

**Amazon Data Services Italy srl**

## Progetto di Data Center Edificio A e Edificio B (Rho/Pero)

ADS Italy srl – Progetto di Data Center Edificio A e Edificio B (Rho/Pero)

Studio di Impatto Ambientale

SIA\_All.13 - Relazione settoriale – Framework di sostenibilità

Reference: n/a

A |04 Ottobre 2024

This report takes into account the particular instructions and requirements of our client. It is not intended for and should not be relied upon by any third party and no responsibility is undertaken to any third party.

Job number 302720-70 | 302724-70

**Ove Arup & Partners**  
Corso Italia 1  
Milan, 20122  
Italy  
[arup.com](http://arup.com)

## Document Verification

**Project title** ADS Edificio A & Edificio B  
**Document title** ADS Edificio A & Edificio B \_Studio di impatto ambientale\_ SIA\_All.13 -Relazione settoriale – Framework -di sostenibilità  
**Job number** 302720-70 | 302724-70  
**Document ref** n/a  
**File reference**

Revision	Date	Filename			
A	04/10/2024	<b>Description</b>	ADS Edificio A & Edificio B _Studio di impatto ambientale_ Allegato 13 - Relazione settoriale – Framework di sostenibilità		
			<b>Prepared by</b>	<b>Checked by</b>	<b>Approved by</b>
		<b>Name</b>	FB	SA	PC
			GS	AM	
			AM		
			EA		
			SA		
		<b>Signature</b>			
		<b>Filename</b>			
		<b>Description</b>			
			<b>Prepared by</b>	<b>Checked by</b>	<b>Approved by</b>
		<b>Name</b>			
		<b>Signature</b>			
		<b>Filename</b>			
		<b>Description</b>			
			<b>Prepared by</b>	<b>Checked by</b>	<b>Approved by</b>
		<b>Name</b>			
		<b>Signature</b>			

Issue Document Verification with Document



## Sommario

1.	Introduzione	4
2.	Efficienza energetica e produzione di energia da fonti rinnovabili	5
2.1	Introduzione	5
2.2	Approccio adottato	5
2.3	Requisiti	5
2.4	Spazi condizionati	6
2.5	Prestazioni dell'involucro	7
2.6	Fotovoltaico	9
2.7	Punti di ricarica e predisposizioni per veicoli elettrici	10
2.8	Risultati verifiche normative	11
3.	Materiali a basso contenuto di carbonio (Embodied Carbon)	12
3.1	Introduzione	12
3.2	Metodologia	12
3.3	Misure di riduzione del carbonio incorporato	13
4.	Adattamento e resilienza	20
4.1	Trend climatici in atto	20
4.2	Evoluzione potenziale del clima locale	22
4.3	Ricadute sul design, monitoraggio variabili climatiche e valutazione periodica	28
5.	Gestione idrica sostenibile	29
6.	Bibliografia	31

# 1. Introduzione

Il presente report riassume gli approcci in tema di sostenibilità previsti in coerenza con quanto proposto all'interno delle Linee guida per le procedure di valutazione ambientale dei Data center (D.D. VA n. 257 del 02/08/2024) per il progetto di costruzione di un Data centre nei comuni di Rho e Pero in provincia di Milano.

Nel 2019, Amazon ha co-fondato The Climate Pledge, un impegno a raggiungere emissioni nette di carbonio pari a zero entro il 2040, dieci anni prima dell'accordo di Parigi. Nell'ambito di questo impegno, Amazon ha alimentato le sue operazioni globali con il 100% di energia rinnovabile entro il 2023 (con sette anni di anticipo rispetto all'obiettivo originario del 2030).

Amazon è il più grande acquirente aziendale di energia rinnovabile al mondo e ha annunciato 512 progetti di energia rinnovabile in 22 Paesi del mondo, che rappresentano oltre 20 gigawatt (GW) di capacità di energia rinnovabile. Una volta a regime, il portafoglio globale di energia rinnovabile di Amazon genererà più di 77.000 gigawattora (GWh) di energia rinnovabile, ovvero l'equivalente dell'elettricità necessaria per alimentare 7,3 milioni di case ogni anno. In Italia, i progetti di energia rinnovabile si concentrano sulle aziende agricole solari di Mazara e Paternò, che contribuiranno con 66 megawatt (MW) alla rete locale e alimenteranno più di 20.000 abitazioni, con un risparmio di oltre 62.000 t/CO<sub>2</sub> all'anno, equivalente alla piantumazione di oltre 3 milioni di alberi. Amazon sta inoltre pianificando un ulteriore progetto solare su scala utility nel sud Italia che, una volta operativo, produrrà 40 MW di energia rinnovabile.

Amazon Data Services Italy srl (ADS) è una società interamente controllata da Amazon Web Services (AWS), la divisione di cloud computing e servizi web di Amazon.

AWS si è impegnata a essere Water positive entro il 2030 e per farlo sta aumentando l'uso di fonti idriche più sostenibili, migliorando l'efficienza nell'uso dell'acqua in tutte le proprie operazioni, riutilizzando l'acqua il più possibile e sostenendo progetti di rifornimento idrico a sostegno di comunità e con finalità ambientali in tutto il mondo

AWS, infine, è membro fondatore e firmatario del Climate Neutral Data Centre Pact che prevede un impegno alla minimizzazione dei consumi di acqua ed energia.

L'obiettivo del report è, quindi, quello di inquadrare i principi aspetti di sostenibilità rilevanti per la progettazione, costruzione e per l'operatività del Data center, per questo, si concentra sui seguenti aspetti:

- Efficienza energetica, in particolare con riferimento all'involucro e produzione di energia da fonte rinnovabile (cfr. relazione Legge 10 per maggiori dettagli);
- Minimizzazione dell'impronta carbonica dell'edificio, in fase di costruzione, grazie ad un approccio molto sfidante e ambizioso nella scelta dei materiali e delle tecniche costruttive;
- Analisi dell'effetto potenziale dei cambiamenti climatici, ;
- Strategia di gestione idrica locale allineata agli impegni citati in termini di gestione dell'acqua.

## 2. Efficienza energetica e produzione di energia da fonti rinnovabili

### 2.1 Introduzione

Questa sezione del documento descrive i requisiti normativi nazionali in termini di efficienza energetica e le verifiche di conformità condotte durante la fase di progettazione.

Il codice nazionale copre principalmente due aspetti:

- Le prestazioni dell'involucro edilizio;
- Le prestazioni dei sistemi HVAC e delle fonti rinnovabili.

### 2.2 Approccio adottato

I due edifici (Edificio A ed Edificio B) sono composti da una parte uffici (zona admin nel progetto), dalla parte preponderante relativa all'elaborazione dati (zona datahall) e dai locali elettrici al suo servizio.

Secondo le disposizioni del D.d.u.o 18 dicembre 2019 / n. 18546, punto 3.2 dell'Allegato, sono esclusi dall'applicazione delle verifiche secondo ex Legge 10 *gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono climatizzati per esigenze del processo produttivo*; pertanto, la porzione del data center ospitante le data hall non è soggetta a verifiche di legge poiché il condizionamento è relativo a fini produttivi/industriali.

La porzione di edificio soggetta a verifiche previste dalla normativa vigente ex Legge 10/91 (DM 26/06/2015 e decreto regionale 18546 del 18/12/2019) è, quindi, l'area amministrativa (zona admin) del data center, la cui progettazione impiantistica è stata condotta al fine di garantire il comfort degli occupanti. I requisiti per quest'area sono descritti ai punti 2.4 e 2.5. I requisiti definiti dal Dlgs 199/2021e dal Dlgs 48/2020 relativamente alle fonti rinnovabili e ai punti di ricarica e predisposizioni per i veicoli elettrici, trattati rispettivamente nelle sezioni 2.6 e 2.7, fanno invece riferimento agli edifici nel loro complesso.

La categoria di utilizzo dell'edificio in progetto ricade nella E.8 - Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili, la tipologia di intervento è una Nuova costruzione.

### 2.3 Requisiti

Il decreto regionale 18546 del 18/12/2019 che ricalca i regolamenti nazionali (DM 26/06/2015) con alcune modifiche definisce i requisiti minimi di efficienza energetica da soddisfare per ogni categoria di edificio e tipologia di intervento e le modalità per calcolare il fabbisogno energetico degli edifici.

In questa fase della progettazione, sono state effettuate delle verifiche preliminari di conformità alla normativa vigente per i seguenti aspetti:

#### Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione $H'_t$

Questo requisito limita le dispersioni termiche complessive per ridurre al minimo i carichi di riscaldamento e i relativi consumi energetici.

Nel calcolo del coefficiente  $H'_t$  sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- superficie esterna lorda opaca;
- superficie vetrata lorda per ogni orientamento di facciata;
- trasmittanza termica dei componenti opachi (U-value in  $W/m^2K$ );
- trasmittanza termica dei componenti vetriati (U-value in  $W/m^2K$ ).

Il valore limite di  $H'_t$  da soddisfare è determinato in base alla zona climatica del progetto e al rapporto tra superficie dell'involucro e volume dell'edificio.

### Area solare equivalente $A_{sol,eq}$

Il parametro della superficie vetrata equivalente limita i guadagni solari per ridurre al minimo i carichi di condizionamento e i relativi consumi energetici.

Nel calcolo del coefficiente  $A_{sol,eq}$  sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- superficie vetrata lorda per ogni orientamento di facciata;
- fattore solare (g-value) dei componenti vetrati;
- fattore di ombreggiamento del sistema di schermatura (elementi esterni e/o interni);
- ombreggiamento proprio dell'edificio e/o ombra portata degli elementi circostanti;
- superficie di pavimento dell'edificio.

### Indice di prestazione termica utile per riscaldamento $EP_{H,nd}$ e Indice di prestazione termica utile per raffrescamento $EP_{C,nd}$

Gli indici di prestazione termica utile per riscaldamento e per raffrescamento limitano il consumo energetico associato rispettivamente al riscaldamento e al raffrescamento dell'edificio e tengono conto solamente dell'involucro edilizio, senza considerare i sistemi impiantistici.

La normativa richiede che i valori calcolati per il progetto non superino gli indici di prestazione termica di un edificio di riferimento con la stessa geometria e lo stesso orientamento, ma con valori di trasmittanza U, valori di fattore solare g fissati dalla legge.

### Indice di prestazione energetica globale & Efficienza media stagionale

Gli indici di prestazione energetica globale ed efficienza media stagionale considerano la prestazione complessiva del sistema involucro-impianto-rinnovabili, evidenziando se l'edificio consuma di meno dell'edificio di riferimento e se i sistemi impiantistici proposti sono più efficienti dei sistemi standard previsti da legge.

