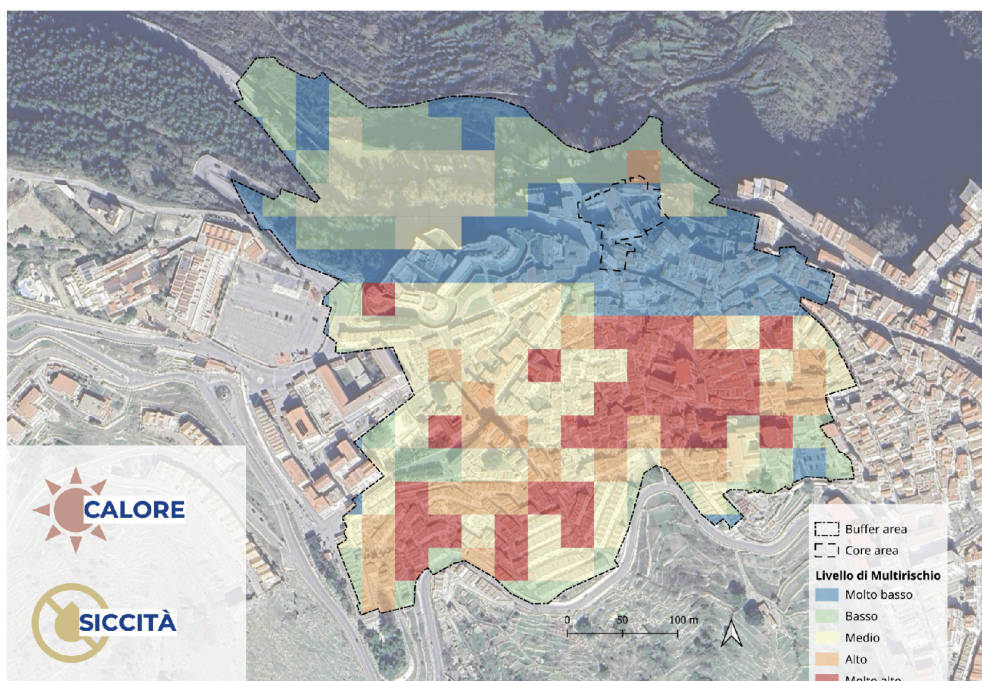
PARTE III – CONTESTO CLIMATICO E ANALISI DEL RISCHIO

Il presente capitolo inquadra il contesto climatico del territorio di Monte Sant'Angelo e ne interpreta le implicazioni per il sito UNESCO del Santuario di San Michele Arcangelo e per la relativa buffer zone. L'obiettivo non è produrre un'analisi climatologica esaustiva, ma definire un quadro operativo utile alla successiva individuazione delle priorità di adattamento e delle misure da attivare nel Piano di Adattamento Climatico (PAC).

L'analisi assume come riferimento metodologico il progetto CAMPUS, che considera il cambiamento climatico come una minaccia crescente per i siti UNESCO e promuove un approccio integrato basato su monitoraggio, valutazione della vulnerabilità e definizione di misure sito-specifiche. Il quadro è inoltre coerente con l'indirizzo UNESCO più recente, che invita i gestori dei siti del Patrimonio Mondiale a integrare l'azione climatica nei sistemi di gestione, superando una visione puramente emergenziale e orientando le decisioni verso percorsi di sviluppo a basse emissioni e resilienti al clima¹.

Per Monte Sant'Angelo, il tema climatico assume una rilevanza specifica per almeno tre ragioni. In primo luogo, il Santuario è un bene culturale con una forte componente ipogea e lapidea: la presenza della grotta, delle strutture in pietra locale, degli apparati decorativi e dei materiali storici rende particolarmente sensibili le variazioni termo-igrometriche, l'umidità e l'azione dell'acqua. In secondo luogo, il sito è inserito in un centro storico di elevato valore culturale e percettivo, dove la qualità dello spazio pubblico e della buffer zone incide direttamente sull'esperienza del bene. In terzo luogo, la città è un polo turistico e devozionale, con flussi che si concentrano in specifici periodi dell'anno e che possono aumentare la pressione sul sistema urbano e infrastrutturale.

¹ UNESCO World Heritage Centre, *Policy Document on Climate Action for World Heritage* (2023): <https://whc.unesco.org/en/documents/204421>. Si veda anche UNESCO, *Climate Change and World Heritage*: <https://whc.unesco.org/en/climatechange/>.



Mappatura del
MULTIRISCHIO
a scala urbana

12. Inquadramento climatico locale e scenari di riferimento

Monte Sant'Angelo si colloca sul promontorio del Gargano, in posizione collinare-montana e in prossimità del mare. Questa condizione determina un profilo climatico diverso sia dalle aree costiere del Gargano sia dal Tavoliere foggiano: l'altitudine attenua parte delle temperature estive rispetto alle aree di pianura, ma espone il centro abitato a una maggiore ventosità, a fenomeni meteorologici rapidi e a condizioni termo-igrometriche variabili.

La stazione meteorologica di Monte Sant'Angelo, riferimento del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale per l'area, è indicata a circa 844 m s.l.m. In base ai dati climatici trentennali 1981-2010 riportati per la stazione, la temperatura media del mese più freddo è pari a circa 4,1 °C, mentre quella del mese più caldo è pari a circa 22,1 °C. La precipitazione media annua è indicata in circa 587,5 mm, distribuita mediamente in 84 giorni di pioggia, con un regime caratterizzato da un minimo estivo e da valori più elevati tra autunno e inverno².

Questi valori confermano la specificità climatica locale: Monte Sant'Angelo non presenta le condizioni di caldo estremo continuo tipiche delle aree di pianura pugliesi, ma è comunque esposto agli effetti dell'aumento delle temperature medie, delle ondate di

² Per l'inquadramento della stazione e dei dati climatici si rinvia al Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, previsioni e dati per Monte Sant'Angelo: <https://www.meteoam.it/it/meteo-citta/monte-sant-angelo>, e alla banca dati SCIA/ISPRA per le serie climatiche nazionali: <https://scia.isprambiente.it/>. I valori medi riportati nel testo sono da considerare come baseline climatica di lavoro da validare nella versione finale con le serie ufficiali complete della stazione.

calore e della maggiore irregolarità delle precipitazioni. Il dato climatico locale va quindi letto non solo in termini di valori medi, ma soprattutto in relazione agli estremi, alla stagionalità e alla sensibilità dei beni esposti.

Stazioni meteorologiche di riferimento

Per la provincia di Foggia, la Regione Puglia assume la stazione sinottica di Monte Sant'Angelo per la maggior parte delle elaborazioni climatiche e la stazione di Amendola per gli indicatori giornalieri, poiché Monte Sant'Angelo non dispone di una serie giornaliera sufficientemente completa per tutte le elaborazioni di trend. Questa scelta è metodologicamente importante: consente di utilizzare Monte Sant'Angelo come riferimento altimetrico e microclimatico di contesto, ma richiede cautela quando si leggono gli estremi a scala giornaliera per il Santuario e il centro storico.

Temperature osservate

Nel trentennio 1991-2020, la temperatura media annua di Monte Sant'Angelo è pari a 12,5 °C e oscilla tra circa 11 °C e 13,5 °C. La temperatura minima assoluta del periodo è -9 °C registrata nel 2012, la massima assoluta è 38,8 °C registrata nel 2000. Le anomalie termiche annuali rispetto al trentennio precedente non mostrano anni annualmente sotto media, segnalando uno spostamento netto del clima locale verso condizioni più calde.

Per gli estremi termici, la Regione Puglia riporta, sulla serie giornaliera di Amendola, un forte calo dei giorni di gelo e un marcato aumento sia delle notti tropicali sia dei giorni estivi. Questo segnale è coerente con il quadro regionale della SRACC, che sintetizza per la Puglia un aumento generalizzato delle temperature superiore a 1 °C nell'ultimo trentennio e prospetta ulteriori incrementi di giorni estivi e notti tropicali, con intensificazione particolarmente evidente nelle aree settentrionali e costiere.

Precipitazioni osservate

Sul lato pluviometrico, il contesto locale è caratterizzato da forte variabilità: nella serie 1991-2020 il valore massimo di pioggia giornaliera più elevato è 141 mm nel 2014; lo stesso anno risulta anche il più piovoso del periodo con 878,6 mm, mentre il 2019 è il meno piovoso con 347,6 mm. La Regione Puglia sintetizza un sistema nel quale la precipitazione totale non descrive da sola il rischio: il problema è sempre più la concentrazione della pioggia in episodi brevi e intensi, intervallati da periodi asciutti più lunghi.

Vento osservato

Le analisi CAMPUS per la stazione meteorologica di Monte Sant'Angelo, periodo 2010-2024, riportano una velocità massima del vento pari a 26 m/s registrata nel 2010, con direzioni prevalenti da Nord-Est ed Est. Raffiche superiori a 20 m/s, classificabili come vento forte, sono state registrate quasi ogni anno negli ultimi quindici anni. La media annuale della velocità del vento mostra una leggera tendenza alla diminuzione nel periodo 1991-2020, ma con elevata variabilità interannuale e frequenza di eventi estremi che si conferma costante.

Tabella di sintesi del contesto climatico locale

Indicatore	Evidenza disponibile	Fonte primaria	Lettura per il PAC
Temperatura media annua	12,5 °C nel 1991-2020	Regione Puglia / SCIA	baseline climatica locale
Minima assoluta	-9 °C nel 2012	Regione Puglia / SCIA	il freddo estremo persiste ma si riduce in frequenza
Massima assoluta	38,8 °C nel 2000	Regione Puglia / SCIA	il caldo estremo è già osservato
Anomalie annuali	nessun anno sotto media nel trentennio	Regione Puglia / SCIA	segnale netto di riscaldamento
Giorni di gelo	forte calo	Regione Puglia / Amendola	riduzione delle condizioni fredde persistenti
Notti tropicali	marcato aumento	Regione Puglia / Amendola	aumento del disagio notturno estivo
Giorni estivi	marcato aumento	Regione Puglia / Amendola	estensione della stagione calda
Pioggia massima giornaliera	141 mm nel 2014	Regione Puglia / SCIA	elevato rischio di runoff e allagamenti locali
Anno più piovoso	878,6 mm nel 2014	Regione Puglia / SCIA	forte variabilità interannuale
Anno meno piovoso	347,6 mm nel 2019	Regione Puglia / SCIA	esposizione a deficit idrico stagionale

Vento massimo	26 m/s nel 2010	CAMPUS / Stazione MSA	rischio vento confermato
Direzione prevalente	NE ed E	CAMPUS / Stazione MSA	esposizione delle facciate NE-E

Tabella 5 – Quadro climatico locale di Monte Sant'Angelo (elaborazione su dati SCIA, SRACC Puglia e CAMPUS)

Scenari climatici futuri

Il quadro futuro converge su quattro segnali principali. Primo: aumento generalizzato della temperatura. La comunicazione italiana all'UNFCCC riporta che per il periodo 2021-2050 è atteso un aumento fino a 2 °C rispetto al 1981-2010 nello scenario RCP8.5; per il periodo 2071-2100 l'aumento può raggiungere 3-4 °C sotto RCP4.5 e picchi estivi fino a 8 °C sotto RCP8.5. Secondo: riduzione delle precipitazioni totali e particolarmente estive, con punte fino a -60% nel Sud Italia sotto RCP4.5. Terzo: aumento delle precipitazioni massime giornaliere e dei consecutivi dry days (CDD), con intensificazione della concentrazione della pioggia in eventi estremi. Quarto: aumento del rischio incendio nel Mediterraneo, identificato dall'IPCC come uno dei principali effetti del cambiamento climatico nell'area.

Le mappe regionali della SRACC mostrano che sulla penisola del Gargano la diminuzione delle precipitazioni totali è meno netta rispetto ad altre aree pugliesi, ma nello scenario peggiore i massimi giornalieri raggiungono in molti punti valori compresi tra 75 e 85 mm, con concentrazione del rischio nelle aree acclivi e sui versanti.

Orizzonte	Scenario	Segnale principale	Implicazione per Monte Sant'Angelo
2021-2050	RCP8.5	aumento termico fino a +2 °C	più frequenti periodi caldi prolungati
2021-2050	RCP4.5	riduzione delle precipitazioni primaverili ed estive	aumento rischio siccità e stress idrico
2071-2100	RCP4.5	+3 / +4 °C	trasformazione strutturale del microclima urbano
2071-2100	RCP8.5	punte estive fino a +8 °C	scenario critico per fruizione, materiali, gestione
Scala regionale	RCP4.5/8.5	aumento RX1day e CDD	alternanza secco prolungato / rovesci violenti

Tabella 6 – Scenari climatici di riferimento per Monte Sant'Angelo (elaborazione su UNFCCC, SRACC Puglia, IPCC AR6)

13. Impatti attesi sul Santuario e sulla buffer zone

Il Santuario di San Michele Arcangelo è un bene culturale con tre caratteristiche che lo rendono particolarmente sensibile al cambiamento climatico. È un bene a forte componente ipogea, organizzato attorno a una grotta naturale scavata nella roccia calcarea. È un bene a forte componente lapidea, con strutture in pietra locale, apparati decorativi pittorici e graffiti storici. È un bene inserito in un centro storico di elevato valore culturale e percettivo, in un comune posto in posizione sommitale e fortemente esposto a fenomeni meteorologici intensi. A queste caratteristiche si sommano la pressione turistica e devozionale, che concentra i flussi in determinati periodi dell'anno e amplifica gli effetti climatici sulla gestione del sito.

Impatti su materiali e apparati conservativi

Per i materiali, il rischio principale è di tipo termo-igrometrico e chimico-fisico. Le oscillazioni di temperatura e umidità relativa favoriscono cicli di bagnato-asciutto, cristallizzazione dei sali, biodeterioramento, alterazione dei giunti e decoesione superficiale. La pietra calcarea/calcarenita del Gargano, materiale costruttivo prevalente, è particolarmente vulnerabile all'azione dell'acqua, all'umidità persistente e alle variazioni termo-fisiche. Le superfici lapidee esterne sono esposte all'azione combinata di pioggia battente, vento, particolato atmosferico, deposizione di inquinanti, con formazione di croste nere e degrado dei materiali carbonatici.

Per gli apparati pittorici, in particolare gli affreschi della grotta, il rischio principale è la combinazione tra umidità persistente, cristallizzazione salina e biodeterioramento. Nel secondo Living Lab di Monte Sant'Angelo, IUAV ha richiamato espressamente la vulnerabilità delle superfici ipogee e dei cicli di umidità, sottolineando per gli affreschi della grotta il rischio da umidità e cristallizzazione salina. Una evidenza diretta della sensibilità microclimatica del bene è stata portata, nello stesso incontro, dall'ing. Marilina Azzarone, tecnico di riferimento del Santuario, che ha documentato come durante il periodo COVID, con la chiesa chiusa e meno ventilata, il microclima interno sia cambiato significativamente, con la comparsa di muffe e colonizzazioni biologiche. Si tratta di un fenomeno di breve durata ma di forte valore conoscitivo: dimostra che il microclima ipogeo del Santuario è già oggi al limite di stabilità e che l'azione combinata

di flussi di visitatori, condizioni esterne e regime di ventilazione costituisce il principale fattore di controllo della conservazione degli apparati.