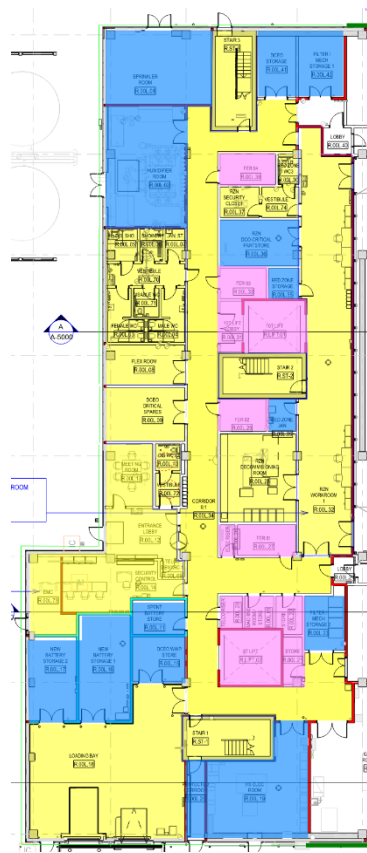
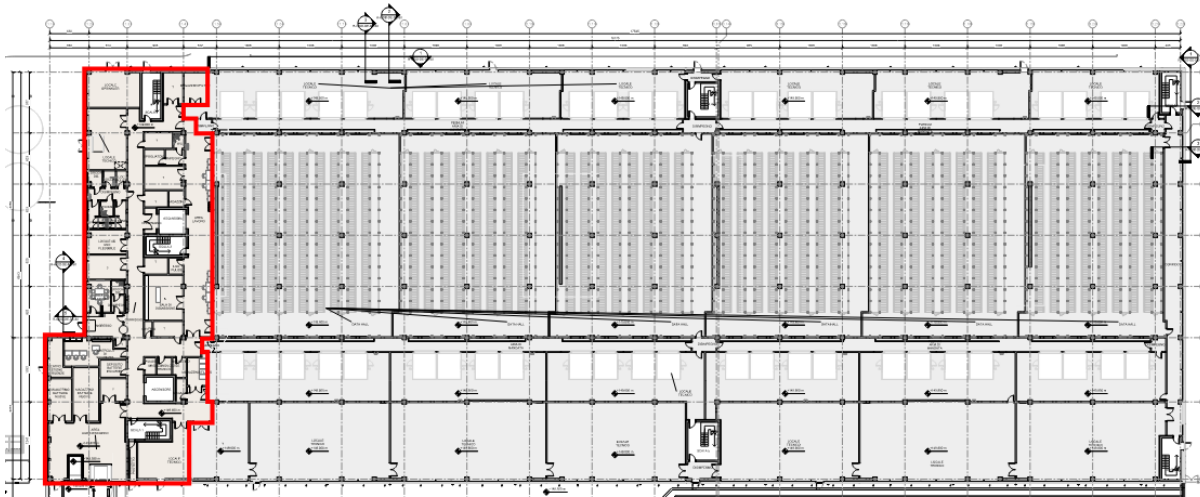
### Copertura rinnovabile termofrigido e acqua calda sanitaria

La normativa sull'energia richiede inoltre che il 60% del consumo energetico di energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione e la produzione di acqua calda sanitaria sia coperto da energia rinnovabile (generata in sito da fotovoltaico, copertura dalla quota parte di energia rinnovabile immessa sulla rete nazionale e dall'energia termica recuperata dall'ambiente attraverso le pompe di calore).

## **2.4 Spazi condizionati**

Come anticipato al punto precedente, sono escluse dalle verifiche di legge le zone climatizzate per esigenze del processo industriale, come in questo caso l'area ospitante la data hall.

La linea termica dell'involucro così individuata delimita l'area amministrativa, climatizzata al fine del comfort degli occupanti e soggetta a verifiche di efficienza energetica, da quella della data hall.



L'ala amministrativa dell'Edificio A e dell'Edificio B si caratterizza di tre diverse tipologie di locali:

- Locali, con o senza permanenza di persone, climatizzati per esigenze di comfort e dunque soggetti a verifiche di ex Legge 10/91 (giallo);
- Locali tecnici, con o senza permanenza di persone, climatizzati per esigenze di processo, e dunque non soggetti a verifiche di ex Legge 10/91 (blu);
- Locali, senza permanenza di persone, non climatizzati e dunque non soggetti a verifiche di ex Legge 10/91 (rosa)

## 2.5 Prestazioni dell'involucro

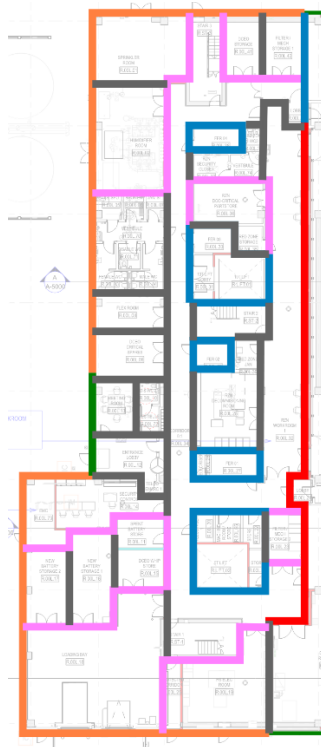
Le verifiche previste dalla normativa vigente a cui è soggetto il data center Edificio A ed Edificio B sono determinate facendo riferimento all'ambito della Nuova costruzione e alla categoria E.8 - Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili.

Tra esse si annovera il soddisfacimento delle prestazioni minime dell'involucro edilizio, tradotte in termini di trasmittanza limite per strutture opache verticali e orizzontali e chiusure tecniche trasparenti.

Le aree soggette a verifica di conformità con il codice nazionale sono quelle relative all'ala amministrativa, dove la progettazione impiantistica è stata condotta ai fini del comfort degli occupanti e non per attività di processo (come nelle data hall).

Nella tabella sottostante si riportano rispettivamente i valori di trasmittanza di riferimento per legge (ed altri parametri associati ai componenti di involucro) e quelli adottati nella progettazione in riferimento all'area amministrativa.

Cod.	Componente	U riferimento [W/m <sup>2</sup> K]	Altro riferimento [-]	U progetto [W/m <sup>2</sup> K]	Altri dati di progetto [-]
M1	Muro verso esterno	0.26	-	0.23	-
M2	Muro vs locali non climatizzati	0.32	-	0.26	-
M3	Muro verso data hall	N/A	-	0.26	-
M4	Muro vs locali tecnici condizionati	N/A	-	0.26	-
D	Divisorio interno	-	-	-	-
W1	Facciata continua	1.40	g-value=0.35	1.40	g-value=0.30 SF=0.60
S1	Solaio controterra	0.26	-	0.12	-
C1	Copertura	0.22	Riflettanza > 65%	0.20	Riflettanza > 70%
-	Porte opache esterne	1.40	-	1.40	-



La porzione di data hall, come anticipato, non è soggetta a verifiche di legge sul suo funzionamento perché condizionata per esigenze di processo. Inoltre, non presenta neanche requisiti indiretti sull'involucro



perimetrale come per i locali non climatizzati che confinano con l'esterno e con locali climatizzati (trasmissione massima  $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), poiché la temperatura della data hall è garantita dal processo industriale e non si prevedono dispersioni di calore per l'area admin in fase invernale.

La data hall non presenta quindi requisiti da verificare secondo normativa sulle prestazioni dell'involucro, si è tuttavia proceduto ad ottimizzarne le prestazioni termiche e fisiche, garantendo:

- un minimo isolamento del tetto con uno strato di 70mm di poliuretano PIR ( $U=0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e una finitura ad alta riflettanza ( $SRI>82$ ) per ridurre gli apporti solari attraverso la componente opaca dell'involucro orizzontale;
- Una finitura non scura delle chiusure esterne opache per ridurre gli apporti solari tramite la componente opaca dell'involucro verticale e un isolamento ridotto (pannello sandwich con un nucleo isolante in poliuretano PIR di 45mm e  $U=0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) per permettere la dispersione del calore interno;
- Un pavimento controterra non isolato per favorire il deflusso del calore verso il suolo.

## 2.6 Fotovoltaico

### 2.6.1 Contesto normativo di riferimento

Il d.lgs. 199/2021, «Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili», definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota minima del 30% di energia da fonti rinnovabili al 2030.

Le disposizioni contenute nel decreto sono necessarie all'attuazione delle misure del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) in materia di energia da fonti rinnovabili, conformemente al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC).

Secondo l'Art. 26 del d.lgs. 199/2021 gli edifici di nuova costruzione devono prevedere l'utilizzo di fonti rinnovabili, rispettando entrambi i requisiti sottoindicati:

- Requisito elettrico: una potenza minima di fotovoltaico (kWp) pari al 5% dell'impronta dell'edificio (sia spazi condizionati per comfort occupanti che per motivazioni industriali) per gli edifici di nuova costruzione;
- Requisito termico: il contemporaneo rispetto della copertura del 60% dei:
  - consumi di energia primaria previsti per la produzione di acqua calda sanitaria;
  - somma dei consumi di energia primaria previsti per la produzione di acqua calda sanitaria, climatizzazione invernale e climatizzazione estiva.