Impatti sul microclima ipogeo

Il microclima interno del Santuario merita un'attenzione distinta dal clima esterno. La cavità ipogea smorza una parte delle oscillazioni termiche, ma è molto sensibile ai gradienti termo-igrometrici tra esterno e interno, soprattutto in ingresso, lungo gli accessi e nelle aree a maggiore permanenza dei visitatori. In presenza di estati più lunghe e più calde, l'incremento di aria calda e umida immessa dai flussi di visitatori può aumentare condense, umidità superficiale e permanenza dell'acqua nei punti più sensibili. Questo è un meccanismo di rischio specifico per il Santuario di San Michele Arcangelo, che combina natura ipogea del bene, intensa pressione turistica e devozionale e materiali sensibili all'umidità.

Impatti idrogeologici e da piogge intense

Il rischio idrogeologico riguarda soprattutto il centro storico, gli accessi, i basamenti, i percorsi e il sistema di drenaggio superficiale. La Protezione Civile regionale colloca il Gargano nella zona di allerta Puglia A, caratterizzata prevalentemente da rischio idrogeologico. In un comune posto su un altopiano carsico e caratterizzato da forti pendenze e continuità tra piazze, scalinate e tratti pavimentati storici, eventi pluviometrici intensi possono attivare ruscellamento rapido, erosione localizzata, allagamenti di prossimità, infiltrazioni in murature e criticità dei sistemi di smaltimento. Le analisi CAMPUS richiamano la presenza, nel territorio comunale, di aree classificate a rischio moderato-alto nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia. La Carta Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI) di ISPRA conferma la presenza di fenomeni di crollo e ribaltamento e di punti di frana nell'area di Monte Sant'Angelo.

La combinazione fra massimi giornalieri elevati osservati (141 mm) e intensificazione futura degli estremi attesa negli scenari climatici rende il rischio piogge intense/runoff prioritario per il PAC. Per un bene come il Santuario, caratterizzato da forte componente ipogea e materiali porosi, gli effetti delle precipitazioni intense possono manifestarsi attraverso: aumento delle infiltrazioni e dell'umidità negli ambienti costruiti e sotterranei, sollecitazioni sui sistemi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, erosione superficiale su pietre, scalinate, pavimentazioni e apparati decorativi esposti, crescita biologica su superfici umide, cristallizzazione di sali ed efflorescenze nei cicli bagnato-asciutto, incremento della probabilità di fenomeni localizzati di instabilità.

Impatti da vento e pioggia battente

Il vento non deve essere considerato solo come fenomeno meccanico. Per i beni culturali, il rischio deriva spesso dalla combinazione tra vento, pioggia, particolato atmosferico e materiali esposti. La pioggia battente può favorire la penetrazione dell'umidità nei materiali porosi; il trasporto di particolato e sabbia può generare abrasione; le raffiche possono sollecitare coperture, elementi aggettanti, infissi, vetrate e apparati decorativi. Nelle Cross-Border Guidelines CAMPUS, per il Santuario di San Michele Arcangelo sono identificati come possibili effetti del vento: penetrazione di umidità nei materiali porosi, soprattutto in presenza di pioggia spinta dal vento, abrasione e perdita progressiva di rilievi decorativi dovuta a particolato trasportato dal vento, sollecitazione della stabilità di elementi di facciata, potenziali danni a componenti dell'involucro, interazione tra deposizione di inquinanti, pioggia acida e superfici carbonatiche.

Impatti sul comfort urbano e sulla fruizione

Il cambiamento climatico agisce anche sulle condizioni d'uso del sito. Monte Sant'Angelo è una città di pellegrinaggio e di turismo culturale: secondo i dati del Comune, nel 2024 ha registrato 25.293 arrivi e 72.092 presenze, dopo il massimo storico di oltre 80 mila presenze nel 2023, con ulteriore crescita nel 2025. Con un clima più caldo, la gestione dei flussi estivi e degli eventi religiosi richiederà maggiore attenzione a comfort termico, ombreggiamento, accesso all'acqua, accessibilità, sosta, qualità dell'illuminazione e protezione del microclima interno.

L'altitudine (843 m s.l.m.) e la ventilazione possono mitigare alcune condizioni di disagio termico rispetto alle aree costiere e di pianura; tuttavia, il centro storico presenta caratteristiche che amplificano localmente lo stress da calore: pavimentazioni minerali, spazi pubblici con limitata ombreggiatura, superfici murarie esposte, concentrazione di visitatori nei mesi primaverili-estivi. L'effetto combinato tra aumento delle temperature, superfici urbane minerali e uso turistico dello spazio pubblico può generare criticità non tanto in termini di temperatura media assoluta, quanto in termini di comfort, fruibilità e incremento dei consumi energetici.

Catene di impatto climatico

Driver climatico	Elementi esposti	Possibili impatti	Implicazioni per il PAC
------------------	------------------	-------------------	-------------------------

Aumento temperature e ondate di calore	Spazi pubblici, superfici lapidee, visitatori, microclima ipogeo	Stress termico, discomfort, aumento domanda energetica, alterazione cicli microclimatici interni	Migliorare qualità microclimatica, ridurre consumi energetici, gestire flussi nei picchi caldi
Precipitazioni intense	Coperture, drenaggio urbano, superfici lapidee, ambienti ipogei	Infiltrazioni, erosione, sovraccarico drenaggi, instabilità localizzate	Rafforzare monitoraggio drenaggi, manutenzione preventiva, protezione superfici
Umidità e cicli bagnato-asciutto	Pietra, intonaci, affreschi, graffiti, elementi metallici	Efflorescenze, distacchi, crescita biologica, corrosione	Monitorare parametri microclimatici, stato conservativo, restauri programmati
Vento e pioggia battente	Facciate, coperture, elementi aggettanti, infissi	Abrasione, penetrazione d'acqua, sollecitazioni meccaniche	Ispezioni periodiche, criteri di progettazione compatibile per interventi
Siccità prolungata	Verde urbano, contesto territoriale, gestione dell'acqua	Stress idrico, rischio incendio, aridità del suolo	Coordinamento con Parco Gargano, gestione risorse idriche, prevenzione incendi

Tabella 7 – Catene di impatto climatico per il Santuario e la buffer zone (elaborazione su deliverable CAMPUS D.1.2.1 e D.1.2.2)

14. Analisi di vulnerabilità, sensibilità e capacità adattiva

L'analisi di vulnerabilità del sito UNESCO di Monte Sant'Angelo è stata sviluppata da IUAV nell'ambito dei deliverable CAMPUS D.1.2.1 "UNESCO vulnerability and sensitivity risk analysis" e D.1.2.2 "Adaptive capacity and resilience of UNESCO sites". L'analisi adotta un approccio basato sulla classificazione UNESCO dei rischi per i beni del Patrimonio Mondiale e integra sensibilità materica del bene, esposizione ai fattori climatici e capacità adattiva del sistema gestionale.

Sensibilità materica del bene

La sensibilità materica del Santuario si articola su tre famiglie di elementi. La prima è la grotta naturale, ambiente ipogeo carsico nella roccia calcarea, sede del culto micaelico e parte centrale dell'OUV. La seconda è il sistema architettonico delle strutture in elevazione: campanile, navata angioina, portali, scaloni di accesso, sistema di copertura, edifici monastici e religiosi della buffer zone. La terza è l'insieme degli apparati

decorativi: affreschi della grotta, sculture, graffiti storici, porte di bronzo, elementi epigrafici.

Ogni famiglia ha vulnerabilità climatiche specifiche. La grotta è sensibile alle variazioni termo-igrometriche e ai gradienti tra esterno e interno, all'umidità persistente e ai flussi di visitatori. Le strutture in elevazione sono sensibili alla pioggia battente, al vento, alle infiltrazioni dalla copertura, all'azione combinata di particolato e pioggia acida sulle superfici carbonatiche. Gli apparati decorativi, in particolare gli affreschi, sono sensibili alle oscillazioni di umidità relativa, alla cristallizzazione salina, al biodeterioramento e ai fenomeni di efflorescenza.

Esposizione climatica del sito

L'esposizione climatica del sito è documentata nel deliverable D.1.2.1 attraverso le matrici STEP 2 (Built Component Matrix) sviluppate per il Santuario. La sintesi degli eventi estremi del passato include precipitazione massima giornaliera di 141 mm registrata nel 2014, velocità massima del vento di 26 m/s registrata nel 2010, presenza di fenomeni franosi documentati nell'inventario IFFI dell'ISPRA nelle aree del comune. La carta di pericolosità idraulica e idrogeomorfologica dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale evidenzia aree classificate a rischio nelle zone limitrofe al centro storico.

Capacità adattiva del sistema gestionale

Il deliverable D.1.2.2 sviluppa l'analisi di capacità adattiva attraverso una matrice di stakeholder coinvolti nella gestione del sito: turisti e pellegrini, associazioni cattoliche, organizzazioni culturali, istituzioni educative, esperti di conservazione. La capacità adattiva è valutata su sei dimensioni: sociale, culturale, leadership, economica, turistica, spirituale. Per Monte Sant'Angelo, la valutazione evidenzia una capacità adattiva mediamente positiva sulle dimensioni spirituale e culturale, in considerazione del ruolo centrale dell'Ordine dei Padri di San Michele come gestore stabile del bene e della Diocesi di Manfredonia-Vieste-San Giovanni Rotondo come riferimento spirituale. La dimensione economica e turistica mostra invece una capacità adattiva da rafforzare, in considerazione della crescente pressione turistica e della concentrazione stagionale dei flussi.

L'analisi rileva una asimmetria di influenza e conoscenza tra stakeholder che è strategica per il PAC: associazioni cattoliche ed esperti di conservazione mostrano alta conoscenza ma media influenza, mentre turisti e pellegrini mostrano bassa conoscenza

ma alta capacità di pressione gestionale attraverso i flussi. Questa asimmetria suggerisce di rafforzare la comunicazione climatica nei confronti dei visitatori, includendo elementi informativi sui rischi e sulle buone pratiche di fruizione.

15. Matrice di rischio e priorità di intervento

La matrice di rischio è costruita integrando dati climatici ufficiali, analisi di vulnerabilità CAMPUS e risultati del processo partecipativo. La scala adottata è 1-5 per probabilità e impatto; la priorità è la sintesi interpretativa utile alla selezione delle misure. La matrice non sostituisce le analisi di rischio settoriali (PAI, PGRA, Piani AIB), ma le integra in chiave climatico-patrimoniale.

Criteri di scoring

Per rendere i punteggi verificabili, la probabilità e l'impatto sono assegnati secondo le scale seguenti. La probabilità misura la frequenza attesa di manifestazione del pericolo a intensità dannosa entro l'orizzonte di piano (al 2050): 1 = molto bassa, evento raro non segnalato dagli scenari; 2 = bassa, possibile ma infrequente; 3 = media, episodico con segnale moderato negli osservati e negli scenari; 4 = alta, ricorrente con trend osservato chiaro e scenari concordi; 5 = molto alta, già osservato ripetutamente e in intensificazione. L'impatto misura la gravità delle conseguenze su attributi OUV, materiali, fruizione, sicurezza e gestione: 1 = trascurabile; 2 = lieve, gestibile con manutenzione ordinaria; 3 = moderato, con danni reversibili tramite intervento dedicato; 4 = grave, con perdita parziale non facilmente reversibile; 5 = molto grave, con minaccia agli attributi che fondano l'Outstanding Universal Value e alla sicurezza delle persone.

La priorità è funzione del prodotto Probabilità × Impatto ($P \times I$, scala 1-25), secondo le soglie: $P \times I$ 21-25 priorità molto alta; 16-20 alta; 10-15 medio-alta; 5-9 media; 1-4 bassa. Il giudizio esperto e gli esiti del processo partecipativo possono motivare uno scostamento di un livello rispetto al valore di calcolo, dichiarato nella colonna di motivazione. A ciascun rischio è inoltre associato un livello di confidenza, funzione della disponibilità e robustezza dei dati a supporto.

Rischio	Probabilità	Impatto	Priorità	Confidenza e motivazione
Calore estremo e ondate di calore	5	5	Molto alta	Confidenza alta. Aumento di notti tropicali e giorni estivi; impatto su comfort, manutenzione, fruizione, gestione eventi
Piogge intense e runoff urbano	5	5	Molto alta	Confidenza alta. Massimo giornaliero elevato (141 mm),

				contesto acclive, zona di allerta idrogeologica A
Umidità e squilibri microclimatici del Santuario	5	4	Alta	Confidenza media. Sito ipogeo, crescita biologica e cristallizzazione salina già richiamate nei materiali CAMPUS
Siccità e stress idrico	4	4	Alta	Confidenza alta. Anni molto secchi già osservati; aumento dei CDD negli scenari regionali; rischio incendio derivato
Vento forte e tempeste	3	4	Medio-alta	Confidenza media. Rischio riconosciuto da IUAV; baseline anemometrica da consolidare
Inquinamento luminoso	5	3	Medio-alta	Confidenza alta. Rischio gestibile ma strutturale per buffer zone, qualità notturna e azione pilota
Rischio incendio territoriale	3	4	Medio-alta	Confidenza media. Indotto dal contesto del Parco Gargano; impatti indiretti su accessibilità, aria, paesaggio
Pressione turistica climaticamente sensibile	5	3	Medio-alta	Confidenza media. Moltiplicatore di rischi climatici nei picchi estivi e nei giorni di festività religiose

Tabella 8 – Matrice di rischio per il sito UNESCO di Monte Sant'Angelo (elaborazione PAC su dati CAMPUS, SRACC, IPCC)

La priorità molto alta assegnata a calore estremo e piogge intense deriva direttamente dalla convergenza tra trend osservati, scenari futuri e impatti attesi su sito e centro storico. L'alta priorità di umidità microclimatica interna dipende dalla specificità del bene, che combina spazio ipogeo, superfici sensibili e pressione dei visitatori. La priorità medio-alta dell'inquinamento luminoso è strutturalmente correlata all'azione pilota di riqualificazione illuminotecnica della buffer zone descritta nella Parte VI: essa risponde simultaneamente al rischio (riduzione dell'inquinamento luminoso, miglioramento della qualità notturna) e ai co-benefici di adattamento (gestione dei flussi nei picchi caldi serali) e mitigazione (riduzione dei consumi energetici).

Tre livelli di azione conseguenti

In termini di selezione delle misure, la matrice suggerisce tre livelli di azione che orientano il catalogo delle misure della Parte V. Il primo livello riguarda monitoraggio e gestione del microclima del Santuario: installazione di un sistema di monitoraggio continuo dei parametri microclimatici interni, gestione dei flussi di visitatori in funzione delle condizioni microclimatiche, protocolli di intervento conservativo. Il secondo livello riguarda lo spazio pubblico e la buffer zone, con priorità a illuminazione, drenaggio superficiale, ombreggiamento e gestione delle permanenze. Il terzo livello riguarda governance e manutenzione programmata, con particolare riferimento a protocolli per eventi meteo intensi, visite nei picchi caldi e coordinamento tra Comune, gestori del sito e soggetti della tutela.

16. Gap conoscitivi e bisogni di monitoraggio

L'analisi del rischio sviluppata nei capitoli precedenti è solida nel quadro generale ma presenta gap conoscitivi specifici che è necessario colmare per trasformare il PAC da documento strategico in strumento operativo di gestione climatica. La trasparenza sui gap è metodologicamente importante: il PAC dichiara apertamente le aree di incertezza e identifica le misure di monitoraggio come azioni del piano, non come premesse esterne ad esso.

Gap su microclima del Santuario

Per Monte Sant'Angelo esiste una buona base climatologica di contesto, ma non risultano disponibili, nella documentazione ufficiale fin qui esaminata, serie dedicate per il Santuario e la buffer zone relative a: temperatura dell'aria a diverse quote, umidità relativa, punto di rugiada, temperatura superficiale di pareti e pavimentazioni, CO₂ nei locali ipogei, indicatori di discomfort termo-igrometrico nei periodi di massimo affollamento. Poiché la Regione Puglia usa Amendola per gli indici giornalieri della provincia, il PAC deve colmare con monitoraggio locale la differenza tra contesto provinciale e comportamento microclimatico del sito.

Gap su sistema acqua

Non sono disponibili, nelle fonti consultate, dati di dettaglio su: tempi di risposta del drenaggio locale, aree di ristagno, sezioni critiche dei percorsi di accesso, punti di infiltrazione, interazione fra eventi di pioggia e involucro murario, mappa tecnica dei punti di runoff nel piano antistante la Basilica e nelle strade immediatamente adiacenti.

Considerato il massimo giornaliero osservato e il quadro futuro di intensificazione delle piogge estreme, questo gap è rilevante e prioritario.

Gap su vento e umidità interna

Le fonti CAMPUS chiariscono che il vento è un fattore di rischio per il sito, ma non è emersa una baseline anemometrica locale di alta risoluzione per la buffer zone e gli ingressi del Santuario. Analogamente, per l'ambiente ipogeo non è disponibile una serie microclimatica continuativa che permetta di distinguere la quota di rischio dovuta al clima esterno, ai visitatori, alla ventilazione e alle configurazioni di ingresso.

Gap su sistema energetico dell'area pilota

Per l'azione pilota di riqualificazione illuminotecnica della buffer zone, descritta nella Parte VI, non sono attualmente disponibili dati reali di: potenza installata totale, numero di punti luce dell'area, profili di accensione e dimming, ore effettive di funzionamento, consumi annui, costi energetici di area. Di conseguenza, le valutazioni quantitative presentate nel Piano sono parametriche, costruite sul benchmark GSE per gli impianti di illuminazione pubblica a LED, e dovranno essere sostituite da dati reali a valle del censimento e della diagnosi energetica.

Sistema di monitoraggio raccomandato

Per colmare i gap conoscitivi, il PAC adotta come azione strutturale del Piano la costruzione di un sistema minimo di monitoraggio. La tabella seguente sintetizza il sistema raccomandato, articolato per ambito, strumento, posizionamento e indicatori. Il sistema è coerente con la logica UNESCO di assessing climate risks a livello di property e con le indicazioni CAMPUS sul monitoraggio di vulnerabilità, sensibilità e resilienza.

Ambito	Strumento consigliato	Posizionamento minimo	Indicatori
Clima esterno	Stazione meteo T/UR/pioggia/vento/radiazione	Buffer zone, copertura libera da ostacoli	T media/max/min, RH, RX1day, pioggia 1h/3h/24h, vento medio/raffica
Microclima ipogeo	Datalogger T/UR/CO ₂ + sensori di superficie	Ingresso, area centrale grotta, aree decorate sensibili	T, UR, dew point, CO ₂ , gradienti ingresso-interno

Materiali	Sensori umidità superficiale + termografia periodica	Pareti e affreschi a rischio, giunti, zone di contatto	Umidità superficiale, hot/cold spots, cicli bagnato-asciutto
Illuminazione	Smart meter di quadro + telecontrollo	Quadro area pilota + punti luce campione	kWh, ore di accensione, dimming, kWh/punto luce, guasti
Fruizione	Contapersona / conteggio strutturato	Accessi Santuario e piazza	Flussi orari, permanenza, picchi per eventi e stagioni
Qualità notturna	Misure di illuminamento/luminanza	Piazza, assi prospettici, margini buffer zone	Uniformità, abbagliamento, dispersione, qualità percettiva

Tabella 9 – Sistema minimo di monitoraggio raccomandato per il PAC

PARTE IV – PROCESSO PARTECIPATIVO

17. Metodologia dei Living Labs CAMPUS

Il progetto CAMPUS attribuisce ai Living Labs un ruolo strutturale, non accessorio. La metodologia collaborativa pubblicata dal progetto nel deliverable D.2.1.1 "Living-lab collaborative methodology" chiarisce che i Living Labs servono a coinvolgere amministrazioni, ricerca, attori economici e comunità nella co-creazione di misure di adattamento e nella definizione dei Piani di Adattamento Climatico per i siti UNESCO, seguendo un'impostazione quadruple helix.

Il modello quadruple helix è una metodologia di innovazione che identifica quattro categorie di attori in qualunque processo di co-creazione: settore pubblico, ricerca e accademia, settore privato e produttivo, società civile e comunità. La novità rispetto alla triple helix tradizionale è proprio l'inserimento della comunità come quarto attore strutturale e non come destinatario passivo. Per i siti UNESCO, questa impostazione è particolarmente coerente con il principio della partecipazione delle comunità locali alla gestione dei beni del Patrimonio Mondiale promosso dall'UNESCO.

Nella metodologia CAMPUS, il percorso partecipativo prevede più round di Living Lab in ciascun sito pilota. Per Monte Sant'Angelo il percorso si è articolato in tre incontri progressivi, ciascuno con una funzione precisa nel processo di costruzione del PAC. Il primo Living Lab, del 26 giugno 2025, ha avuto funzione di costruzione condivisa del problema climatico e di raccolta delle percezioni di rischio nella comunità locale. Il secondo Living Lab, del 28 ottobre 2025, ha presentato gli scenari multi-rischio elaborati dall'Università IUAV di Venezia, ha discusso lo stato dell'arte degli interventi tecnici già realizzati sul Santuario e ha aperto la fase di definizione delle contromisure. Il terzo Living Lab, del 16 gennaio 2026, ha portato alla co-validazione di tre contromisure climatiche concrete e alla condivisione del sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS, segnando il passaggio dalla pianificazione strategica all'implementazione operativa. Il percorso è completato dai workshop di integrazione locale e dalle conferenze regionali previste dal progetto.

18. Il primo Living Lab (26 giugno 2025)

Inquadramento e formato

Il primo Living Lab si è tenuto a Monte Sant'Angelo il 26 giugno 2025, organizzato dall'Amministrazione Comunale come Project Partner 3 del progetto CAMPUS. L'evento

è stato preceduto, nella stessa giornata, da una Local Conference di apertura, durante la quale sono stati introdotti il framework di progetto, gli obiettivi del WP1 e gli scenari preliminari di rischio climatico per il Santuario di San Michele Arcangelo. Il Living Lab è stato strutturato con il metodo World Café, articolato in discussioni di piccolo gruppo seguite da una riflessione plenaria, formato particolarmente efficace per catturare prospettive diverse e favorire il dialogo tra le diverse componenti della comunità.

All'evento sono stati invitati 35 stakeholder, organizzati nelle categorie del modello quadruple helix: 1 autorità pubblica locale (oltre al Comune di Monte Sant'Angelo, partecipava il Sindaco di Alberobello), 4 agenzie settoriali (Parco Nazionale del Gargano, Rettore del Santuario di San Michele, GAL Gargano, UGR Unità di Protezione Civile locale), 18 esponenti del pubblico generale tra cittadini e partecipanti online, 17 rappresentanti di associazioni e ONG attive sul territorio, 3 organizzazioni di ricerca (Centro Studi Micaelici e Garganici, Università di Foggia, IUAV), 3 istituzioni scolastiche (Istituto Giordani, Istituto Comprensivo Giovanni XXIII, Istituto Comprensivo Tancredi Amicarelli), 5 PMI tra cui guide turistiche e operatori del settore turistico, 1 organizzazione di supporto alle imprese (Confcommercio Monte Sant'Angelo).

Obiettivi specifici

Il primo Living Lab ha avuto quattro obiettivi specifici, in coerenza con la metodologia CAMPUS: identificare le vulnerabilità climatiche percepite dalla comunità, comprendere le priorità locali per l'adattamento, esplorare l'accettabilità delle misure di adattamento proposte, valutare le opportunità di integrazione del sistema di monitoraggio CAMPUS nei framework di gestione esistenti del sito.

Percezione del cambiamento climatico

I partecipanti hanno confermato unanimemente la realtà concreta del cambiamento climatico a Monte Sant'Angelo, sottolineando condizioni di caldo estremo e siccità senza precedenti. Sono emersi alcuni elementi di particolare rilevanza per il PAC. Sul piano degli impatti termici, è stato segnalato che le temperature stradali raggiungono 40°C anche nelle ore serali, condizione impensabile per un comune posto a 843 metri di altitudine, e che durante l'inverno è progressivamente venuta meno la copertura nevosa. Sul piano delle vulnerabilità territoriali, alcune aree mostrano temperature significativamente superiori, in particolare le valli esposte a sud come la famosa "Scannamugliera", che diventa difficile da frequentare nelle ore di punta. Le guide

turistiche hanno riferito di sconsigliare ai visitatori passeggiate pomeridiane in questi canyon, a causa dell'accumulo e del rilascio di calore dal suolo.

Una sorpresa rilevante è emersa rispetto alla vulnerabilità del Santuario, tradizionalmente percepito come "massiccio" e indistruttibile. Una guida turistica ha chiesto specificamente se la riduzione del contenuto d'acqua nella roccia calcarea della Grotta possa compromettere gli affreschi longobardi e le epigrafi, e se l'umidità naturale di risalita della Grotta possa essere alterata dal cambiamento climatico, con effetti sulla struttura geomorfologica del sito. Si tratta di una domanda tecnicamente rilevante e ben posta, che ha fatto emergere la consapevolezza che la conservazione del bene è una questione climatica e non solo manutentiva.

Acqua, agricoltura, ecosistemi

Tra i temi più sentiti, il sistema acqua è risultato centrale. La siccità e l'uso illegale dell'acqua sono stati identificati come problemi critici, con presenza di tubazioni non autorizzate lungo i sentieri. Questi fenomeni incidono direttamente sull'agricoltura, sulla zootecnia (con agricoltori costretti ad acquistare acqua per gli animali), perfino sulla pressione idrica negli edifici residenziali. Sul piano ecosistemico, è stata riportata la disseccazione di un'intera fascia di lecceta dopo un'ondata di calore di 4-5 giorni nell'estate precedente: un episodio puntuale ma di forte valore sintomatico, che mostra come anche gli ecosistemi forestali del Gargano, abituati a condizioni mediterranee severe, mostrino segni di stress estremo.

Soluzioni proposte dalla comunità

Dal confronto sono emerse alcune linee di intervento proposte dai partecipanti stessi, che rappresentano un input strategico per il PAC. La prima riguarda la valorizzazione dell'edilizia tradizionale: è emerso il concetto che le vecchie case di Monte Sant'Angelo, con le loro caratteristiche intrinseche di isolamento termico, possono diventare rifugi naturali contro il caldo estivo e il freddo invernale, e quindi acquistare valore patrimoniale e abitativo in uno scenario climatico più severo. La seconda riguarda l'energia rinnovabile: i partecipanti hanno suggerito di esplorare l'energia solare come alternativa nelle aree ad alta esposizione, riconoscendo il sole come "risorsa inesauribile e gratuita", e hanno proposto la promozione di comunità energetiche per superare la dipendenza dai combustibili fossili. La terza riguarda l'educazione: è stata fortemente sottolineata la necessità di coinvolgere bambini e giovani portandoli direttamente sul territorio per osservare gli impatti del cambiamento climatico.

Le vecchie case di Monte Sant'Angelo, con la loro capacità intrinseca di isolamento, possono diventare rifugi naturali e acquistare nuovo valore. La cura del patrimonio edilizio storico non è solo conservazione: è anche adattamento.

Approccio olistico al rischio

Un'osservazione metodologica importante è emersa dal dibattito: il cambiamento climatico amplifica rischi preesistenti come l'instabilità idrogeologica, l'attività sismica e l'inquinamento, e richiede quindi un approccio olistico anziché focalizzato esclusivamente sul clima. Questo riscontro conferma l'impianto multi-rischio adottato dal PAC nella Parte III.

Esito del primo Living Lab

Il primo Living Lab ha conseguito i propri obiettivi attraverso quattro risultati principali, che costituiscono input diretti per la Parte V del PAC. Primo, è emersa una consapevolezza locale del cambiamento climatico chiara e profonda, spesso superiore alle aspettative iniziali (la cittadinanza non si percepisce in una "bolla" protetta dall'altitudine). Secondo, sono state identificate vulnerabilità specifiche territoriali e patrimoniali, con uno stimolo a discutere soluzioni pratiche e l'importanza del coinvolgimento intergenerazionale. Terzo, il processo ha fornito basi fondamentali per comprendere i "sintomi" locali e preparare soluzioni di adattamento scientificamente valide e accettate dalla comunità. Quarto, il workshop ha posto le basi per integrare il sistema di monitoraggio CAMPUS nei framework gestionali locali, creando le condizioni ottimali per il secondo round.

19. Il secondo Living Lab (28 ottobre 2025)

Inquadramento e formato

Il secondo Living Lab si è tenuto il 28 ottobre 2025 presso la Biblioteca Comunale "Ciro Angelillis" di Monte Sant'Angelo. L'evento ha segnato il passaggio dalla percezione del rischio alla definizione delle contromisure, attraverso un processo strutturato di co-creazione. Anche in questo caso è stato adottato il formato World Café. Hanno preso parte ai lavori 12 stakeholder (10 in presenza e 2 online), con una composizione qualitativamente significativa: oltre all'Amministrazione Comunale, erano presenti IUAV come partner scientifico (Professor Francesco Trovò e arch. Federica Parlato), l'ing. Marilina Azzarone come tecnico di riferimento per gli interventi sul Santuario,

l'associazione "Un Monte di Idee" particolarmente attiva sul territorio in materia di cambiamento climatico e sostenibilità, una guida turistica, un istituto scolastico locale (Istituto Comprensivo Giovanni XXIII).

L'analisi multi-rischio IUAV (Prof. Francesco Trovò e arch. Federica Parlato)

Il professor Francesco Trovò ha richiamato l'orientamento metodologico di CAMPUS: integrare adattamento climatico e contromisure nei Piani di Gestione UNESCO. Pur trattandosi di strumenti di "soft law" non vincolanti, i Piani di Gestione fungono da documenti regolatori essenziali che orientano l'azione e che possono successivamente essere recepiti in strumenti vincolanti, inclusi gli strumenti di pianificazione comunale e territoriale. L'approccio metodologico IUAV è strutturato su quattro componenti: identificazione dei valori del sito, definizione dei fattori di rischio, sviluppo di un abaco completo di soluzioni, sottolineatura dei protocolli di monitoraggio. Il monitoraggio costituisce un elemento critico: le misurazioni devono informare l'intero processo decisionale sul bene, permettendo ai gestori e ai tecnici di calibrare gli interventi sulla base di dati empirici. Le misure di adattamento devono essere eseguite progressivamente e sistematicamente nell'ambito di un programma di conservazione strutturato.