Per rispondere alle prescrizioni richieste dal d.lgs. 199/2021 è stata calcolata la potenza minima di picco richiesta sulla base dell'impronta dell'edificio complessivo che include sia area admin e datahall:

- Impronta dell'Edificio A e dell'Edificio B\* =  $12'000+7000 \text{ m}^2$
- Potenza minima di picco (nuova costruzione) =  $19'000*0.05= 950 \text{ kWp}$

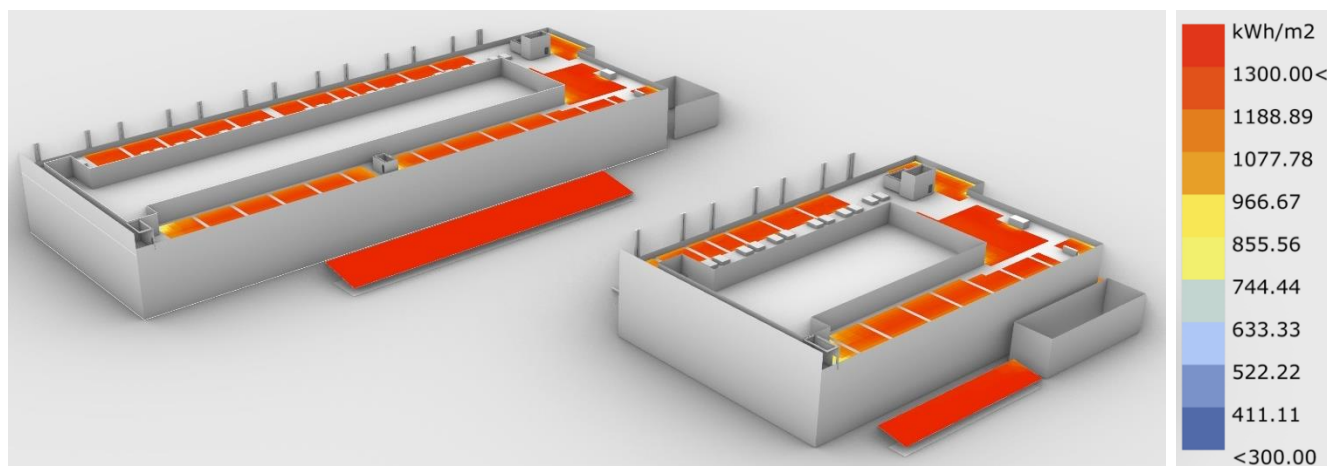
\*Sono esclusi dal calcolo tettoie ed altri oggetti

### 2.6.2 Analisi di radiazione solare

Per ottemperare al d.lgs 199/2021, verificare il soddisfacimento della producibilità richiesta e predimensionare i pannelli fotovoltaici, è stata condotta un'analisi dettagliata della radiazione solare incidente sull'edificio.

L'analisi della radiazione solare sulle superfici orizzontali disponibili (si faccia riferimento all'immagine sotto) ha permesso di mappare e analizzare gli effetti del sole sull'area geografica per lo specifico intervallo di tempo

selezionato, tenendo conto della latitudine e dell'altitudine del sito, dell'orientamento, degli spostamenti giornalieri e stagionali dell'angolo solare e degli effetti delle ombre proiettate dalla topografia circostante.



Il file climatico di riferimento per l'analisi è l'ASHRAE IWEC2 di Milano Linate 160800 proveniente dalla banca dati sviluppata dal progetto di ricerca RP-1477 ASHRAE, il quale copre il periodo di tempo tra il 1986 ed il 2011.

L'analisi è stata condotta su un arco di tempo annuale, a partire dall'ora 01:00 del 1° Gennaio fino all'ora 00:00 del 31 Dicembre.

L'edificio di progetto è stato modellato tenendo conto della localizzazione geografica, rappresentando gli ombreggiamenti dell'edificio (impianti, extracorsa ascensori, etc).

Le superfici dell'edificio su cui è stata valutata la radiazione solare incidente, dov'è prevista l'installazione dei pannelli fotovoltaici, sono la copertura e le pensiline dei parcheggi.

Dai risultati ottenuti si evidenzia un buon soleggiamento che permette di ipotizzare una produzione specifica intorno a 1000 kWh/kW<sub>p</sub>, per totali circa 1000MWh di produzione rinnovabile annuale.

## 2.7 Punti di ricarica e predisposizioni per veicoli elettrici

Secondo la normativa vigente (d.lgs 48/2020), per edifici non residenziali di nuova costruzione è necessario provvedere alternativamente a:

- La dotazione di almeno 1 punto di ricarica per veicoli elettrici;
- La previsione di infrastrutture di canalizzazione, vale a dire condotti per cavi elettrici, per almeno il 20% dei posti auto, al fine di consentire anche in una fase successiva di installare ulteriori punti di ricarica per veicoli elettrici.

Inoltre, la direttiva europea EPBD, approvata nel 2024 e che entrerà in vigore nei prossimi 18 mesi (giugno 2025), introdurrà un requisito ancora più stringente per quanto riguarda la realizzazione di canalizzazioni interrato negli sviluppi esistenti (ovvero almeno il 50% dei posti auto previsti).

Stando invece alle prescrizioni dell'aggiornamento al 2024, in bozza a settembre 2024, del Decreto dei Requisiti Minimi (D.M. 26 giugno 2015) per edifici non residenziali di nuova costruzione con parcheggio situato all'interno o adiacente, risulta necessario provvedere contemporaneamente a:

- La dotazione di 2 punti di ricarica per VE ogni 20 posti auto (per n° posti auto tot. tra 21-100) di tipologia A ( $P_n \geq 7.4\text{kW}$  e con almeno  $32^\circ$  per ogni singola fase);
- Per almeno 1 posto auto su 5 realizzazione di infrastrutture di canalizzazione per l'impianto mediante tubi corrugati di diametro d
  - interna alle strutture murarie:  $d > 25\text{ mm}$ ;
  - interrata:  $d > 90\text{ mm}$ .

I posti auto attualmente previsti a progetto sono complessivamente 109 per l'intero masterplan, divisi tra 69 per l'Edificio A e 41 per l'Edificio B; analizzando i requisiti normativi sopra menzionati e confrontandoli con il progetto base del cliente si ottengono 12 punti di ricarica (7+5) e 23 predisposizioni per i veicoli elettrici (14+9) attraverso realizzazione di infrastrutture di canalizzazione per futura posa dell'impianto.

Tali calcoli saranno confermati dopo l'entrata in vigore del decreto aggiornamento sui Requisiti Minimi.

## **2.8 Risultati verifiche normative**

Tutte i requisiti normativi sono soddisfatti grazie alla scelta di un involucro efficiente, con limitate porzioni vetrate schermate da tende basso-emissive, alla scelta di impianti ad alta efficienza senza uso di fonti fossili e all'esteso impianto fotovoltaico integrato in copertura e sulle pensiline.

## 3. Materiali a basso contenuto di carbonio (Embodied Carbon)

### 3.1 Introduzione

Amazon Web Services (AWS) ha obiettivi espliciti per ridurre le emissioni legate all'acquisto di beni e servizi (carbonio incorporato). Le misure introdotte e perseguite nel progetto mirano a minimizzare il carbonio incorporato del nuovo intervento progettuale, attraverso l'applicazione di un Approccio al Ciclo di Vita (Life Cycle Approach LCA).

Questo documento è in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione di AWS verso il **2040 – Net Zero Carbon**, come definito negli Obiettivi di Sostenibilità di AWS. Al fine di perseguire i propri obiettivi, AWS ha sviluppato dei requisiti per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers, delineando delle soglie limite per il carbonio incorporato nei materiali chiave che compongono la costruzione dell'impianto e fornendo indicazioni per ridurre gli impatti legati al cantiere (non affrontati nella fase attuale del progetto). I requisiti identificati da AWS per le emissioni di carbonio incorporato dei materiali più impattanti nella costruzione del data center (ossia calcestruzzo, acciaio, asfalto e alluminio) per i moduli A1-A3 dell'LCA, mirano a ridurre al minimo le emissioni di CO<sub>2</sub>e legate all'estrazione delle materie prime, al trasporto e alla produzione di prodotti da costruzione, promuovendo l'adozione dei materiali più innovativi e a basso contenuto di carbonio disponibili sul mercato.

Attualmente, il progetto non è ancora nella fase di approvvigionamento dei materiali. Pertanto, la verifica di questi aspetti dovrà essere riconsiderata durante la fase di approvvigionamento e fornita in modo tempestivo per poter influenzare efficacemente il design.

### 3.2 Metodologia

Le seguenti attività sono state svolte al fine di allinearsi agli obiettivi di riduzione delle emissioni carbonio incorporato di AWS:

1. Revisione dei requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers
2. Verifica della capacità del mercato italiano di fornire materiali e prodotti da costruzione conformi alle specifiche e alle soglie limite di carbonio incorporato delineate nei requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers per i materiali identificati
3. Identificazione di ulteriori misure e strategie progettuali per la riduzione del carbonio incorporato e l'implementazione di principi di economia circolare, contribuendo ulteriormente alla decarbonizzazione del progetto

Il paragrafo seguente è articolato in sottosezioni specifiche per i materiali identificati, seguendo i requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers, e illustra i principi chiave per l'integrazione di soluzioni progettuali a basso contenuto di carbonio.

ELEMENTO COSTRUTTIVO	MATERIALE
STRUTTURE	Calcestruzzo prefabbricato
	Acciaio di armatura
	Acciaio di armatura pretesa
FACCIE	Alluminio
	Vetro

AREE ESTERNE	Asfalto
	Pavimentazioni esterne

Una sezione finale è poi dedicata alla scelta/selezione dei refrigeranti da impiegare sempre con l'obiettivo di selezionare le opzioni a minor carbonio incorporato.

### 3.3 Misure di riduzione del carbonio incorporato

#### 3.3.1 Calcestruzzo prefabbricato

##### Requisiti di carbonio incorporato e specifiche dei materiali di AWS

I requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers stabiliscono che la soglia limite del Potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) per i moduli A1-A3 [kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>] per gli elementi in calcestruzzo prefabbricato, come i solai in lastre di calcestruzzo alveolare, le travi e i pilastri prefabbricati, dovrebbe essere definito in base alla media nazionale italiana.

Prima della fornitura di qualsiasi calcestruzzo, per ciascun prodotto dovrà essere fornito uno dei seguenti documenti:

- Una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (Environmental Product Declaration, EPD) che conformi a ISO 14025 e EN 15804 o ISO 21930.
- Calcoli di Valutazione del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment, LCA) per i moduli A1-A3 che conformi a ISO 14044 e EN 15804 o ISO 21930.
- Un certificato di design della miscela di calcestruzzo che dettagli la quantità e la classe di cemento e la quantità di ciascun materiale cementizio supplementare.

#### Conformità del progetto

Essendo la media nazionale italiana del carbonio incorporato per gli elementi in calcestruzzo prefabbricato non codificata nella legislazione italiana, è stata effettuata un'analisi di mercato presso i principali produttori di sistemi di calcestruzzo prefabbricato. Questa indagine mira ad evidenziare ad oggi i valori minimi e massimi dei prodotti presenti attualmente sul mercato. In fase di approvvigionamento, dovrà essere valutata la disponibilità degli specifici materiali e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto del fatto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una Dichiarazione Ambientale di Prodotto o un'analisi dell'impronta di carbonio certificata.

Elemento strutturale	Migliori valori di mercato A1-A3 GWP
Solai in calcestruzzo alveolare	> 110 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
Trave prefabbricata in calcestruzzo	> 570 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> < 800 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
Pilastro prefabbricato in calcestruzzo	> 518 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> < 600 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>

I valori sopra indicati sono raggiungibili evitando l'uso di CEM I nella progettazione della miscela di calcestruzzo prefabbricato e adottando invece CEM II o CEM III.

I CEM II e CEM III sviluppano più lentamente le resistenze necessarie per la produzione di elementi strutturali prefabbricati e, attualmente, la maggior parte dei produttori italiani esita ad adottarli, soprattutto il CEM III. Tuttavia, sono in corso attività di ricerca e sviluppo. La fattibilità del loro utilizzo dovrebbe essere verificata per il contesto specifico del progetto in fase di approvvigionamento dei materiali (ad esempio, verificando la stagione di produzione, l'uso e la quantità di elementi di armatura in acciaio pretesa, le specifiche tecniche, il programma e le tempistiche del progetto, ecc.).

### 3.3.2 Acciaio di armatura

#### Requisiti di carbonio incorporato e specifiche dei materiali di AWS

I requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers stabiliscono quanto segue: Almeno il 90% (in massa) di tutto l'acciaio di armatura in applicazioni civili e strutturali deve avere valori di Potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) per i moduli A1-A3 (in accordo alla EN 15978) inferiori a 0,45 kgCO<sub>2e</sub>/kg.

Prima di procedere all'approvvigionamento di qualsiasi acciaio di armatura, deve essere fornito uno dei seguenti documenti:

- a) Una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (Environmental Product Declaration, EPD) che rispetti ISO14025 e EN15804 o ISO21930.
- b) Calcoli di Valutazione del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment, LCA) per i moduli A1-A3 che conformi a ISO 14044 ed EN 15804 o ISO 21930.
- c) [Solo per l'Acciaio da Forno ad Arco Elettrico (EAF)] Rapporti aziendali o intestati e dati dell'operatore della rete elettrica che confermino gli input per un calcolo proxy in conformità ai requisiti sopra indicati.

#### Conformità del progetto

Nel mercato italiano, la valutazione del carbonio incorporato per i tondini d'acciaio di armatura tiene anche in considerazione il fatto che questi hanno un contenuto di materiale riciclato molto elevato (>95%), il che generalmente comporta una riduzione del carbonio incorporato. Tuttavia, la stessa quantità di contenuto di riciclato potrebbe portare a impatti diversi sul carbonio incorporato, a seconda dei processi di produzione specifici del fornitore. Pertanto, in fase di approvvigionamento, dovrà essere valutata la disponibilità degli specifici materiali e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto del fatto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una Dichiarazione Ambientale di Prodotto o un'analisi dell'impronta di carbonio certificata.

### 3.3.3 Acciaio di armatura pretesa

#### Requisiti di carbonio incorporato e specifiche dei materiali di AWS

I requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers stabiliscono quanto segue: le armature di acciaio pretese devono avere di Potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) per i moduli A1-A3 (in accordo alla EN 15978) inferiori a 0,75 kgCO<sub>2e</sub>/kg.

#### Conformità del progetto

Nel mercato italiano, le armature di acciaio pretese hanno impatti più elevati di carbonio incorporato rispetto ad altri paesi, poiché la maggior parte dei fornitori italiani si affida all'acquisto di acciaio riciclato di provenienza estera. Il carbonio incorporato delle armature di acciaio pretese varia da 0,8 kgCO<sub>2e</sub>/kg a oltre 2,7 kgCO<sub>2e</sub>/kg per il mercato italiano.

Questa indagine mira ad evidenziare ad oggi i valori minimi e massimi dei prodotti presenti attualmente sul mercato. In fase di approvvigionamento, dovrà essere valutata la disponibilità degli specifici materiali e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto del fatto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una Dichiarazione Ambientale di Prodotto o un'analisi dell'impronta di carbonio certificata.

La percentuale di contenuto riciclato nelle armature di acciaio pretese può variare (ed eventualmente aumentare) a seconda del prodotto specifico richiesto dal progetto che sarà definito in una fase successiva (ad esempio, a seconda del dimensionamento dei cavi) e della disponibilità di materiale riciclato al momento dell'approvvigionamento, ma generalmente potrebbe essere generalmente superiore al 60%.

### 3.3.4 Asfalto

#### Requisiti di carbonio incorporato e specifiche dei materiali di AWS

I requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers stabiliscono quanto segue: L'asfalto deve avere valori di Potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) per i moduli A1-A3 (in accordo alla EN 15978) inferiori a 65 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>.

Tutto l'asfalto deve essere "asfalto tiepido" (Warm-Mix Asphalt, WMA) con un contenuto di materiale riciclato post-consumo superiore al 20% (in massa). Il WMA è definito come prodotto, trasportato e scaricato a una temperatura inferiore a 130°C. Questo viene ottenuto utilizzando additivi chimici, tecniche di schiumatura e/o rivestimento sequenziale degli aggregati.

Il contenuto riciclato post-consumo accettabile include:

- Asfalto recuperato (Reclaimed Asphalt Pavement, RAP)
- Materiale di base non legato recuperato, e
- Pneumatici riciclati, vetro, plastica morbida e cartucce per stampanti, dove il produttore può dimostrare che questi materiali hanno prestazioni soddisfacenti in installazioni precedenti, equivalenti a quelle dell'asfalto WMA prodotto con materiali completamente nuovi.

Prima della fornitura di qualsiasi asfalto, devono essere forniti i seguenti documenti:

- a) Un certificato che confermi la temperatura alla quale è stato fornito l'asfalto, nonché la proporzione di ciascun tipo di contenuto riciclato post-consumo; e
- b) Se disponibile, una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (Environmental Product Declaration, EPD), che rispetti le ISO 14025 e EN 15804 o ISO 21930.

#### Conformità del progetto

Essendo l'asfalto soggetto a frequenti sostituzioni e riparazioni durante il suo ciclo di vita, si suggerisce di seguire un approccio Whole Life Cycle, basato sull'intero ciclo di vita, al fine di identificare le strategie più efficaci per la riduzione del carbonio incorporato nelle fasi di progettazione, produzione e installazione dell'asfalto.

Infatti, anche se l'asfalto tiepido (WMA) riduce le emissioni di carbonio iniziali (cioè i moduli A1-A3) rispetto all'asfalto a caldo, grazie alle temperature di produzione e lavorazione più basse, l'analisi non dovrebbe essere limitata alle fasi iniziali del ciclo di vita, ma considerare anche la fase d'uso. Pertanto, l'integrazione delle seguenti strategie dovrebbe essere considerata per il design della miscela di asfalto al fine di ridurre le emissioni di carbonio per l'intero ciclo di vita:

- **Sostituzione dei materiali vergini** nella miscela di asfalto con **alto contenuto di riciclato post-consumo**, proveniente da asfalto recuperato e composti polimerici realizzati con materiali plastici riciclati. L'Asfalto Recuperato o Riciclato (RAP) è ottenuto attraverso il processo di riciclaggio di materiali fresati o altri materiali bituminosi di scarto provenienti da attività di manutenzione e rimozione della superficie stradale. Attraverso l'aggiunta di leganti bituminosi e additivi, il materiale fresato viene rigenerato e assume proprietà simili a quelle di un aggregato bituminoso tradizionale. La percentuale di RAP può variare a seconda delle specifiche del progetto, ma generalmente può superare il 20%. Allo stesso modo, le plastiche dure possono essere reintrodotte nel ciclo produttivo dei composti polimerici tramite processi di selezione e riciclaggio. L'uso di questi materiali nella produzione dell'asfalto riduce il consumo di materiali vergini riciclando i rifiuti plastici.
- **Aumento della durata di vita utile.** L'uso di additivi specifici può garantire una maggiore durata della superficie stradale. Questo riduce la necessità di lavori di manutenzione, portando a un aumento

della sua durata di servizio e a una riduzione degli impatti di carbonio incorporato associati alla manutenzione per riabilitare la superficie stradale.

In aggiunta alle strategie di riduzione del carbonio incorporato e di economia circolare, si sottolinea come la possibilità di **colorare l'asfalto** con tonalità chiare consenta di **umentare il suo Indice di Riflettanza Solare (IRS)**. L'Indice di Riflettanza Solare (SRI) è una misura che combina la riflettanza solare e l'emissività termica per determinare la capacità di un materiale di riflettere il calore solare e aiuta a valutare quanto una superficie si riscalderà quando esposta alla luce solare. Un valore più elevato di SRI indica una migliore riflettanza e una minore assorbenza di calore, risultando utile per **ridurre l'effetto isola di calore urbano**, dove le aree urbane sperimentano temperature più elevate rispetto ai loro dintorni rurali a causa dell'aumento della ritenzione di calore da superfici come l'asfalto. Materiali con un alto SRI possono mitigare questo effetto mantenendo le superfici più fresche.

È possibile colorare l'asfalto con diverse metodologie:

- Asfalto a caldo con bitume e ossidi in granuli
- Asfalto a freddo con ossidi in polvere (fino al 100% di asfalto recuperato utilizzabile)
- Asfalto colorato in superficie con malte
- Asfalto a caldo con legante trasparente e granuli di ossido; questa tecnologia può essere utilizzata anche senza ossido se l'obiettivo è enfatizzare il colore dell'aggregato
- Asfalto tiepido con asfalto recuperato e asfalto colorato in superficie con malte

A titolo di esempio, i seguenti design delle miscele di asfalto che integrano le strategie di economia circolare e di riduzione del carbonio sopra menzionate sono stati analizzati e confrontati:

- a) Bitume modificato con polimeri (PMB). Questa soluzione è compatibile con l'asfalto tiepido (WMA), ma non è riciclabile a fine vita. Tuttavia, il contenuto massimo di asfalto recuperato è limitato rispetto alle soluzioni di bitume senza PMB. Generalmente, sono raggiungibili le seguenti percentuali di contenuto di asfalto recuperato: 15% per lo strato di usura e 35% per lo strato di binder. Inoltre, il processo di produzione per il PMB implica uno step intermedio (con relativi impatti aggiuntivi di carbonio) tra la raffineria e l'impianto di produzione del conglomerato bituminoso. Per questa soluzione (e per l'asfalto tiepido WMA in generale), la colorazione in massa generalmente non è fattibile a causa delle temperature più basse non compatibili con l'aggiunta di ossidi e altri additivi coloranti. Pertanto, solo la colorazione superficiale con malte potrebbe essere un'opzione praticabile per aumentare l'Indice di Riflettanza Solare, anche se la sua fattibilità dovrebbe essere verificata per garantire le stesse prestazioni tecniche e la stessa durata di un asfalto non colorato. Inoltre, gli impatti di carbonio della colorazione superficiale potrebbero essere superiori rispetto alla colorazione in massa a causa dello strato aggiuntivo di malte colorate.
- b) Composti polimerici additivi realizzati con plastica riciclata. Questa soluzione non è compatibile con l'asfalto tiepido WMA, poiché richiede alte temperature per la fusione, ma è riciclabile a fine vita. Tuttavia, non essendo il bitume modificato, non ci sono ulteriori passaggi tra la raffineria e l'impianto di produzione del conglomerato bituminoso, ed è possibile integrare alte percentuali di asfalto recuperato (fino al 100% potenzialmente), con conseguente riduzione considerevole delle emissioni di carbonio incorporato. Per questa soluzione, la colorazione in massa è generalmente fattibile. Secondo la LCA fornita da alcuni produttori di asfalto italiani, questa soluzione potrebbe comportare una riduzione del carbonio incorporato di circa il 15% rispetto alla soluzione (a) lungo il ciclo di vita della strada (assunto pari a 46 anni).
- c) Composti polimerici supermodificante a base di grafene realizzati con plastica riciclata. Anche se il supermodificante a base di grafene potrebbe comportare un aumento delle emissioni di carbonio incorporato nelle fasi iniziali del ciclo di vita, considerando l'intero ciclo di vita della strada invece, la maggiore durata comportata da questo additivo riduce i cicli di riparazione/sostituzione e quindi riduce gli impatti complessivi del carbonio. Per questa soluzione, la colorazione in massa è generalmente fattibile. Secondo la LCA fornita da alcuni produttori di asfalto italiani, questa soluzione potrebbe comportare una



riduzione del carbonio incorporato di circa il 35% rispetto alla soluzione (a) lungo il ciclo di vita della strada (assunto pari a 46 anni).

### Dati sul Carbonio Incorporato e Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD)

Le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) per le miscele di asfalto sono scarsamente disponibili nel mercato italiano (solo pochi fornitori hanno pubblicato un'EPD per il pacchetto di conglomerato bituminoso; infatti, le EPD sono principalmente disponibili per gli additivi). Questo è principalmente dovuto al fatto che il core business dei produttori di asfalto in Italia è rivolto al settore pubblico, per il quale le EPD e le analisi dell'impronta di carbonio non sono richieste. Pertanto, potrebbe essere difficile verificare la conformità alle soglie limite di carbonio incorporato definiti nei requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers, a causa della scarsità di EPD pubblicamente disponibili per il pacchetto di conglomerato bituminoso. Pertanto, si suggerisce di coinvolgere la catena di fornitura in fase di approvvigionamento per l'integrazione delle strategie sopra menzionate nel design della miscela di asfalto e di richiedere un'analisi specifica dell'impronta di carbonio (conforme a ISO 14044, ed EN 15804 o ISO 21930) lungo l'intero ciclo di vita (Whole Life Cycle).

A titolo di esempio, si riportano di seguito le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) di alcuni dei fornitori di asfalto italiani.

<b>Nome dell'azienda</b>	<i>Amplia Infrastructures Spa</i>
<b>EPD Numero di riferimento</b>	EPDITALY0618
<b>Data di pubblicazione-validità dell'EPD</b>	10/07/2024-10/01/2026
<b>Tipo di mix</b>	<b>GWP A1-A3 [kgCO2e/kg]</b>
<i>Conglomerato bituminoso tiepido, base con contenuto recuperato pari al 30% (granulato)</i>	0.0494
<i>Conglomerato bituminoso tiepido, drenante con contenuto riciclato pari al 25% (basalto da ballast ferroviario)</i>	0.0772
<i>Conglomerato bituminoso tiepido, drenante con contenuto recuperato e riciclato pari al 35% (recuperato: 15% granulato e riciclato: 20% basalto da ballast ferroviario)</i>	0.0692
<i>Conglomerato bituminoso tiepido, drenante con contenuto recuperato e riciclato pari al 40% (recuperato: 20% granulato e riciclato: 20% basalto da ballast ferroviario)</i>	0.0664
<i>Conglomerato bituminoso tiepido, drenante con contenuto recuperato e riciclato pari al 45% (recuperato: 25% granulato e riciclato: 20% basalto da ballast ferroviario)</i>	0.0637
<b>Nome dell'azienda</b>	<i>Vezzola Spa</i>
<b>EPD Numero di riferimento</b>	EPDITALY0243
<b>Data di pubblicazione-validità dell'EPD</b>	24/01/2022-24/01/2027
<b>Tipo di mix</b>	<b>GWP A1-A3 [kgCO2e/kg]</b>
<i>Conglomerato tout venant</i>	0.0374
<i>Conglomerato tout venant hard</i>	0.0414
<i>Conglomerato binder</i>	0.0409
<i>Conglomerato binder hard</i>	0.0404
<i>Conglomerato tappeto</i>	0.0426
<i>Conglomerato tappeto hard</i>	0.0506

### 3.3.5 Alluminio

#### Requisiti di carbonio incorporato e specifiche dei materiali di AWS e conformità del progetto

I requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers hanno indicato quanto segue: Fornire frangisole prodotti con alluminio a basso contenuto di carbonio incorporato utilizzando materiali riciclati.

Il progetto si basa attualmente sull'integrazione del sistema di frangisole in alluminio prodotto da QEF Limited (QEF 73M), che soddisfa i requisiti del team MEP e del cliente. In particolare, questi prodotti hanno una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) che riporta i seguenti valori: GWP totale A1-A3 [kgCO<sub>2</sub>e/ton] = 13,8 tonCO<sub>2</sub>e/ton

Oltre alle indicazioni fornite dai requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers, anche i profili in alluminio utilizzati per il sistema a montanti e traversi della facciata vetrata potrebbero raggiungere un contenuto di riciclato post-consumo molto elevato (>75%).

Allo stato attuale del progetto, si sta esplorando la possibilità di integrazione di profili in alluminio con un alto contenuto riciclato post-consumo. Tuttavia, in fase di approvvigionamento, dovrà essere valutata la disponibilità degli specifici materiali e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto del fatto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una Dichiarazione Ambientale di Prodotto o un'analisi dell'impronta di carbonio certificata.

### 3.3.6 Vetro

Si possono altresì prevedere alcuni miglioramenti al progetto per ridurre il carbonio incorporato complessivo, oltre alle indicazioni fornite dai requisiti di AWS per ridurre il carbonio incorporato per la costruzione dei suoi data centers, anche per i pannelli vetrati del sistema a montanti e traversi della facciata.

Allo stato attuale del progetto, si sta esplorando la possibilità di integrazione di pannelli di vetro con un alto contenuto riciclato post-consumo. Sul mercato italiano sono disponibili alternative a basso contenuto di carbonio per i pannelli di vetro, grazie all'introduzione di rottame di vetro (contenuto di riciclato post-consumo) nella matrice del vetro. Questo porta a una riduzione del carbonio incorporato nel vetro rispetto ai prodotti standard.

Al momento della stesura della relazione, le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) per il vetro a basso contenuto di carbonio con contenuto riciclato post-consumo sono disponibili solo per i pannelli di vetro piano. Tuttavia, i produttori di vetro stanno pianificando di pubblicare in futuro EPD anche per il vetro temperato e laminato.

### 3.3.7 Pavimentazioni esterne

Allo stato attuale del progetto, si sta esplorando la possibilità di integrazione di alternative a basso contenuto di carbonio per la pavimentazione esterna per l'area di parcheggio, l'area esterna per il personale e i percorsi pedonali.

### 3.3.8 Refrigeranti

Il progetto in oggetto, in base alla strategia di raffrescamento evaporativo delle *datahall* senza uso di gruppi frigo, limita l'utilizzo di gas refrigeranti agli spazi tecnici e alla zona uffici.

Si sono scelti differenti gas refrigeranti in base al loro potenziale di riscaldamento globale (GWP global warming potential), preferendo quelli con valori più bassi in base alle differenti necessità di ogni spazio condizionato e alle limitazioni tecnologiche (e.g. taglia impianto).

Spazi condizionato	Tipologia impianto	Refrigerante	GWP
Uffici e spazi collegati Guardiana	Espansione diretta (DX)	R32	675
Locali elettrici al servizio della datahall	Espansione diretta (DX)	R513A	573
Generazione ACS	Espansione diretta (DX)	R32 R290	675 3

Tutti i refrigeranti scelti non hanno effetti negativi sull'ozono presente in atmosfera (ODP - Ozone Depletion Potential = 0).

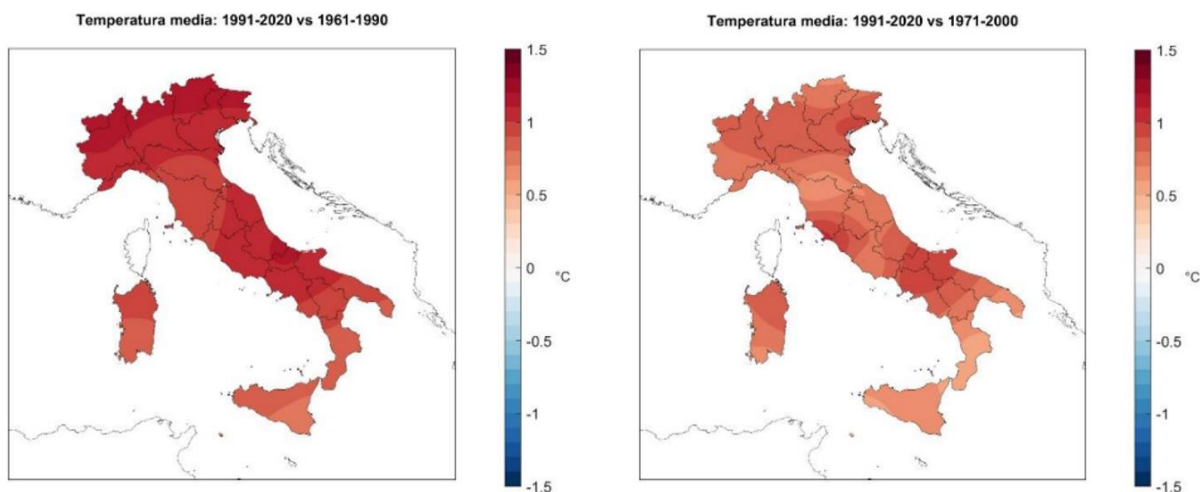
## 4. Adattamento e resilienza

Il cambiamento climatico in atto può potenzialmente impattare sull'operatività del progetto in molti modi e deve essere affrontati nelle fasi di design e operatività del progetto in modo sistematico. Questo significa seguire una sequenza di passaggi:

- L'individuazione dei principali trend climatici in atto e l'inquadramento del clima locale
- l'individuazione dell'impatto che il cambiamento climatico potrebbe potenzialmente avere rispetto al clima locale
- la proposta di misure di adattamento sia di tipo sistemico, legate al monitoraggio delle variabili climatiche e integrate quindi nel Piano di monitoraggio Ambientale sia di tipo progettuale legate, in questo caso, allo smaltimento delle acque o alla potenziale incidenza di venti estremi rispetto ad alcune delle strutture come i pannelli fotovoltaici o le barriere acustiche.