L'arch. Federica Parlato ha presentato l'analisi multi-rischio condotta da IUAV su due livelli: l'area urbana (centro storico) e il complesso santuarioale. Gli impatti climatici prioritari identificati sono le precipitazioni intense, i venti forti, le variazioni di temperatura e di umidità. La vulnerabilità del Santuario è risultata particolarmente articolata, in ragione della complessità spaziale e materica del bene. Particolare attenzione è stata dedicata agli affreschi della Grotta, vulnerabili al distacco e al degrado dei materiali causati da processi di evaporazione, fenomeni di condensa, migrazione e ricristallizzazione dei sali solubili. La metodologia analitica adottata ha articolato la struttura del bene in unità costruttive discrete (attacco a terra, strutture in elevato, copertura), permettendo di correlare impatti climatici specifici con livelli di suscettibilità materica calcolati.

L'abaco delle misure (Grey, Green, Soft)

Il team IUAV ha presentato un abaco dettagliato di misure e strategie, articolato in tre categorie: Grey (soluzioni infrastrutturali), Green (soluzioni basate sulla natura, NBS), Soft (soluzioni non fisiche orientate al processo). L'abaco include esempi operativi che spaziano dalla pulitura, desalinizzazione e protezione degli elementi in materiali porosi,

alla manutenzione e revisione dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, all'installazione di sistemi di controllo del microclima interno. L'abaco è disponibile anche in lingua italiana ed è stato distribuito ai partecipanti come strumento operativo.

Stato dell'arte degli interventi sul Santuario (ing. Marilina Azzarone)

L'ing. Marilina Azzarone, persona tecnica di riferimento per il Santuario di San Michele Arcangelo, ha presentato gli interventi già realizzati, molti dei quali condotti prima del Giubileo 2000 per affrontare le criticità legate a maltempo, venti forti e piogge intense. Il restauro dell'Atrio Inferiore ha incluso il restauro conservativo del paramento murario delle pareti perimetrali e l'installazione di una copertura trasparente protettiva contro gli agenti atmosferici. La bussola di ingresso alla Grotta, con struttura in acciaio e ante in vetro, è stata progettata per limitare le correnti d'aria tra i corridoi e l'interno della Grotta, ed è usata anche a protezione delle Porte di Bronzo. Per l'accoglienza dei pellegrini, è stato creato un percorso coperto tramite ascensore, trasformando un cortile precedentemente aperto in spazio coperto, oggi Cappella della Riconciliazione.

L'ing. Azzarone ha portato anche due elementi di evidenza diretta di forte rilevanza per il PAC. Il primo riguarda il periodo COVID: con la chiesa chiusa e meno ventilata, il microclima interno è cambiato in modo significativo, con la comparsa di muffe e colonizzazioni biologiche. Questa è un'evidenza naturale, non sperimentalmente progettata ma molto significativa, della sensibilità microclimatica del bene rispetto al regime di ventilazione e flussi di visitatori. Il secondo riguarda la stabilità strutturale: nella volta della Grotta sono state riscontrate fessurazioni e distacchi, con una porzione potenzialmente in scivolamento. Si tratta di una criticità che integra il quadro di rischio climatico con un rischio strutturale-conservativo che richiede attenzione manutentiva continua.

La sfida per il futuro è garantire la sostenibilità energetica di un complesso monumentale vasto e complesso, riducendone l'impatto ambientale e i costi di gestione. (ing. Marilina Azzarone)

L'ing. Azzarone ha quindi avanzato una proposta operativa di particolare rilievo: esplorare l'integrazione di fonti rinnovabili (solare o eolico) per la gestione energetica e operativa del complesso, da implementare su strutture non strettamente storiche come la Casa del Pellegrino, che si trova nella buffer zone UNESCO ma fuori dall'area di tutela più stringente. Questa proposta è diventata uno dei punti chiave del successivo terzo Living Lab.

Le raccomandazioni emerse

Il dibattito plenario ha prodotto sei raccomandazioni strategiche. Primo, è necessario un framework di doppia protezione che includa sia il patrimonio materiale, sia la sicurezza e la sostenibilità della visita. Secondo, va adottata una logica di conservazione programmata, con un approccio incrementale che il prof. Trovò ha definito "logica delle formichine": interventi continui e di piccola scala, non differibili, perché la frequenza dei fattori di rischio climatico è in aumento. Manutenzioni ordinarie come pluviali, gronde e sistemi di drenaggio sono componenti essenziali della conservazione preventiva. Terzo, gli impatti idrici sono stati definiti "tremendi": è critico verificare la portanza delle coperture e installare sistemi di evacuazione dell'acqua stagnante, anche con pompe e pozzetti di raccolta. L'ing. Azzarone ha aggiunto che, pur con temperature in aumento, il problema del ghiaccio sulle esposizioni a nord rimane un fattore di rischio strutturale rilevante. Quarto, è necessario un monitoraggio dell'erosione materica: misurare la velocità di consumo della pietra causata da piogge acide e pressione del vento. Quinto, l'integrazione di fonti rinnovabili è strategicamente supportata, contingente al coordinamento con la Soprintendenza. Sesto, la gestione dell'umidità nella Grotta richiede attenzione continua: la "spilla" (percolazione naturale d'acqua sul pavimento) è una caratteristica intrinseca dell'ambiente ipogeo, ma comporta rischi conservativi che richiedono monitoraggio ambientale e gestione della ventilazione.

20. Il terzo Living Lab (16 gennaio 2026)

Inquadramento e formato

Il terzo Living Lab di Monte Sant'Angelo si è tenuto il 16 gennaio 2026 presso la Biblioteca Comunale "Ciro Angelillis". L'incontro ha rappresentato il momento culminante del processo partecipativo: il passaggio dalla pianificazione strategica alla co-validazione delle contromisure concrete da implementare nel sito UNESCO. La struttura della giornata è stata duplice: la prima parte, organizzata in formato World Café, ha portato alla definizione condivisa delle contromisure prioritarie; la seconda parte, articolata come workshop tecnico, ha presentato e discusso il sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS. Hanno partecipato 13 stakeholder, tra cui l'ing. Marilina Azzarone, l'associazione "Un Monte di Idee", l'Istituto Comprensivo Giovanni XXIII e numerosi cittadini residenti.

Dal "Cosa" al "Come": le tre contromisure co-validate

Il terzo Living Lab ha portato alla co-validazione, da parte della comunità locale, di tre contromisure climatiche concrete per il sito UNESCO. La co-validazione non è una semplice approvazione: è il punto di arrivo di un processo strutturato in cui le proposte tecniche, presentate in forma concettuale e non come progetti esecutivi finiti, sono state discusse, criticate, perfezionate dagli stakeholder, integrando conoscenza locale, esperienza pratica e valori della comunità. Questo passaggio rafforza significativamente la solidità del PAC in sede di valutazione del progetto CAMPUS: le contromisure non sono scelte d'ufficio, ma soluzioni co-create con la quadruple helix.

Contromisura	Descrizione	Localizzazione	Co-benefici climatici
1. Riqualificazione illuminotecnica sostenibile	Sostituzione integrale dei corpi illuminanti con apparecchi LED ad alta efficienza, sistemi di telecomando e dimming, ottimizzazione spettrale e contenimento dell'inquinamento luminoso	Aree esterne al Santuario ricadenti nella buffer zone UNESCO	Riduzione consumi energetici 75-80%, riduzione emissioni CO ₂ , minor carico termico ed UV/IR sui materiali storici, miglioramento qualità della fruizione serale
2. Impianto fotovoltaico	Pannelli fotovoltaici su strutture non strettamente storiche, con eventuale storage a batteria e potenziale immissione in rete dell'eccedenza	Casa del Pellegrino e altri edifici ancillari in buffer zone, fuori dall'area strettamente tutelata	Generazione di elettricità rinnovabile, riduzione emissioni indirette, autonomia in caso di interruzioni di rete (sempre più frequenti negli scenari climatici estremi)
3. Aree verdi e piantumazione di alberi	Piantumazione strategica di specie native o climate-adapted nelle aree di accesso al Santuario e negli spazi pubblici adiacenti	Spazi pubblici della buffer zone, percorsi di accesso, aree pavimentate del centro storico	Riduzione temperatura locale 2-8°C, temperatura percepita -10/-15°C in ombra durante i picchi caldi, cattura inquinanti, mitigazione isola di calore urbana, biodiversità

Tabella 10 – Le tre contromisure climatiche co-validate nel terzo Living Lab di Monte Sant'Angelo (16 gennaio 2026)

Il PAC integra tutte e tre le contromisure nel proprio catalogo delle azioni (Parte V): la riqualificazione illuminotecnica costituisce l'azione pilota dichiarata del progetto CAMPUS per Monte Sant'Angelo, descritta nella Parte VI; il fotovoltaico su Casa del Pellegrino e le aree verdi sono integrate come misure complementari pianificate, con orizzonte di breve e medio termine, da sviluppare in coerenza con il futuro PAESC del Comune e attraverso ulteriori fonti di finanziamento.

Il sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS

Nella seconda parte del terzo Living Lab è stato presentato e discusso lo strumento di monitoraggio sviluppato dal progetto come output O1.1. Il sistema è organizzato attorno a sei dimensioni di indicatori, in modo da fornire una lettura integrata della vulnerabilità e della resilienza dei siti UNESCO.

Dimensione	Contenuto
1. Gestione e conformità procedurale	Indicatori sulla qualità della gestione del sito, conformità con i requisiti UNESCO, presenza di Piani di Gestione aggiornati
2. Progettazione del sito	Indicatori sulla qualità delle infrastrutture, degli interventi conservativi, della pianificazione fisica del sito
3. Vulnerabilità del patrimonio costruito e naturale	Indicatori sullo stato conservativo del patrimonio materiale e ambientale
4. Vulnerabilità agli impatti climatici	Indicatori climatici e di esposizione ai rischi naturali
5. Indicatori giuridico-istituzionali	Indicatori sul quadro normativo, autorizzativo e di governance
6. Indicatori socio-istituzionali	Indicatori sulla partecipazione della comunità, sulla pressione turistica, sulla percezione del rischio

Tabella 11 – Le sei dimensioni di indicatori del sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS

Il sistema di monitoraggio CAMPUS è progettato per essere applicato in modo coerente a tutti i siti pilota del progetto, in modo da consentire un'analisi comparata tra siti culturali e naturali e di costituire una conoscenza di base condivisa. Per Monte Sant'Angelo, l'integrazione del PAC nella piattaforma è una delle azioni strategiche del Pilastro 1 "Conoscenza e monitoraggio" del catalogo della Parte V.

Esito del terzo Living Lab

Il terzo Living Lab ha conseguito il proprio obiettivo principale di tradurre l'analisi del rischio climatico in misure concrete e implementabili attraverso una co-creazione genuina con gli stakeholder locali. Tre contromisure climatiche integrate sono emerse dal processo con forte validazione comunitaria e strategie di implementazione raffinate. Il Comune di Monte Sant'Angelo dispone ora di un percorso chiaro, fattibile e socialmente validato verso una gestione resiliente al clima del proprio patrimonio UNESCO. Il processo partecipativo ha costruito il capitale sociale e l'impegno istituzionale necessari per il successo dell'implementazione. Le proposte concrete sviluppate collaborativamente offrono punti di partenza pratici che possono dimostrare risultati e costruire momentum per un'azione più ampia.

21. Sintesi delle istanze degli stakeholder

La tabella seguente sintetizza, per ciascuna categoria di stakeholder coinvolta nei tre Living Lab, le principali istanze emerse e la loro traduzione in input strategici per il PAC. La sintesi tiene insieme la voce della comunità con il quadro tecnico-scientifico, in coerenza con l'impostazione quadruple helix adottata da CAMPUS.

Categoria di stakeholder	Istanze principali emerse	Traduzione nel PAC
Amministrazione Comunale	Necessità di interventi visibili e replicabili; integrazione con PUG in corso e con futuro PAESC; opportunità di finanziamento	Azione pilota illuminotecnica; integrazione PAC-PUG-PAESC; coordinamento istituzionale
Gestori del sito (Ordine Padri di San Michele, ing. Azzarone)	Tutela del bene, gestione dei flussi, manutenzione programmata, qualità del microclima interno, sostenibilità energetica del complesso	Monitoraggio microclimatico ipogeo; protocolli gestione visitatori; integrazione FER su Casa del Pellegrino (contromisura 2 del 3° LL)
IUAV (partner scientifico)	Approccio multi-rischio multilivello; abaco Grey/Green/Soft; logica delle formichine; monitoraggio strutturato	Adozione metodologia IUAV; integrazione abaco nel catalogo azioni; sistema monitoraggio a 6 dimensioni
Soprintendenza	Compatibilità degli interventi con valori di tutela; coerenza progettuale; tecnologie reversibili	Co-progettazione dell'azione pilota; criteri CAM e compatibilità materica; FER su strutture non vincolate

Guide turistiche e operatori locali	Qualità della fruizione; sicurezza serale; comfort termico; vulnerabilità percepita dei canyon (Scannamugliera)	Azione pilota illuminotecnica; piano gestione visitatori nei mesi caldi; percorsi alternativi nelle ore di punta
Cittadini residenti	Qualità dello spazio pubblico; siccità e uso illegale dell'acqua; rischio idrogeologico; valore dell'edilizia tradizionale come rifugio climatico	Misure adattamento spazio pubblico; coordinamento gestione acque; valorizzazione del centro storico come patrimonio adattivo
Associazioni religiose e pellegrini	Continuità del culto; accessibilità ai riti; qualità percettiva del sito durante eventi devozionali	Gestione picchi devozionali; protezione delle aree di culto dalle pressioni climatiche
Esperti di conservazione (IUAV, Centro Studi Micaelici)	Cura affreschi ipogei; controllo umidità; prevenzione biodeterioramento; erosione materica delle pietre	Sistema monitoraggio microclimatico e di superficie; restauri programmati; monitoraggio erosione
Associazioni e ONG (Un Monte di Idee, Festambiente Sud, AIGU, Legambiente)	Sensibilizzazione climatica; coinvolgimento intergenerazionale; comunità energetiche	Programmi di educazione climatica scuole; materiali informativi clima per turisti; supporto a comunità energetiche
Istituzioni scolastiche	Educazione climatica; portare i giovani sul territorio per osservare gli impatti	Programmi PAC.4.2 di educazione climatica; collaborazione con istituti del territorio
Imprese e Confcommercio	Stagionalità turistica; comfort termico per visitatori; opportunità di sostenibilità energetica	Coordinamento operatori turistici; sostenibilità energetica del settore

Tabella 12 – Sintesi delle istanze degli stakeholder dei tre Living Lab di Monte Sant'Angelo (26/06/2025, 28/10/2025, 16/01/2026)

PARTE V – STRATEGIA E QUADRO DELLE AZIONI

La Parte V traduce gli obiettivi, l'analisi del rischio e gli esiti del processo partecipativo in un quadro operativo di azioni di adattamento e mitigazione. La strategia adottata è multi-rischio, multilivello e integrata, e si articola in quattro componenti: obiettivi strategici declinati per pilastro tematico, aree prioritarie di intervento, catalogo delle azioni con scheda sintetica, sistema di monitoraggio e governance.

22. Obiettivi strategici del PAC

Gli obiettivi strategici del PAC sono articolati in quattro pilastri, in coerenza con i World Heritage Climate Action Goals e con le Cross-Border Guidelines CAMPUS. Ogni pilastro raggruppa più obiettivi specifici e si traduce in linee d'azione operative.

Pilastro 1 – Conoscenza e monitoraggio

Il primo pilastro consolida la base conoscitiva del sito UNESCO e dei suoi rischi climatici. La logica del pilastro è che senza una base conoscitiva continua e affidabile non è possibile né adattare né mitigare in modo informato. Obiettivi specifici: costruzione di una baseline microclimatica del Santuario (interno ipogeo, aree decorate, ingressi), installazione di un sistema di monitoraggio energetico dell'area pilota, mappatura tecnica dei punti critici di runoff e drenaggio della buffer zone, integrazione dei dati nella piattaforma di monitoraggio cross-border CAMPUS (O1.1).

Pilastro 2 – Adattamento del bene e della buffer zone

Il secondo pilastro affronta direttamente i rischi climatici sul bene materiale e sulla buffer zone. Obiettivi specifici: protezione delle superfici lapidee e degli apparati decorativi dagli effetti combinati di umidità, vento e pioggia battente; gestione del microclima ipogeo in funzione delle condizioni climatiche esterne e dei flussi di visitatori; miglioramento della capacità di drenaggio e gestione delle acque meteoriche nella buffer zone; adeguamento delle infrastrutture leggere dello spazio pubblico (illuminazione, segnaletica, ombreggiamento, sosta) a condizioni climatiche più severe.

Pilastro 3 – Mitigazione e sostenibilità energetica

Il terzo pilastro riduce l'impronta energetica e di emissioni delle attività di gestione del sito UNESCO direttamente controllabili dall'Amministrazione Comunale. Obiettivi specifici: efficientamento energetico dell'illuminazione pubblica della buffer zone (azione pilota), efficientamento energetico degli edifici comunali del centro storico,

valorizzazione delle opportunità di produzione da fonti rinnovabili compatibili con i vincoli di tutela, riduzione progressiva dell'impronta carbonica delle attività di gestione.

Pilastro 4 – Governance, comunicazione e capacity building

Il quarto pilastro garantisce la sostenibilità nel tempo del PAC attraverso la costruzione di una governance stabile e la diffusione della conoscenza climatica. Obiettivi specifici: istituzione di un tavolo permanente di coordinamento tra Amministrazione, gestori del sito, Soprintendenza, Parco Nazionale del Gargano e Regione; integrazione del PAC nel PUG in corso di redazione e nel futuro PAESC; programmi di sensibilizzazione climatica per scuole, operatori turistici e comunità religiose; partecipazione attiva al network internazionale UNESCO sul clima.

23. Aree prioritarie di intervento

Le aree prioritarie di intervento sono individuate sulla base della matrice di rischio, dell'analisi di vulnerabilità e degli esiti del processo partecipativo. Ciascuna area corrisponde a un livello dell'approccio multi-scala adottato dal PAC.

Area prioritaria	Scala	Driver climatici principali	Linea d'azione strategica
Il complesso santuarioale	Bene architettonico e ipogeo	Umidità, microclima ipogeo, pioggia battente, vento	Monitoraggio microclimatico; protezione apparati conservativi; gestione flussi
La buffer zone (centro storico)	Sistema urbano-monumentale	Calore, piogge intense, inquinamento luminoso, runoff	Riqualificazione illuminotecnica; manutenzione drenaggi; comfort spazio pubblico
Il sistema di accesso e mobilità	Connessioni territoriali	Calore, eventi estremi, accessibilità	Mobilità sostenibile; protezione percorsi pellegrinaggio; ombreggiamento
Il contesto territoriale del Gargano	Sistema territoriale	Siccità, incendi, frane	Coordinamento con Parco Nazionale del Gargano e Protezione Civile

Tabella 13 – Aree prioritarie di intervento del PAC

24. Catalogo delle azioni

Il catalogo delle azioni è organizzato per pilastro strategico e per area prioritaria. Ogni azione è caratterizzata da: tipologia (adattamento, mitigazione, integrata), orizzonte temporale (breve, medio, lungo), responsabile primario, eventuali partner attuatori, stima dell'investimento qualora disponibile, indicatori di output.

Convenzioni di lettura del catalogo

Le tipologie di azione sono: A = adattamento, M = mitigazione, I = integrata (adattamento e mitigazione). Gli orizzonti temporali sono: BT = breve termine (entro 2 anni dalla conclusione di CAMPUS), MT = medio termine (2-5 anni), LT = lungo termine (oltre 5 anni). La numerazione segue lo schema PAC.PILASTRO.NUMERO.

Codice	Azione	Tipo	Orizzonte	Responsabile	Indicatori output
PAC.1.1	Installazione sistema monitoraggio microclimatico nel Santuario	A	BT	Comune + Ordine Padri di San Michele	N. sensori attivi, frequenza dati, anni di copertura
PAC.1.2	Censimento e diagnosi energetica illuminazione pubblica area pilota	M	BT	Comune	Inventario punti luce, baseline kWh/anno
PAC.1.3	Mappatura tecnica drenaggio buffer zone	A	BT	Comune	Cartografia punti critici, schede tecniche
PAC.1.4	Sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS (O1.1)	A	BT	IUAV + PP CAMPUS	Integrazione dati MSA nella piattaforma comune
PAC.1.5	Stazione meteo locale ad alta risoluzione nella buffer zone	A	BT	Comune + ARPA Puglia	Stazione operativa, dataset annuale
PAC.2.1	Riqualificazione illuminotecnica buffer zone (AZIONE PILOTA)	I	BT	Comune	N. punti luce sostituiti, kWh risparmiati
PAC.2.2	Manutenzione programmata coperture e gronde del Santuario	A	BT-MT	Ordine Padri di San Michele	Ispezioni annuali, interventi documentati

PAC.2.3	Piano gestione visitatori nei picchi caldi e devozionali	A	BT	Comune + Ordine Padri	Calendario, contapersone, fasce orarie
PAC.2.4	Soluzioni di ombreggiamento e arredo urbano compatibile	A	MT	Comune	Mq di area ombreggiata, materiali compatibili
PAC.2.5	Adeguamento sistema di drenaggio buffer zone	A	MT	Comune	Metri lineari adeguati, eventi gestiti
PAC.2.6	Piano di conservazione programmata affreschi ipogei	A	MT	Soprintendenza + Ordine Padri	Interventi annuali, monitoraggio degrado
PAC.2.7	Aree verdi e piantumazione di alberi nelle aree di accesso al Santuario (contromisura co-validata 3° LL)	A	BT-MT	Comune + Parco Gargano	Mq di area piantumata, specie native impiegate, mq di area ombreggiata
PAC.3.1	Efficientamento energetico edifici pubblici centro storico	M	MT	Comune	kWh ridotti, certificazioni energetiche
PAC.3.2	Studio di fattibilità FER compatibili con la tutela	M	MT	Comune + Soprintendenza	Studio prodotto, scenari valutati
PAC.3.3	Studio di fattibilità FER per il complesso santuarioale (contromisura co-validata 3° LL)	M	BT	Comune + Ordine Padri + Soprintendenza	Studio prodotto, scenari valutati
PAC.3.4	Impianto fotovoltaico su Casa del Pellegrino (a valle dello studio di fattibilità)	M	MT	Ordine Padri + Comune	kWp installati, kWh prodotti/anno, tCO ₂ evitate
PAC.4.1	Istituzione tavolo permanente di governance climatica del sito	I	BT	Comune (coordinatore)	Tavolo attivo, n. riunioni annuali

PAC.4.2	Programmi di educazione climatica scuole MSA	I	BT-MT	Comune + Istituti scolastici	N. classi coinvolte, ore di formazione
PAC.4.3	Materiali informativi clima per turisti e pellegrini	I	BT	Comune + operatori	Materiali distribuiti, n. lingue
PAC.4.4	Partecipazione network UNESCO sul clima	I	BT-LT	Comune	Eventi internazionali, scambi di pratiche
PAC.4.5	Aggiornamento Piano di Emergenza Comunale per eventi climatici estremi	A	MT	Comune + Protezione Civile	Piano aggiornato, esercitazioni
PAC.4.6	Recepimento e integrazione del PAC nel PAESC e nel PUG	I	BT-MT	Comune	Atto di recepimento adottato, corrispondenza azioni PAC-PAESC

Tabella 14 – Catalogo delle azioni del PAC di Monte Sant'Angelo

Il catalogo presenta ventidue azioni distribuite sui quattro pilastri strategici. Le azioni a breve termine (BT) sono prioritarie per il completamento del progetto CAMPUS e per l'attivazione del PAC; le azioni a medio termine (MT) si dispiegano nel quinquennio successivo alla conclusione del progetto; le azioni a lungo termine (LT) costituiscono il quadro di prospettiva al 2050. Tre azioni del catalogo corrispondono alle tre contromisure climatiche co-validate dalla comunità nel terzo Living Lab del 16 gennaio 2026: la riqualificazione illuminotecnica della buffer zone (PAC.2.1), le aree verdi e la piantumazione nelle aree di accesso (PAC.2.7) e lo studio di fattibilità FER per il complesso santuarioale (PAC.3.3), cui si collega l'attuazione conseguente dell'impianto fotovoltaico su Casa del Pellegrino (PAC.3.4). L'azione PAC.2.1, riqualificazione illuminotecnica della buffer zone, è l'azione pilota dichiarata del progetto CAMPUS per Monte Sant'Angelo nell'ambito del WP3, descritta in dettaglio nella Parte VI.

25. Sistema di monitoraggio e valutazione del PAC

Il sistema di monitoraggio del PAC ha una duplice finalità: verificare lo stato di attuazione delle azioni del catalogo, descritte nel capitolo 24, e valutare l'efficacia complessiva del Piano rispetto agli obiettivi strategici e alla riduzione dei rischi climatici sul sito UNESCO. A questi due livelli si affianca un terzo livello, complementare, di

monitoraggio del contesto climatico, che tiene sotto osservazione l'evoluzione dei pericoli e degli impatti già identificati nella matrice di rischio del capitolo 15.

Il sistema è coerente con la piattaforma di monitoraggio cross-border CAMPUS, output O1.1, con i requisiti di reporting biennale del Patto dei Sindaci una volta integrato il PAC nel futuro PAESC del Comune, e con l'orizzonte temporale del Piano, fissato al 2030 come traguardo principale e proiettato al 2050. La struttura a tre livelli consente di distinguere ciò che il Comune sta facendo (attuazione), ciò che le azioni stanno producendo (efficacia) e ciò che accade nel clima locale a prescindere dalle azioni (contesto), evitando di confondere l'avanzamento amministrativo del Piano con la sua reale capacità di ridurre il rischio.

25.1 Monitoraggio dell'attuazione delle azioni

Il monitoraggio dell'attuazione prevede due momenti di verifica: uno intermedio, in programma nel 2028, e uno finale, nel 2031. Entrambi riguardano tutte le azioni del catalogo, ma la verifica intermedia si concentra in via prioritaria sulle azioni a breve termine, la cui attuazione è prevista entro il 2028. La verifica finale del 2031 fornisce la base informativa per la stesura di una nuova versione del PAC, con validità 2031-2035, secondo una logica di revisione ciclica del Piano.

In sede di verifica, lo stato di ciascuna azione è classificato secondo le seguenti categorie:

- **Attuata:** l'azione è stata realizzata, oppure è stata messa in atto attraverso una o più progettualità dedicate. A titolo di esempio, l'azione PAC.2.7 si considera attuata se è stata realizzata almeno una piantumazione negli ambiti previsti dal PAC.
- **Avviata:** sono state predisposte le azioni preliminari e almeno una di queste è stata attuata.
- **Non attuata:** l'azione non ha registrato avanzamenti.
- **Eliminata o aggiunta:** in sede di monitoraggio intermedio l'Amministrazione può eliminare azioni giudicate non più percorribili o aggiungerne di nuove, qualora funzionali al raggiungimento degli obiettivi del PAC.

La verifica intermedia dello stato delle singole azioni consente di valutare l'andamento complessivo del Piano e il suo avanzamento rispetto ai risultati attesi per il periodo 2026-2030, individuando per tempo le criticità, gli ambiti di azione e gli obiettivi che richiedono uno sforzo maggiore. A questo scopo il PAC adotta la griglia di valutazione seguente, che traduce lo stato di avanzamento delle azioni in un giudizio sintetico di andamento, articolato su quattro livelli e riferito ai quattro pilastri strategici del Piano.

Valutazione andamento	Risultati attesi 2028 (verifica intermedia)	Risultati attesi 2031 (verifica finale)
Insufficiente	Performance inferiori ai risultati attesi per il livello Base.	Performance inferiori ai risultati attesi per il livello Base.
Base	Almeno 1 azione avviata per ciascuno dei 4 pilastri. Almeno il 25% delle azioni a breve termine attuate.	Almeno il 50% delle azioni a breve e medio termine avviate per ciascun pilastro. Almeno il 25% delle azioni a breve e medio termine attuate per ciascun pilastro.
Ottimale	Almeno 1 azione avviata per ciascun pilastro. Almeno il 50% delle azioni a breve termine attuate.	Almeno il 75% delle azioni a breve e medio termine avviate per ciascun pilastro. Almeno il 50% delle azioni a breve e medio termine attuate per ciascun pilastro.
Avanzato	Almeno 2 azioni avviate per ciascun pilastro. Almeno il 75% delle azioni a breve termine attuate.	Almeno 1 azione attuata per ciascun obiettivo specifico. Almeno il 75% delle azioni totali attuate.

Tabella 15 – Griglia di valutazione dell'andamento complessivo del PAC

25.2 Monitoraggio dell'efficacia

In occasione del monitoraggio finale è prevista la valutazione dell'efficacia del PAC, basata su una serie di indicatori individuati per ciascun pilastro strategico. Gli indicatori sono costruiti a partire da tre fonti integrate: alcune azioni chiave del catalogo, la cui attuazione a breve e medio termine produce dati utili al monitoraggio; gli indicatori del sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS (O1.1), nelle sezioni pertinenti relative alla preparazione ai cambiamenti climatici e allo stato di conservazione dei siti culturali; gli indicatori del Piano di Gestione UNESCO 2022-2027, laddove utile a ottimizzare la raccolta delle informazioni e a favorire il coordinamento tra strumenti.

A ciascun indicatore è associato un valore di partenza, riferito al 2025, e un risultato o trend atteso al 2030. Per le voci che dipendono da azioni di monitoraggio non ancora attivate, in particolare quelle del Pilastro 1, il valore di partenza è indicato come da rilevare e sarà popolato a valle delle relative azioni. I valori di partenza completi sono raccolti nell'Allegato A (baseline 2025 degli indicatori di efficacia) e nell'Allegato B (baseline di contesto climatico 1991-2020).