### 4.1 Trend climatici in atto

I cambiamenti climatici rappresentano una delle sfide più rilevanti a scala globale. Nelle ultime due decadi il territorio nazionale è stato esposto a diversi eventi climatici estremi, che hanno generato vittime e ingenti danni economici. Per intensità ed estensione questi eventi sono in larga parte attribuibili agli effetti del cambiamento climatico già osservati globalmente e in Italia. L'Italia, secondo l'ISPRA, presenta tendenze di crescita di temperatura anche superiori alle medie globali ed, in particolare, nella Pianura Padana in ragione della sua posizione e caratteristiche geografiche (vedi figura 4.1). I fattori climatici quali l'incremento di temperatura media ed estrema e l'alterazione dei regimi piovosi (con una riduzione media delle piogge, alternata a fenomeni di piovosità molto intensi) interagiscono innalzando la frequenza di fenomeni quali inondazioni e venti estremi.

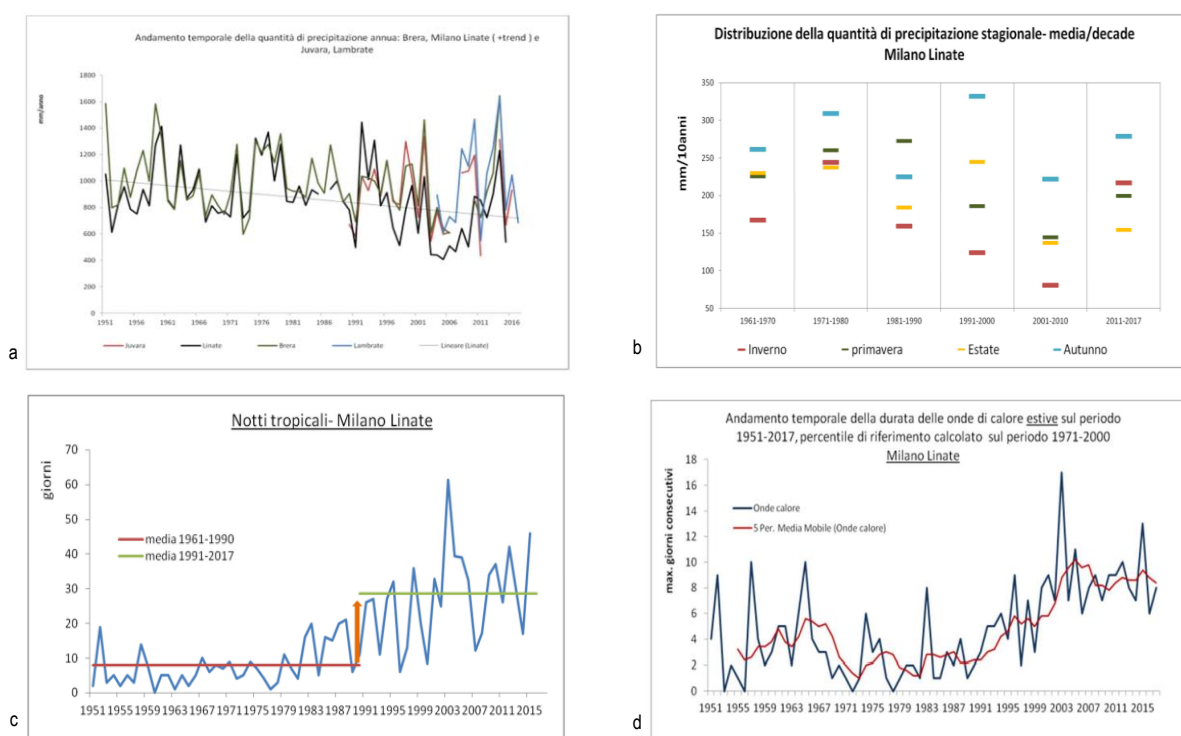


**Figura 4.1** Confronto tra la temperatura media nel trentennio di riferimento 1991-2020 rispetto al 1961-1990 (a sinistra) e il 1971-2000 (a destra) su scala nazionale (Fonte: SCIA, 99/2022)

I trend climatici in atto e i relativi impatti sono evidenziati anche alla scala metropolitana. A Milano, infatti si rilevano i seguenti trend (cfr figura 4.2)

- Le temperature minime e massime per il periodo 1951-2017, rispetto al periodo di riferimento 1951-2000, mostrano una tendenza all'aumento con una variazione di circa 0,4°C per decennio. La tendenza all'aumento delle temperature (sia minime che massime) diventa più pronunciata dopo gli anni '90, durante i quali le anomalie annuali hanno raggiunto un picco di 3°C. Aumentano le ondate di calore e le notti estive tropicali, con un raddoppio dell'indicatore dal 1991-2017 rispetto al 1961-1990.

- L'andamento, tra il 1970 e il 2017, del numero massimo di giorni consecutivi con una temperatura massima superiore al 90° percentile, che indica la durata dell'ondata di calore, mostra che tra il 1970-1980 le ondate di calore erano poco frequenti. Tuttavia, dopo il 1991, sia la stazione di Brera che quella di Linate hanno registrato, in media, un raddoppio nel numero delle ondate di calore.
- Il conteggio dei giorni/notte con temperatura minima superiore a 20°C, noti come notti tropicali, confrontato con i dati storici (1971-2000) delle stazioni di Brera e Milano Linate mostra che il numero medio di notti tropicali è raddoppiato dal 1991 al 2017.
- Nel periodo che va dal 1951 al 2017, si osserva una diminuzione di circa 5 giorni nel verificarsi dei giorni di gelo. Inoltre, la frequenza dei giorni di gelo tende ad avvicinarsi a zero con maggiore frequenza a partire dall'anno 2000. A livello stagionale, nel periodo compreso tra il 1951 e il 2017, si osserva un trend temporale che indica una leggera diminuzione delle precipitazioni cumulate (mm/anno) sia per la stazione di Brera che per quella di Linate, con un calo leggermente più pronunciato osservato durante i mesi estivi.
- L'andamento annuale della frequenza degli eventi estremi (definiti come il numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori al 90° percentile) non mostra una tendenza evidente dal 1951 al 2016.



**Figure 4.2.** a) Andamento temporale delle precipitazioni cumulate annuali per le stazioni disponibili e l'andamento della stazione di Milano Linate; b) Andamento temporale dell'anomalia stagionale delle precipitazioni a Milano Linate: periodo 1951-2017; c) Incremento del numero di notti calde tra il 1951 e il 2017; d) Andamento delle ondate di calore dal 1951 al 2017 per la stazione di Milano Linate.

I trend climatici più significativi sono riassunti nella seguente figura (cfr figura 4.3) e possono essere ricondotti a **3 fenomeni principali**:

- Scarsità di acqua (**siccità prolungata**) e troppa acqua (**alluvioni pluviali**);
- **Ondate di calore, aumento delle temperature medie e di picco;**
- **Possibilità di tempeste con forti venti.**



#### **Aumento temperatura media**

Aumento della temperatura media annua di oltre 1.1 °C nel 1991-2020 rispetto al 1971-2000



#### **Ondate di calore<sup>1</sup>**

Dagli anni '70 ad oggi, il 46% delle ondate di calore si è verificato nel corso dell'ultimo decennio [7]



#### **Precipitazioni intense**

Incremento medio dell'intensità delle precipitazioni max giornaliere di circa 26 mm/100 anni [8]



#### **Aumento dei giorni secchi**

Tendenza ad aumento del numero massimo consecutivo di giorni secchi durante l'estate



#### **Precipitazioni nevose**

Diminuzione significativa dei giorni freddi e delle precipitazioni nevose



#### **Venti forti**

Diminuzione del vento medio e aumento degli dei venti forti e delle trombe d'aria

1. Le ondate di calore sono definite come i periodi eccezionalmente caldi di almeno 6 giorni consecutivi, durante i quali la temperatura osservata supera il 90° percentile delle temperature medie usualmente sperimentate in una data regione [6]

**Figura 4.3** Sintesi principali trend climatici nell'area milanese

## **4.2 Evoluzione potenziale del clima locale**

L'incremento continuo delle emissioni di gas serra si tradurrà in un aumento del riscaldamento globale. In Italia, è previsto che entro il 2090 la temperatura media annua aumenterà di circa +1°C secondo lo scenario RCP2.6 e fino a +5°C secondo lo scenario RCP8.5 rispetto al periodo di riferimento 1980-2010.

L'incremento delle temperature inoltre porta ad un aumento dell'umidità atmosferica, il quale amplifica le precipitazioni estreme e il rischio di inondazioni, generando temporali sempre più distruttivi. Inoltre, il riscaldamento delle acque superficiali oceaniche influenza la frequenza e l'ampiezza delle tempeste e dei venti forti.

Ogni aumento del riscaldamento globale aumenterà la frequenza e l'intensità di molteplici pericoli simultanei. La probabilità e l'entità degli impatti negativi previsti e delle perdite e danni correlati dovuti ai cambiamenti climatici crescono con l'aumento del riscaldamento globale.

I rischi climatici e non climatici interagiranno in modo sempre più complesso e difficile da gestire, generando rischi concatenati e a cascata. Sebbene alcuni cambiamenti futuri siano inevitabili e/o irreversibili, una significativa riduzione delle emissioni globali di gas serra può limitarli. L'aumento del riscaldamento globale aumenta la probabilità di cambiamenti improvvisi e/o irreversibili, così come la probabilità di eventi avversi di grande entità associati a livelli più elevati di riscaldamento.

Le opzioni di adattamento, attualmente fattibili ed efficaci, saranno sempre più limitate e meno efficaci con l'aumento del riscaldamento globale. Inoltre, con il progredire del riscaldamento, cresceranno le perdite e i danni, e ulteriori sistemi umani e naturali raggiungeranno i limiti della capacità di adattamento. È possibile evitare il maladattamento attraverso una pianificazione flessibile, multi-settoriale, inclusiva e a lungo termine, implementando azioni di adattamento con benefici concomitanti per diversi settori e sistemi.

I modelli climatici variano per struttura, modalità di parametrizzazione e ipotesi sottostanti, e, per questo motivo, danno luogo a risposte diverse alle variazioni delle concentrazioni di gas serra. Questa variabilità tra i modelli introduce una significativa incertezza nelle proiezioni climatiche, definita incertezza del modello.

Nonostante i significativi progressi compiuti negli ultimi anni, i modelli climatici rimangono rappresentazioni semplificate del complesso sistema terrestre e diversi fattori contribuiscono alle **incertezze insite nelle proiezioni climatiche**:

**a. Comprensione ancora limitata dei processi naturali**

**b. Dati insufficienti** (sia in termini di serie storiche di riferimento, sia in termini di elementi rilevati sia infine in relazione all’ambito spaziale studiato)

**c. Vincoli computazionali:** I modelli climatici operano su griglie con risoluzioni spaziali e temporali limitate che possono influenzare la rappresentazione dei processi e dei fenomeni a piccola scala, portando a incertezze nelle proiezioni climatiche, soprattutto a scala regionale.

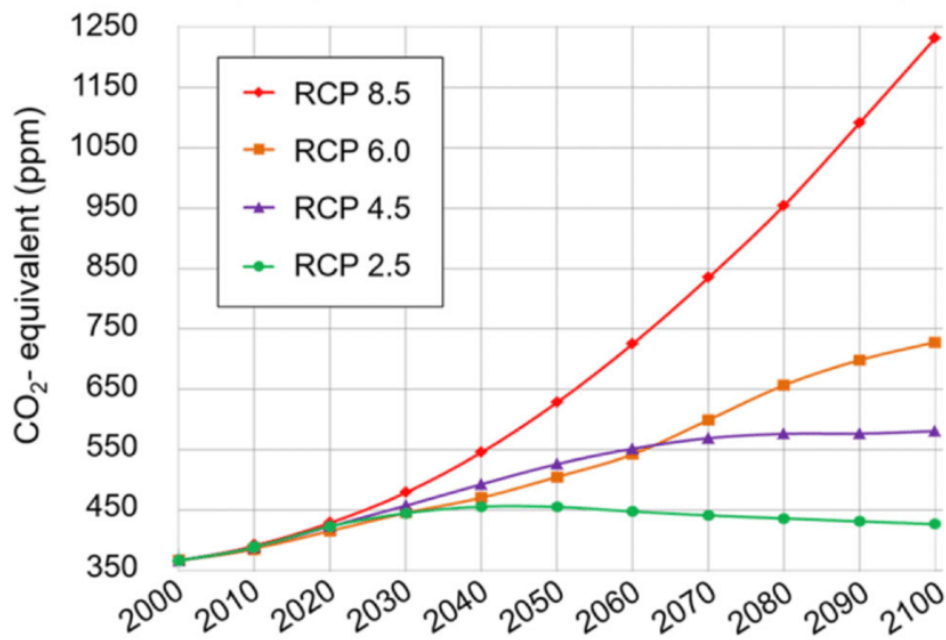
Nella tabella seguente sono riportati i modelli climatici e i portali online consultati in questo studio, insieme alle loro caratteristiche principali.

DATA SOURCE	MODELS/ENSEMBLE	BASELINE	SOURCE
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA	Med-CORDEX (50km resolution)	1971-2000	ISPRA, Stato dell'Ambiente 58/2015 ISBN 978-88-448-0723-8
Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici - CMCC – temperature data	CMIP5 EURO-CORDEX (8km resolution)	1981-2010	<a href="http://www.euro-cordex.net">http://www.euro-cordex.net</a> <a href="https://www.cmcc.it/it/report-milano">https://www.cmcc.it/it/report-milano</a>
Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici - CMCC – precipitation data	COSMO CLM (8km resolution)	1981-2010	<a href="http://www.euro-cordex.net">http://www.euro-cordex.net</a> <a href="https://www.cmcc.it/it/report-milano">https://www.cmcc.it/it/report-milano</a>
Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC	CMIP5 EURO-CORDEX (50km resolution)	1981-2010	<a href="https://www.ipcc.ch/">https://www.ipcc.ch/</a> <a href="https://interactive-atlas.ipcc.ch/">https://interactive-atlas.ipcc.ch/</a>
Weathershift Heat	CMIP5* (100km x 100km)	1971-2000	<a href="https://weathershift.com/weathershift/heat">https://weathershift.com/weathershift/heat</a>
Weathershift Rain	CMIP5 (100km x 100km)	1929-2018 (discontinuous data and not uniformly spatially distributed across Lombardy)	<a href="https://weathershift.com/weathershift/rain">https://weathershift.com/weathershift/rain</a>

Le “Linee guida tecniche per le infrastrutture a prova di clima 2021-2027” della Commissione Europea indicano che, ai fini delle applicazioni pratiche per l'adattamento al clima, potrebbe essere preferibile utilizzare l'RCP 4.5 per le proiezioni climatiche fino al 2060 circa, o l'RCP6.0. Ad oggi c'è consenso sul fatto che per gli anni successivi al 2060, l'RCP 4.5 potrebbe sottostimare i cambiamenti, soprattutto se le emissioni di gas serra dovessero risultare più elevate di quanto previsto. Pertanto, per le proiezioni attuali fino al 2100 sarebbe più significativo utilizzare l'RCP 6.0. L'RCP 8,5 è considerato, infine, come lo “scenario peggiore” visto che ipotizza un notevole aumento delle temperature e quindi significativi impatti conseguenti (cfr figura 4.4).

## IPCC AR5 Greenhouse Gas Concentration Pathways

Representative Concentration Pathways (RCPs) from the fifth Assessment Report by the International Panel on Climate Change



**Figura 4.4.** Concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> equivalente (in parti per milione - ppm) secondo i quattro RCP utilizzati dal Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC per formulare le previsioni (immagine da Hanna et al. 2019).

L'impatto potenziale sul clima locale si concentra, come anticipato nel precedente paragrafo su alcuni eventi/rischi climatici in particolare:

- Eventi pluviali
- Siccità
- Forti venti

### *Eventi pluviali estremi*

L'urbanizzazione e l'impermeabilizzazione del suolo possono avere un impatto significativo sulle caratteristiche idrauliche di una determinata area visto che limitano il naturale assorbimento delle acque meteoriche da parte della vegetazione e dei suoli.

Recenti evidenze scientifiche indicano che tali fenomeni di inondazione potrebbero aumentare sia in intensità che in frequenza a causa dei cambiamenti climatici.

Per valutare il rischio di alluvione, sono state considerate le seguenti principali fonti di pericolo:

- Inondazioni fluviali che si verificano a causa dell'innalzamento del livello dei fiumi oltre i livelli di guardia;
- Inondazioni da innalzamento delle acque sotterranee
- Inondazioni pluviali, generate da elevati volumi di precipitazioni, indipendentemente dalle condizioni del corpo idrico principale. Questo fenomeno può verificarsi attraverso due modalità:
  - o Propagazione superficiale dei volumi di pioggia provenienti da aree esterne o fluenti sulle superfici stradali
  - o Rischio idraulico connesso al sistema di scarico/drenaggio delle acque che può rivelarsi insufficiente allo smaltimento delle acque in entrata

**Nell'area considerata il rischio di inondazione è prettamente di origine pluviale;** infatti, non si identificano elementi del reticolo idrografico superficiale che possano costituire un significativo rischio) e l'innalzamento della falda è un fenomeno cronico in corso nell'area milanese viene costantemente monitorato da Regione Lombardia, su mandato dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, e gestito con una rete di pozzi di compensazione che mantengono il livello della falda costante.



Le proiezioni dell'Atlas-IPCC sono state valutate considerando due scenari climatici, RCP4.5 e RCP8.5, e due periodi di tempo, 2050 e 2090.

Le proiezioni climatiche esaminate forniscono dati sulla precipitazione massima giornaliera (mm/giorno) e sulla precipitazione massima di 5 giorni su scala annuale.

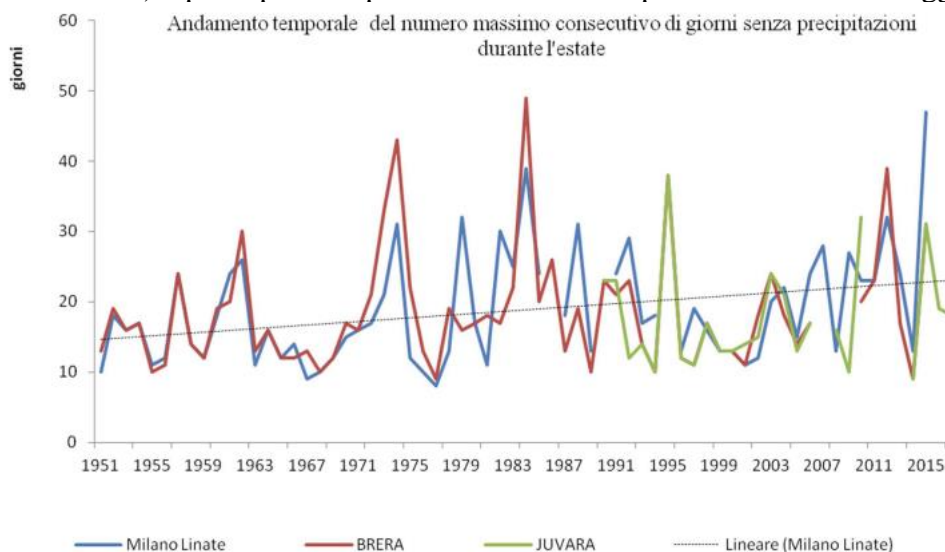
I risultati sono coerenti con le tendenze globali del cambiamento climatico e sono supportati da numerosi studi scientifici che mostrano un aumento degli eventi meteorologici estremi, comprese le precipitazioni intense, in risposta all'aumento delle temperature medie globali e sono di seguito riassunti:

- Analizzando le variazioni stagionali previste dal modello COSMO CLM con risoluzione di 8 km, ottimizzato per l'Italia e considerando il periodo 2035-2065 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, si osservano i seguenti cambiamenti:
  - RCP4.5 - Scenario con politiche climatiche: leggera diminuzione delle precipitazioni invernali, diminuzione più marcata delle precipitazioni estive e primaverili e aumento delle precipitazioni autunnali.
  - RCP8.5 - Scenario senza politiche climatiche: aumento delle precipitazioni invernali e autunnali e diminuzione delle precipitazioni primaverili ed estive.
- Nello scenario climatico in assoluto più pessimista, l'RCP8.5, la precipitazione media massima giornaliera (mm/giorno) su scala annuale al 2090 secondo l'IPCC è di 71,07 mm/giorno, mentre la precipitazione massima in 5 giorni è di 123,98 mm/5giorni.
- Nello scenario climatico considerato, l'RCP4.5, invece, la precipitazione media massima giornaliera (mm/giorno) su scala annuale al 2090 secondo l'IPCC è di 67,88 mm/giorno, mentre la precipitazione massima in 5 giorni è di 123,98 mm/5giorni<sup>1</sup>.