Pilastro	Indicatore di efficacia	Valore di partenza (2025)	Risultato / trend atteso (2030)
P1 Conoscenza e monitoraggio	Sensori microclimatici attivi nel Santuario (T, UR, CO ₂ , superficie) – PAC.1.1	0	Almeno 6 sensori attivi entro il 2027

Pilastro	Indicatore di efficacia	Valore di partenza (2025)	Risultato / trend atteso (2030)
	Stazione meteo locale ad alta risoluzione nella buffer zone – PAC.1.5	Assente	Operativa, con dataset annuale, entro il 2028
	Mappatura tecnica dei punti critici di runoff e drenaggio – PAC.1.3	Non disponibile	Cartografia e schede tecniche completate entro il 2027
	Integrazione dei dati di MSA nel Monitoring Tool cross-border CAMPUS – PAC.1.4	Integrazione parziale	Utilizzo degli indicatori delle sezioni pertinenti del Monitoring Tool
P2 Adattamento del bene e della buffer zone	Interventi di manutenzione programmata di coperture e gronde del Santuario – PAC.2.2	Non tracciato	Almeno 2 interventi documentati nel periodo 2026-2030
	Superficie ombreggiata e verde nelle aree di accesso e negli spazi pubblici – PAC.2.4, PAC.2.7	0 mq	In crescita rispetto alla prima mappatura
	Eventi meteo intensi gestiti senza danno conservativo documentato	Non monitorato	100% degli eventi tracciati
	Piano di conservazione programmata degli affreschi ipogei – PAC.2.6	Assente	Piano adottato e almeno 1 ciclo di monitoraggio del degrado completato
P3 Mitigazione e sostenibilità energetica	Punti luce riqualificati nell'area pilota – PAC.2.1	0	100% dei punti luce dell'area pilota entro il 2027
	Risparmio energetico dell'area pilota	Da rilevare con il censimento (PAC.1.2)	Almeno -32% (benchmark GSE), da sostituire con il dato reale
	Emissioni di CO ₂ evitate dall'area pilota	0	Coerente con il risparmio energetico conseguito
	Studio di fattibilità FER e impianto FV su Casa del Pellegrino – PAC.3.3, PAC.3.4	Non avviato	Studio realizzato; impianto dimensionato a valle dello studio
P4 Governance, comunicazione e capacity building	Riunioni del tavolo di governance climatica del sito – PAC.4.1	0	Almeno 2 riunioni l'anno, con report annuale di avanzamento
	Integrazione del PAC nel PUG in redazione e nel futuro PAESC – PAC.4.6	Non recepito	Recepimento formale negli strumenti

Pilastro	Indicatore di efficacia	Valore di partenza (2025)	Risultato / trend atteso (2030)
	Iniziative di educazione e sensibilizzazione climatica realizzate – PAC.4.2, PAC.4.3	0	Almeno 10 iniziative nel periodo 2026-2030
	Percezione del rischio climatico nella comunità (indagine periodica)	Prima rilevazione 2025-2026	Aumento della consapevolezza tra le edizioni dell'indagine

Tabella 16 – Indicatori per il monitoraggio dell'efficacia del PAC, articolati per pilastro strategico

25.3 Monitoraggio del contesto climatico

Il terzo livello del sistema mantiene sotto osservazione l'evoluzione delle condizioni climatiche locali e degli impatti sul sito, in continuità con il quadro climatico del capitolo 12 e con la matrice di rischio del capitolo 15. Questo livello non misura l'azione del Comune ma il contesto entro cui l'azione opera, e fornisce il riferimento per attivare i protocolli di emergenza e per aggiornare la matrice di rischio nelle revisioni del Piano. I valori di partenza coincidono con la baseline climatica 1991-2020 già adottata nel PAC.

Indicatore	Unità	Valore di partenza (1991-2020)	Modalità di monitoraggio
Temperatura media annua	°C	12,5	Rilevazione annuale e confronto con la baseline
Notti tropicali (Tmin > 20 °C)	n/anno	In aumento (rif. Amendola)	Monitoraggio e soglia di attenzione
Giorni estivi (Tmax > 25 °C)	n/anno	In aumento (rif. Amendola)	Monitoraggio annuale
Precipitazione massima giornaliera (RX1day)	mm	141 (massimo del periodo, 2014)	Monitoraggio e attivazione dei protocolli di emergenza
Vento, velocità massima	m/s	26 (2010)	Monitoraggio annuale
Parametri microclimatici interni del Santuario (T, UR, dew point, CO ₂)	vari	Da rilevare (PAC.1.1)	Monitoraggio continuo

Tabella 17 – Indicatori di contesto climatico (elaborazione su dati SCIA, SRACC Puglia e CAMPUS)

25.4 Frequenza, responsabilità e diffusione dei risultati

Le frequenze di rilevazione sono differenziate per livello. Gli indicatori di contesto climatico e gli indicatori energetici dell'area pilota, questi ultimi rilevati in continuo tramite smart meter e telecontrollo, sono aggiornati con cadenza annuale. Gli indicatori di efficacia sono valutati alla verifica finale del 2031, con una lettura intermedia nel 2028

per le voci già popolate. Lo stato di attuazione delle azioni è verificato nei due momenti di monitoraggio del 2028 e del 2031.

La responsabilità del monitoraggio è in capo all'Amministrazione Comunale, che si avvale del tavolo di governance climatica del sito, descritto nel capitolo 26, per la raccolta dei dati presso i soggetti attuatori e per la validazione dei risultati. Il tavolo produce un report annuale di avanzamento del PAC.

I dati di monitoraggio sono pubblicati sul sito istituzionale del Comune di Monte Sant'Angelo, integrati nella piattaforma cross-border CAMPUS (O1.1) e riportati nel reporting biennale del Patto dei Sindaci, una volta integrato il PAC nel futuro PAESC del Comune. La pubblicazione periodica dei risultati ha anche una funzione di sensibilizzazione, in coerenza con il Pilastro 4 del Piano, rendendo trasparente alla comunità l'avanzamento dell'azione climatica sul sito UNESCO.

Ai fini del monitoraggio dell'efficacia si allegano al PAC la baseline 2025 degli indicatori (Allegato A) e la baseline di contesto climatico (Allegato B), che raccolgono i valori di partenza richiamati nelle Tabelle 16 e 17 e ne documentano la fonte. Le voci indicate come da rilevare sono popolate dalle azioni di monitoraggio del Pilastro 1 a valle della loro attivazione.

26. Governance del piano

La governance del PAC è organizzata su tre livelli, in coerenza con la natura multilivello dell'azione climatica per il Patrimonio Mondiale UNESCO.

Livello locale – Tavolo permanente di governance climatica

L'Amministrazione Comunale di Monte Sant'Angelo istituisce un Tavolo permanente di governance climatica del sito UNESCO, con funzione di coordinamento, monitoraggio e revisione del PAC. Il Tavolo include: il Comune di Monte Sant'Angelo (coordinatore), l'Ordine dei Padri di San Michele (gestore del Santuario), la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Barletta-Andria-Trani e Foggia, l'Ente Parco Nazionale del Gargano, la Diocesi di Manfredonia-Vieste-San Giovanni Rotondo, l'Associazione Italia Langobardorum, rappresentanti di operatori turistici e guide locali, rappresentanti della comunità (in particolare istituti scolastici). Il Tavolo si riunisce almeno due volte l'anno e produce un report annuale di avanzamento del PAC.

Livello regionale e nazionale – Coordinamento istituzionale

Il Comune partecipa al coordinamento con la Regione Puglia (Dipartimento Ambiente, Paesaggio e Qualità Urbana e Dipartimento Protezione Civile) per l'integrazione del PAC nella SRACC e nelle politiche regionali del Patto dei Sindaci. A livello nazionale, il Comune si interfaccia con il Ministero della Cultura per la dimensione di tutela e con il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica per la dimensione climatica.

Livello internazionale – Network UNESCO e CAMPUS

Al termine del progetto CAMPUS, il Comune mantiene attiva la partecipazione al network dei siti UNESCO sull'azione climatica, garantendo continuità delle relazioni con il Lead Partner Comune di Ferrara, con IUAV come partner scientifico e con i partner croati. Il PAC è progettato per essere uno strumento dinamico, aggiornato attraverso il sistema di monitoraggio cross-border CAMPUS anche dopo la conclusione del progetto.

Aggiornamento del PAC

Il PAC è soggetto a revisione triennale, con possibilità di revisione anticipata in caso di eventi climatici estremi che comportino modifiche significative del quadro di rischio o in caso di aggiornamento del Piano di Gestione UNESCO. Le revisioni sono approvate dall'Amministrazione Comunale previo parere del Tavolo permanente di governance climatica.

27. Risorse e finanziamenti

L'attuazione delle azioni del catalogo, descritte nel capitolo 24, richiede risorse economiche diversificate. Oltre alle risorse che i soggetti attuatori possono destinare attingendo ai propri bilanci ordinari, il PAC può avvalersi di una pluralità di canali di finanziamento, dedicati al patrimonio culturale e alla sua conservazione, alla transizione ecologica e all'aumento della capacità di adattamento dei territori più vulnerabili. Il presente capitolo non costituisce un piano finanziario vincolante, ma una mappa ragionata delle fonti attivabili, da aggiornare nel tempo e da associare progressivamente alle singole azioni in sede di programmazione. La scelta della fonte dipende dalla natura dell'azione, dal soggetto attuatore e dall'orizzonte temporale, e va orientata alla combinazione di più strumenti, evitando sovrapposizioni e doppi finanziamenti.

27.1 Finanziamenti di derivazione UNESCO e internazionale

A livello internazionale, l'UNESCO mette a disposizione, attraverso il World Heritage Fund, finanziamenti specifici per la protezione dei siti del Patrimonio Mondiale, per quanto si tratti di risorse fortemente competitive e di importo contenuto, più adatte ad

attività di assistenza preparatoria e di emergenza che a interventi strutturali. A queste si affiancano ulteriori opportunità periodiche del mondo UNESCO, che il sito può valutare anche in sinergia con la rete seriale di appartenenza:

- le iniziative dedicate al coinvolgimento dei giovani, come la **World Heritage Volunteers Initiative** (WHV), utili a sostenere attività di sensibilizzazione e capacity building, coerenti con il Pilastro 4;
- i premi periodici a sostegno della ricerca scientifica su temi ambientali, sociali ed educativi, da intercettare in collaborazione con i partner scientifici del progetto.

La natura seriale del sito, parte de “I Longobardi in Italia. I luoghi del potere (568-774 d.C.)”, è un elemento di forza da valorizzare: la candidatura congiunta con gli altri componenti della rete, coordinata dall'Associazione Italia Langobardorum, può rendere più competitivo l'accesso a bandi sovraordinati e ripartire i costi di progettazione.

27.2 Programmi europei

I programmi europei a gestione diretta e di cooperazione territoriale rappresentano il canale più adatto alle azioni a contenuto innovativo, di ricerca e di networking. Tra i principali:

- il Programma **LIFE**, in particolare il sottoprogramma dedicato all'azione per il clima, idoneo a finanziare interventi dimostrativi di adattamento e di efficientamento;
- il Programma **Horizon Europe**, orientato alla ricerca e all'innovazione, da affrontare preferibilmente in partenariato con enti scientifici quali lo IUAV;
- l'iniziativa **Interreg**, nelle sue declinazioni di cooperazione transnazionale e interregionale, tra cui il Programma Italia-Croazia che ha finanziato il progetto CAMPUS da cui deriva il presente PAC, oltre a Euro-MED e Interreg Europe, particolarmente adatti alla prosecuzione delle reti avviate e alla capitalizzazione dei risultati.

27.3 Risorse nazionali

Il canale nazionale più rilevante e diretto per un sito UNESCO culturale è la **Legge n. 77 del 20 febbraio 2006**, specificamente dedicata alle misure speciali di tutela e fruizione dei siti italiani iscritti nella Lista del Patrimonio Mondiale, che finanzia interventi di valorizzazione, monitoraggio e conservazione e il finanziamento dei piani di gestione. Si tratta dello strumento più coerente con la natura del sito e va posto al centro della strategia di finanziamento del PAC, in continuità con il Piano di Gestione. A questo si affiancano:

- i fondi del Ministero della Cultura per i beni culturali e quelli del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica per l'adattamento e l'efficientamento energetico;
- il **Fondo Italiano per il Clima** e i fondi connessi all'attuazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), oltre al Fondo per lo Sviluppo e la Coesione (FSC);
- le risorse straordinarie di programmi come il **PNRR**, per le linee ancora attive coerenti con cultura, efficienza energetica e transizione ecologica;
- i fondi destinati al patrimonio culturale ecclesiastico, ad esempio i contributi dell'8xmille della CEI per i beni culturali, canale pertinente considerata la natura del Santuario quale luogo di culto e la titolarità ecclesiastica del bene.

Si segnala che le linee di finanziamento del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica dedicate ai siti naturali UNESCO non sono pertinenti a Monte Sant'Angelo, che è un sito culturale. La leva nazionale del Piano è pertanto concentrata sulla Legge n. 77/2006, sui fondi per i beni culturali e sui canali dedicati al patrimonio ecclesiastico, coerenti con la natura del bene.

27.4 Risorse regionali della Regione Puglia

La Regione Puglia, in qualità di Coordinatore territoriale del Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia, mette a disposizione dei Comuni supporto tecnico e finanziario, uno sportello dedicato e strumenti operativi. In particolare:

- la **Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC)**, avviata con DGR n. 1575 del 17 settembre 2020, con la relativa Struttura di Supporto e la Piattaforma delle Azioni, che costituiscono il quadro regionale di riferimento per l'adattamento e una fonte di misure già selezionate per ambito territoriale;
- l'**Avviso pubblico a sportello per la redazione dei PAESC con emissione di voucher**, approvato con DGR n. 130 del 20 giugno 2022 dalla Sezione Transizione Energetica, che sostiene i Comuni aderenti al Patto dei Sindaci con un contributo proporzionato agli abitanti, utile a finanziare l'integrazione del PAC nel futuro PAESC comunale;
- il **Programma Regionale Puglia FESR-FSE+ 2021-2027** e il Complemento per lo Sviluppo Rurale (CSR Puglia 2023-2027), con le linee dedicate all'adattamento, alle infrastrutture verdi e blu, alla rigenerazione urbana e all'energia, da intercettare attraverso i bandi regionali via via attivati.

27.5 Strumenti del territorio e leve innovative

Le donazioni volontarie e le forme di raccolta fondi presso cittadini, imprese e fruitori del sito possono finanziare o cofinanziare interventi di importo contenuto e, al tempo

stesso, svolgere una funzione di sensibilizzazione, coerente con il Pilastro 4. Tra le leve attivabili, con la doppia valenza di reperire risorse e informare, il PAC individua:

- l'**Art Bonus**, il credito d'imposta per le erogazioni liberali a sostegno della cultura previsto dalla Legge n. 106 del 29 luglio 2014, su cui caricare progetti legati all'adattamento del bene monumentale. La sua applicabilità al complesso santuarioale va verificata caso per caso, poiché il regime presuppone la proprietà pubblica del bene o forme di gestione o concessione a soggetti pubblici; per gli interventi sugli spazi pubblici della buffer zone, di titolarità comunale, lo strumento è invece direttamente utilizzabile;
- il **crowdfunding** rivolto alla comunità e ai pellegrini, attraverso piattaforme dedicate, su progetti circoscritti e ad alto valore simbolico;
- le **Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)**, che rappresentano una leva doppia: strumento di mitigazione, coerente con il Pilastro 3 e con le azioni sulle fonti rinnovabili, e meccanismo di finanziamento attraverso la tariffa incentivante gestita dal GSE sull'energia condivisa. Si segnala che il contributo a fondo perduto del PNRR sulle CER è riservato ai Comuni con popolazione inferiore a 5.000 abitanti, soglia superata da Monte Sant'Angelo, che conta poco più di 11.000 abitanti; per il Comune la leva resta quindi la tariffa incentivante del GSE, attivabile a prescindere dalla dimensione demografica.

27.6 Raccordo tra fonti di finanziamento e pilastri del PAC

La tabella seguente associa, in via orientativa, le principali fonti ai pilastri e alle tipologie di azione più pertinenti. Costituisce la base per assegnare a ciascuna azione del catalogo una o più fonti prioritarie in sede di programmazione operativa.

Fonte di finanziamento	Livello	Pilastri e azioni più pertinenti	Tipo di azione
L.77/2006 (siti UNESCO)	Nazionale	P1, P2, P4 – conoscenza, conservazione del bene, piani e monitoraggio	Strutturale e di piano
Fondi MiC per i beni culturali e 8xmille CEI	Nazionale	P2 – conservazione del Santuario e degli affreschi ipogei	Strutturale
MASE, Fondo Italiano per il Clima, PNACC, FSC	Nazionale	P2, P3 – adattamento e efficientamento energetico	Strutturale
LIFE	Europeo	P2, P3 – interventi dimostrativi di adattamento e mitigazione	Strutturale e dimostrativa
Horizon Europe	Europeo	P1 – ricerca, monitoraggio, microclima	Ricerca
Interreg (Italia-Croazia, Euro-MED, Europe)	Europeo	P1, P4 – reti, capitalizzazione, capacity building	Networking e ricerca
PR Puglia FESR-FSE+ e CSR Puglia	Regionale	P2, P3 – verde, drenaggio, energia, rigenerazione	Strutturale

Fonte di finanziamento	Livello	Pilastri e azioni più pertinenti	Tipo di azione
Avviso voucher PAESC (DGR 130/2022)	Regionale	P4 – integrazione del PAC nel PAESC	Di piano
World Heritage Fund e premi UNESCO	Internazionale	P4 – sensibilizzazione e ricerca	Soft
Art Bonus	Locale	P2, P3 – spazi pubblici della buffer zone (bene pubblico)	Strutturale
Crowdfunding ed erogazioni liberali	Locale	P4 e interventi puntuali ad alto valore simbolico	Soft
Comunità Energetiche Rinnovabili (GSE)	Locale	P3 – fonti rinnovabili e autoconsumo	Strutturale e di leva

Tabella 18 – Raccordo orientativo tra fonti di finanziamento, pilastri strategici e tipologie di azione

Il presidio della ricerca dei bandi e l'aggiornamento di questa mappa sono affidati al tavolo di governance climatica del sito, descritto nel capitolo 26, che ne riferisce nel report annuale di avanzamento. La combinazione tra fonti diverse, calibrata sull'orizzonte temporale delle azioni, e l'integrazione del PAC nel PAESC comunale sono le condizioni che rendono il Piano effettivamente attuabile oltre la durata del progetto CAMPUS.

PARTE VI – AZIONE PILOTA: RIQUALIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA DELLA BUFFER ZONE

La Parte VI descrive l'azione pilota del progetto CAMPUS per Monte Sant'Angelo: la riqualificazione illuminotecnica delle aree esterne al Santuario ricadenti nella buffer zone. L'azione pilota è la contromisura del WP3 per il sito di Monte Sant'Angelo nella categoria delle light infrastructure solutions previste dall'attività A.3.3. La sua descrizione in questo Piano è funzionale a chiarire motivazioni, contenuti, compatibilità con il regime di tutela, impatti attesi e modalità di monitoraggio.

L'azione pilota non è un intervento illuminotecnico tradizionale. È una misura integrata di adattamento e mitigazione che utilizza la leva diretta dell'efficientamento dell'illuminazione pubblica per produrre simultaneamente: riduzione dei consumi energetici e delle emissioni, miglioramento del comfort serale negli scenari di stress termico estivo, contenimento dell'inquinamento luminoso, valorizzazione percettiva del sito UNESCO, riduzione del carico manutentivo a lungo termine.

28. Motivazioni e coerenza dell'intervento

Perché l'illuminazione come azione pilota

La scelta della riqualificazione illuminotecnica come azione pilota per Monte Sant'Angelo deriva dalla convergenza di sette ragioni. La prima è la coerenza con il framework CAMPUS: le light infrastructure solutions sono previste come categoria di contromisura del WP3 (attività A.3.3). La seconda è la praticabilità: l'Amministrazione Comunale ha titolarità diretta sull'infrastruttura, può progettare e attuare l'intervento senza dipendenze da altri soggetti per la titolarità del bene. La terza è la visibilità: l'intervento è immediatamente percepibile dalla comunità e dai visitatori, e ha quindi un valore dimostrativo e divulgativo. La quarta è la replicabilità: una volta validato il modello sull'area pilota, è replicabile su altre porzioni del centro storico. La quinta è il carattere no-regret: anche in assenza di scenari climatici severi, l'efficientamento dell'illuminazione genera benefici economici, ambientali e percettivi. La sesta è la convergenza con l'analisi del rischio: l'azione contribuisce simultaneamente alla riduzione di rischi diretti (inquinamento luminoso) e indiretti (gestione dei flussi serali nei picchi caldi). La settima, decisiva sul piano della legittimazione, è la co-validazione partecipativa: la contromisura è stata co-creata e validata dalla comunità locale nel

terzo Living Lab del 16 gennaio 2026, come una delle tre contromisure climatiche emerse dal processo CAMPUS per Monte Sant'Angelo, accanto al fotovoltaico su Casa del Pellegrino e alle aree verdi nelle aree di accesso al Santuario.

Co-benefici climatici dell'azione

L'azione pilota produce co-benefici climatici su tre livelli. Sul livello adattivo, l'illuminazione efficiente migliora la qualità della fruizione notturna e può contribuire, se integrata con una corretta gestione dello spazio pubblico, a distribuire meglio permanenze e flussi nelle ore serali durante i periodi di caldo, riducendo criticità di affollamento e disagio termico nelle finestre orarie più severe. Questa componente di adattamento è qualitativa e dovrà essere verificata attraverso monitoraggio dei flussi e indicatori di comfort, non assunta automaticamente. Sul livello mitigativo, la riduzione dei consumi energetici dell'illuminazione pubblica riduce direttamente le emissioni di CO₂ indirette generate dalla gestione del sito UNESCO, contribuendo all'obiettivo di neutralità climatica al 2050. Sul livello di tutela, una illuminazione progettata correttamente riduce l'inquinamento luminoso, controlla l'abbagliamento, migliora uniformità e sicurezza della piazza antistante la Basilica e valorizza il bene con una gerarchia luminosa coerente.

Coerenza con il Piano di Gestione UNESCO 2022-2027

L'azione si inserisce direttamente nell'obiettivo strategico Infrastrutture del Piano di Gestione UNESCO 2022-2027, che prevede il potenziamento dei collegamenti tra i diversi beni componenti, l'attenzione alla riduzione dell'impatto ambientale del settore e la qualità degli spostamenti. Contribuisce inoltre all'obiettivo Conservazione attraverso il miglioramento della qualità ambientale del sistema urbano di accesso al bene, e all'obiettivo Turismo attraverso il miglioramento della fruizione serale del centro storico in chiave sostenibile.

29. Descrizione dell'intervento

Perimetro dell'intervento

Il perimetro dell'intervento coincide con le aree esterne al Santuario ricadenti nella buffer zone UNESCO. L'azione interessa la piazza antistante la Basilica, gli assi prospettici di accesso, le scalinate e i tratti pavimentati storici di immediata prossimità del complesso monumentale. Il perimetro definitivo sarà identificato in fase di

progettazione esecutiva, in coerenza con il quadro dei vincoli e con l'esito del censimento dei punti luce.

Tipologia di intervento

L'intervento prevede la sostituzione integrale dei corpi illuminanti esistenti con apparecchi a LED ad alta efficienza, conformi ai Criteri Ambientali Minimi del MASE per il servizio di illuminazione pubblica e per la fornitura di apparecchi di illuminazione. Gli apparecchi LED utilizzati avranno efficienze luminose superiori ai requisiti minimi GSE (almeno 105 lm/W con sistema ottico, almeno 120 lm/W senza sistema ottico) e saranno integrati con sistemi di telecontrollo e regolazione del flusso luminoso (dimming) per ottimizzare i consumi nelle diverse fasce orarie e adattare l'illuminazione alle condizioni d'uso.

Il progetto adotta un approccio prestazionale alla riqualificazione illuminotecnica, integrando obiettivi di efficienza energetica, qualità percettiva e tutela. La gerarchia luminosa è progettata per valorizzare gli elementi monumentali principali (Santuario, Castello, complesso di San Pietro) senza creare contrasti eccessivi né dispersione luminosa verso l'alto. I valori di illuminamento e luminanza rispettano i requisiti normativi per la sicurezza pubblica e le indicazioni delle norme UNI sulla riqualificazione illuminotecnica nei centri storici.

Componenti tecniche dell'intervento

Componente	Descrizione	Riferimenti normativi
Sostituzione corpi illuminanti	Apparecchi LED ad alta efficienza, design compatibile con contesto storico	CAM MASE; UNI EN 13201
Sistema di telecontrollo	Gestione remota dei punti luce, programmazione fasce orarie	CAM MASE; benchmark GSE
Regolazione del flusso (dimming)	Modulazione del flusso luminoso in funzione di fasce orarie, eventi, presenze	CAM MASE; benchmark GSE
Smart metering	Misurazione continua dei consumi a livello di quadro elettrico	Linee Guida PAESC Puglia; reporting
Contenimento inquinamento luminoso	ULOR $\leq 1\%$, controllo temperatura colore, gestione luce diffusa	CAM MASE; L.R. Puglia 15/2005
Documentazione di baseline	Censimento, diagnosi energetica, rilievo illuminotecnico ante operam	Benchmark GSE; reporting CAMPUS

Tabella 19 – Componenti tecniche dell'intervento di riqualificazione illuminotecnica

30. Compatibilità con il regime di tutela

L'intervento ricade integralmente nella buffer zone UNESCO e in larga parte in area sottoposta a vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs. 42/2004. La compatibilità con il regime di tutela è quindi requisito di progettazione fin dall'origine. Il PAC adotta tre criteri operativi per garantire la compatibilità.

Criterio 1 – Design compatibile

Gli apparecchi illuminanti utilizzati hanno forma, materiali e dimensioni compatibili con il contesto storico e paesaggistico del centro storico di Monte Sant'Angelo. Sono escluse soluzioni di design contemporaneo aggressivo che possano alterare la lettura paesaggistica del bene. I corpi illuminanti sono fissati alle facciate o ai supporti esistenti senza alterare la morfologia storica delle vie e delle piazze, privilegiando, ove tecnicamente possibile, soluzioni a sospensione tra edifici già presenti nella tradizione locale.

Criterio 2 – Reversibilità

Le installazioni sono progettate per essere reversibili, ovvero rimovibili senza danni alle strutture storiche e sostituibili con tecnologie future senza interventi invasivi sulle murature. Le passaggi cavi utilizzano, ove possibile, percorsi tecnologici esistenti.

Criterio 3 – Co-progettazione con Soprintendenza

L'intervento è co-progettato con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Barletta-Andria-Trani e Foggia. La Soprintendenza è coinvolta dalla fase di studio di fattibilità, con tre passaggi chiave: condivisione del perimetro e dei criteri di intervento prima della progettazione esecutiva, parere paesaggistico sul progetto esecutivo, sopralluogo congiunto in fase di collaudo. Questo schema operativo previene contestazioni in fase avanzata di progetto e garantisce che il risultato sia formalmente compatibile con i valori di tutela.

Sintesi del quadro autorizzativo

L'intervento richiede autorizzazione paesaggistica ai sensi dell'art. 146 del D.Lgs. 42/2004, eventuale autorizzazione architettonica se l'area include beni vincolati monumentalmente, e segnalazione certificata di inizio attività edilizia per i lavori. Il

quadro autorizzativo specifico sarà definito in fase di progettazione esecutiva sulla base del perimetro definitivo e delle scelte tecniche.

31. Impatti attesi e analisi parametrica

L'analisi degli impatti attesi è organizzata su quattro dimensioni: energetica, climatica, qualitativa, gestionale. Per la dimensione energetica e climatica, in assenza del censimento dei punti luce dell'area pilota, l'analisi è parametrica, costruita sul benchmark GSE per gli impianti di illuminazione pubblica a LED, e dovrà essere sostituita da valori reali a valle del censimento.

Impatti energetici parametrici su base ipotetica

Il benchmark GSE per il retrofit di lampade SAP (sodio alta pressione) da 100 W con corpi illuminanti LED da 160 lm/W stima un risparmio energetico di circa il 32%, pari a 26,7 MWh/anno su una scala di 200 lampade, mantenendo livelli illuminotecnici pari o superiori alla configurazione ante intervento. Applicando questo benchmark al caso di Monte Sant'Angelo e dichiarando esplicitamente la natura parametrica delle stime, il risparmio medio unitario è di circa 133,5 kWh/anno per punto luce. La tabella seguente sintetizza scenari parametrici di risparmio energetico per ipotesi diverse di numero di punti luce e di regolazione del flusso. Si tratta di stime prudenziali, non di valori di progetto.

Scenario	Ipotesi	Risparmio annuo stimato
20 punti luce	Solo sostituzione LED (benchmark GSE 32%)	ca. 2,7 MWh/anno
40 punti luce	Solo sostituzione LED (benchmark GSE 32%)	ca. 5,3 MWh/anno
20 punti luce	LED + regolazione del flusso (40-50%)	ca. 3,4-4,2 MWh/anno
40 punti luce	LED + regolazione del flusso (40-50%)	ca. 6,7-8,4 MWh/anno
60 punti luce	LED + regolazione del flusso (40-50%)	ca. 10,1-12,6 MWh/anno

Tabella 20 – Scenari parametrici di risparmio energetico (benchmark GSE, valori da validare con censimento)

La regolazione del flusso (dimming) consente un risparmio aggiuntivo rispetto alla sola sostituzione LED, in particolare nelle fasce orarie a bassa presenza (tipicamente dopo le 24:00). La fascia parametrica del 40-50% è prudenziale ed è coerente con scenari analoghi documentati nella letteratura tecnica del settore.

Impatti climatici: stima di riduzione emissioni

La conversione del risparmio energetico in riduzione di emissioni di CO₂ utilizza il fattore di emissione medio della rete elettrica italiana per il consumo finale, attualmente stimato attorno a 0,28 kgCO₂/kWh. Su questa base, gli scenari parametrici producono le seguenti stime di riduzione di emissioni.

Scenario	Risparmio energetico	Riduzione emissioni CO ₂
20 punti luce, LED solo	ca. 2,7 MWh/anno	ca. 0,76 tCO ₂ /anno
40 punti luce, LED + dimming 45%	ca. 7,5 MWh/anno (media)	ca. 2,10 tCO ₂ /anno
60 punti luce, LED + dimming 45%	ca. 11,3 MWh/anno (media)	ca. 3,17 tCO ₂ /anno

Tabella 21 – Stima parametrica di riduzione delle emissioni CO₂ dell'azione pilota

Impatti qualitativi e gestionali

Gli impatti qualitativi e gestionali sono di tre tipi. Sulla qualità dello spazio pubblico, l'intervento migliora uniformità di illuminazione, percezione di sicurezza, leggibilità della gerarchia urbana e percettiva del bene. Sulla gestione operativa, l'intervento riduce significativamente i costi manutentivi (la vita utile dei LED è 3-5 volte superiore a quella delle lampade SAP), abilita gestione predittiva dei guasti grazie al telecontrollo, riduce le interruzioni di servizio. Sulla qualità ambientale, l'intervento riduce l'inquinamento luminoso e mantiene un livello di emissione adeguato per non interferire con il quadro biologico notturno del Parco Nazionale del Gargano.

32. Roadmap di implementazione

L'azione pilota è strutturata in cinque fasi, da realizzarsi entro la conclusione del progetto CAMPUS (31 luglio 2026) per le fasi 1-3 e nei due anni successivi per le fasi 4-5. La roadmap è coerente con le tempistiche del progetto e con i requisiti di rendicontazione del Programma Interreg Italia-Croazia.

Fase	Attività	Output	Periodo
1. Censimento e diagnosi	Censimento puntuale dei punti luce dell'area pilota; rilievo illuminotecnico ante operam; misura dei consumi e dei profili di accensione; restituzione cartografica	Database punti luce; relazione di baseline energetica e illuminotecnica	Q2 2026

2. Progettazione	Studio di fattibilità tecnico-economica; co-progettazione con Soprintendenza; progettazione preliminare ed esecutiva; verifica CAM	Progetto esecutivo conforme CAM; parere Soprintendenza	Q2-Q3 2026
3. Conclusione fase CAMPUS	Disseminazione, redazione output O3 (assessment del WP3); integrazione nel monitoraggio cross-border O1.1	Report finale CAMPUS; dati integrati piattaforma	Q3 2026
4. Realizzazione	Affidamento dei lavori; esecuzione dell'intervento; smart metering; messa in servizio del sistema di telecontrollo	Impianto in esercizio; collaudo tecnico-funzionale	2026-2027
5. Monitoraggio post operam	Monitoraggio dei consumi e dei parametri illuminotecnici; verifica dei KPI; eventuale taratura del dimming	Report annuale; aggiornamento KPI	2027 in poi

Tabella 22 – Roadmap di implementazione dell'azione pilota

33. Monitoraggio dell'azione pilota

Il monitoraggio dell'azione pilota è strutturato su quattro dimensioni: energetica, climatica, qualitativa, gestionale. Gli indicatori sono integrati nel sistema di monitoraggio del PAC (capitolo 25) e nella piattaforma cross-border CAMPUS (output O1.1).

Dimensione	KPI	Unità	Baseline	Target
Energetica	Consumo annuo area pilota	kWh/anno	da rilevare	-32% (min. GSE)
Energetica	Consumo unitario per punto luce	kWh/punto/anno	da rilevare	ridotto del 32-50%
Energetica	Ore di accensione effettive	h/anno	ca. 4.200 (GSE)	ottimizzate con dimming
Climatica	Emissioni CO ₂ evitate	tCO ₂ /anno	0	coerente con risparmio kWh
Qualitativa	Uniformità illuminamento (U ₀)	-	da rilevare	conforme UNI EN 13201
Qualitativa	ULOR (dispersione verso l'alto)	%	da rilevare	≤ 1% (CAM MASE)

Qualitativa	Temperatura colore	K	da rilevare	3000 K (riferim. ambito storico)
Gestionale	Tempo medio risoluzione guasti	giorni	da rilevare	ridotto con telecontrollo
Gestionale	Costi manutentivi annui	€/anno	da rilevare	ridotti del 40-60% (riferim. LED)

Tabella 23 – KPI di monitoraggio dell'azione pilota

Frequenza e modalità del monitoraggio

I KPI energetici sono monitorati in continuo attraverso lo smart meter di quadro e attraverso il sistema di telecontrollo. I KPI climatici sono calcolati su base annuale a partire dai KPI energetici. I KPI qualitativi sono misurati al collaudo e successivamente con frequenza biennale o in occasione di interventi manutentivi significativi. I KPI gestionali sono monitorati in continuo dal gestore dell'impianto e ricondotti a sintesi annuale.

I dati di monitoraggio dell'azione pilota sono pubblicati sul sito istituzionale del Comune di Monte Sant'Angelo, integrati nella piattaforma cross-border CAMPUS (output O1.1) e riportati nel reporting biennale del Patto dei Sindaci una volta integrato il PAC nel futuro PAESC del Comune.

34. Replicabilità e scalabilità

Replicabilità sul centro storico di Monte Sant'Angelo

L'azione pilota è progettata come modello replicabile sull'intero centro storico di Monte Sant'Angelo. La buffer zone copre 16,82 ettari e include numerose vie, piazze e percorsi non interessati dall'intervento pilota. La replicabilità prevede di estendere progressivamente il modello (sostituzione LED, telecontrollo, dimming, criteri CAM, controllo dell'inquinamento luminoso) a porzioni successive del centro storico, secondo un cronoprogramma da definire nel PAESC comunale. Una scalatura a tutto il centro storico potrebbe generare risparmi energetici cumulati nell'ordine di decine di MWh/anno e ridurre significativamente le emissioni di CO₂ del settore illuminazione pubblica.

Replicabilità nel network UNESCO

L'azione pilota di Monte Sant'Angelo è progettata per essere replicabile anche in altri siti UNESCO con caratteristiche simili: centri storici stratificati, buffer zone urbane estese, presenza di vincoli paesaggistici, esposizione a stress climatico mediterraneo. La metodologia, i criteri di compatibilità con la tutela, lo schema di KPI e il modello di governance sono trasferibili a contesti analoghi. Nel quadro CAMPUS, il modello sarà condiviso con i partner del progetto e con il network internazionale UNESCO sull'azione climatica.

Scalabilità sul vettore mitigazione

L'azione pilota è il primo passo di una traiettoria di mitigazione che il Comune potrà sviluppare nel PAESC. Le linee di sviluppo includono: efficientamento energetico degli edifici pubblici del centro storico, studio di fattibilità per integrazione di fonti rinnovabili compatibili con i vincoli di tutela, riduzione dell'impronta energetica degli eventi religiosi e turistici (illuminazione temporanea, audio, climatizzazione), promozione della mobilità sostenibile nei percorsi di accesso al sito. L'integrazione tra PAC e PAESC, prevista come azione PAC.4.6 del catalogo, è la condizione strutturale per attivare questa traiettoria.

NOTA METODOLOGICA E FONTI

Il presente Piano di Adattamento Climatico è stato sviluppato dal Comune di Monte Sant'Angelo nell'ambito del progetto Interreg Italia-Croazia CAMPUS (ID ITHR0200358) come output O2.1 di progetto. La metodologia adottata è coerente con la metodologia di progetto definita nei deliverable D.2.1.1 (Living-lab collaborative methodology) e D.2.2.1 (Cross-border Guidelines of Climate Change Plans and Counter-Measures).

Fonti utilizzate

Il PAC integra fonti tecnico-scientifiche, normative e di progetto, con priorità alle fonti ufficiali della Regione Puglia, dell'ISPRA, dell'UNESCO e del partenariato CAMPUS.

- Regione Puglia (2023), Indirizzi per la stesura della Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC) e annessi tecnici (ALL01-ALL06).
- Regione Puglia (2024), Linee Guida PAESC Puglia.
- ISPRA, banca dati SCIA – Sistema nazionale per la raccolta e diffusione di dati climatologici (<https://scia.isprambiente.it/>).
- ISPRA (2021), Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia.
- ISPRA, piattaforma IdroGEO e Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI) – <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi>.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/>.
- IPCC (2022), Sixth Assessment Report, Working Group II, Chapter 13: Europe.
- UNFCCC, Italy's Eighth National Communication (2023).
- UNESCO (2023), Policy Document on Climate Action for World Heritage – <https://whc.unesco.org/en/documents/204421>.
- UNESCO World Heritage Centre, Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention (WHC.25/01, 16 luglio 2025) – <https://whc.unesco.org/en/guidelines/>.
- UNESCO World Heritage Centre, sito seriale "The Longobards in Italy. Places of the Power (568-774 A.D.)", ID 1318 – <https://whc.unesco.org/en/list/1318/>.
- Associazione Italia Langobardorum, Piano di Gestione 2.0 del sito UNESCO 2022-2027.
- Progetto CAMPUS – Climate Adaptation Plans for UNESCO Sites, Interreg Italia-Croazia – <https://www.italy-croatia.eu/web/campus>.

- CAMPUS, deliverable D.1.1.2 UNESCO sites data analysis (IUAV, 2025).
- CAMPUS, deliverable D.1.2.1 UNESCO vulnerability and sensitivity risk analysis (IUAV).
- CAMPUS, deliverable D.1.2.2 Adaptive capacity and resilience of UNESCO sites (IUAV).
- CAMPUS, deliverable D.1.3.1 Climate change risk scenarios for UNESCO sites (IUAV).
- CAMPUS, deliverable D.2.1.1 Living-lab collaborative methodology.
- CAMPUS, deliverable D.2.1.2 Living labs climate change plans and counter-measures reports – Report on the 1st, 2nd and 3rd Living Lab held in Monte Sant'Angelo (26/06/2025, 28/10/2025, 16/01/2026)
- CAMPUS, deliverable D.2.2.1 Cross-border Guidelines of Climate Change Plans and Counter-Measures.
- GSE, Guide settoriali Illuminazione Pubblica a LED – <https://www.gse.it>.
- MASE, Criteri Ambientali Minimi (CAM) per illuminazione pubblica – <https://www.mase.gov.it/portale/-/cam-vigenti>.
- D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42, Codice dei beni culturali e del paesaggio.
- Legge 20 febbraio 2006 n. 77, Misure speciali di tutela e fruizione dei siti italiani di interesse culturale, paesaggistico e ambientale, inseriti nella lista del patrimonio mondiale UNESCO.
- Comune di Monte Sant'Angelo – <https://www.montesantangelo.it/>.
- Ente Parco Nazionale del Gargano, Piano AIB – <https://www.parcogargano.it/ente/piani/piano-aib/>.
- Protezione Civile Regione Puglia, Zone di allerta – <https://protezionecivile.regione.puglia.it/zone-di-allerta>.

ALLEGATO A – BASELINE 2025 DEGLI INDICATORI DI EFFICACIA

L'allegato raccoglie i valori di partenza al 2025 degli indicatori di efficacia richiamati nella Tabella 16, con la relativa fonte e l'azione che li popola. Le voci indicate come da rilevare dipendono da azioni di monitoraggio del Pilastro 1 non ancora attivate e saranno popolate a valle della loro attuazione.

Indicatore (azione)	Valore di partenza (2025)	Fonte	Popolato da
Sensori microclimatici attivi nel Santuario (PAC.1.1)	0	rilevo diretto	PAC.1.1
Stazione meteo locale ad alta risoluzione nella buffer zone (PAC.1.5)	assente	rilevo diretto	PAC.1.5
Mappatura tecnica dei punti critici di runoff e drenaggio (PAC.1.3)	non disponibile	rilevo diretto	PAC.1.3
Integrazione dei dati di MSA nel Monitoring Tool cross-border CAMPUS (PAC.1.4)	integrazione parziale	piattaforma O1.1	PAC.1.4
Interventi di manutenzione programmata di coperture e gronde (PAC.2.2)	non tracciato	gestore del sito	PAC.2.2
Superficie ombreggiata e verde nelle aree di accesso (PAC.2.4, PAC.2.7)	0 mq	rilevo diretto	PAC.2.4, PAC.2.7
Eventi meteo intensi gestiti senza danno conservativo documentato	non monitorato	gestore del sito	PAC.2.2, PAC.2.5
Piano di conservazione programmata degli affreschi ipogei (PAC.2.6)	assente	Soprintendenza	PAC.2.6
Punti luce riqualificati nell'area pilota (PAC.2.1)	0	censimento PAC.1.2	PAC.2.1
Risparmio energetico dell'area pilota	da rilevare	censimento PAC.1.2	PAC.1.2, PAC.2.1
Emissioni di CO ₂ evitate dall'area pilota	0	calcolo sui dati di consumo dell'area pilota	PAC.1.2, PAC.2.1
Studio di fattibilità FER e impianto FV su Casa del Pellegrino (PAC.3.3, PAC.3.4)	non avviato	atti comunali	PAC.3.3, PAC.3.4
Riunioni del tavolo di governance climatica del sito (PAC.4.1)	0	verbali del tavolo	PAC.4.1
Integrazione del PAC nel PAESC e nel PUG (PAC.4.6)	non recepito	atti comunali	PAC.4.6
Iniziative di educazione e sensibilizzazione climatica (PAC.4.2, PAC.4.3)	0	registro attività	PAC.4.2, PAC.4.3
Percezione del rischio climatico nella comunità	prima rilevazione 2025-2026	indagine periodica	PAC.4.2, PAC.4.3

Tabella A1 – Baseline 2025 degli indicatori di efficacia del PAC.

ALLEGATO B – BASELINE DI CONTESTO CLIMATICO (1991-2020)

L'allegato documenta i valori di partenza degli indicatori di contesto climatico richiamati nella Tabella 17, con la fonte distinta per ciascun indicatore.

Indicatore	Unità	Valore di partenza	Fonte
Temperatura media annua	°C	12,5	SCIA / SRACC Puglia
Notti tropicali (Tmin > 20 °C)	n/anno	in aumento (rif. Amendola)	SRACC / Amendola
Giorni estivi (Tmax > 25 °C)	n/anno	in aumento (rif. Amendola)	SRACC / Amendola
Precipitazione massima giornaliera (RX1day)	mm	141 (massimo del periodo, 2014)	SCIA
Vento, velocità massima	m/s	26 (2010)	CAMPUS
Parametri microclimatici interni del Santuario (T, UR, dew point, CO ₂)	vari	da rilevare (PAC.1.1)	PAC.1.1

Tabella A2 – Baseline di contesto climatico 1991-2020. Gli indicatori giornalieri riferiti ad Amendola sono proxy di scala provinciale, non misure locali del centro storico di Monte Sant'Angelo. Il valore del vento deriva dalla serie CAMPUS 2010-2024 della stazione di Monte Sant'Angelo e non dalla serie SCIA 1991-2020.