IPCC CMIP5 - CORTEX				
Variable (Res. 20 km - baseline 1981-2010)	2041-60		2081-2100	
	r <sub>cp4.5</sub>	r <sub>cp8.5</sub>	r <sub>cp4.5</sub>	r <sub>cp8.5</sub>
Maximum 1 day precipitation (mm/day)	64.55	65.82	67.88	71.07
Maximum 5-day precipitation (mm/5 day)	116.94	118.84	123.65	123.98

**Figura 4.5.** Proiezioni climatiche per i due scenari climatici RCP2-4.5 e RCP5-8.5 per il 2050 e il 2090 - dati IPCC

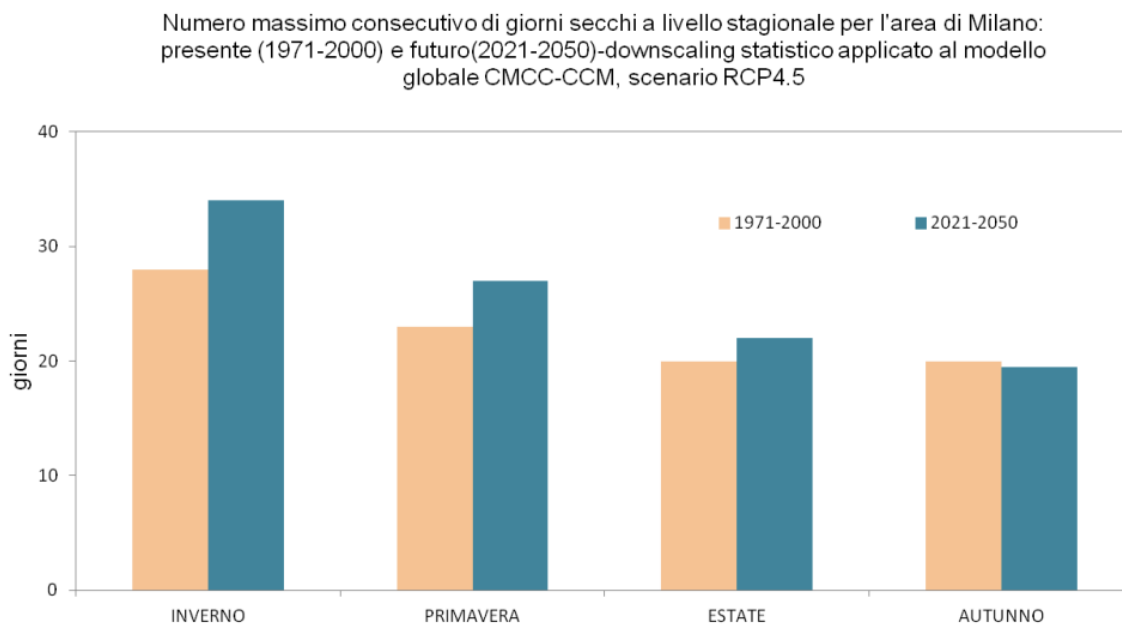
Un ulteriore elemento rilevante è dato dall'analisi dell'andamento del numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazione che mostra, per l'estate, una significativa tendenza all'aumento (cfr figura 4.6). La Figura 17 mostra l'andamento dell'indicatore durante l'estate per le stazioni con periodo storico dal 1951-oggi (Milano Linate e Brera) e per il periodo più breve con dati disponibili dal 1990 ad oggi (Juvara)



<sup>1</sup> \*WeatherShift™ utilizza dati provenienti dalla modellazione del cambiamento climatico globale per produrre file meteo EPW e file Design Day adattati alle mutevoli condizioni climatiche. (<https://weathershift.com/weathershift/home>)

**Figura 4.6.** Andamento del numero massimo di giorni senza precipitazioni durante l'estate per le stazioni con periodo storico dal 1951-oggi (Milano Linate e Brera) e per il periodo più breve con dati disponibili dal 1990 ad oggi (Juvara) – Fonte PAC Comune di Milano

Questo andamento si conferma nelle proiezioni future per tutte le stagioni escluso l'autunno che mostra una leggera diminuzione (cfr figura 4.7).

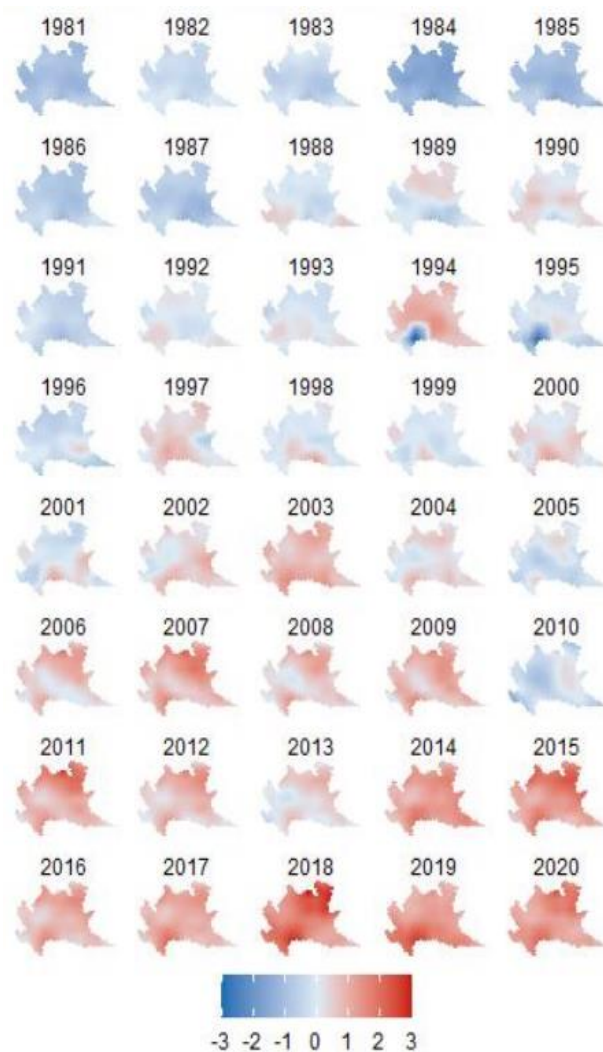


**Figura 4.7.** Scenari di cambiamento del numero massimo di giorni secchi consecutivi, periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1971-2000, scenario emissivo RCP4.5; area di Milano Fonte PAC Comune di Milano

### ***Ondate di calore, aumento delle temperature medie e di picco***

In Italia, l'analisi dei dati climatici misurati dalle principali reti di osservazione nazionali e regionali indica un aumento di oltre  $+1,1^{\circ}\text{C}$  della temperatura media annua nel periodo 1981-2010 rispetto al trentennio 1971-2000[SCIA, 2022] .

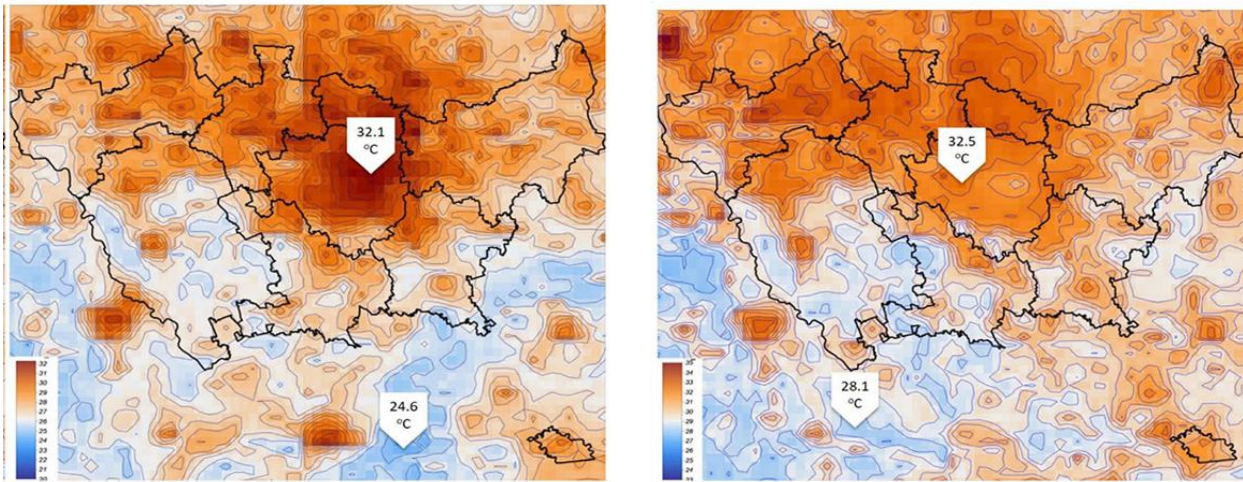
Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da aumenti di temperatura stagionali e annuali piuttosto elevati per la Regione Lombardia (cfr. Figura 4.8). Il 2019 è stato il terzo anno più caldo dall'inizio delle osservazioni, con un'anomalia di  $+1,56^{\circ}\text{C}$  rispetto al trentennio 1961-1990[SCIA, 2022], superando i record registrati nel 2018 e nel 2015. Inoltre, otto dei dieci anni più caldi della serie storica sono stati registrati a partire dal 2011, con anomalie comprese tra  $+1,3^{\circ}\text{C}$  e  $+1,7^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 4.8 Temperature medie annue (differenze in °C con periodo 1986 -2005)** Le interpolazioni sono ottenute dal dataset E-OBS con una risoluzione nativa di 0,25°. La post-elaborazione consente di ridurre il passo della griglia e di calcolare le differenze di ogni anno rispetto alla media del periodo di riferimento 1986-2005.

L'ambiente urbano di Milano rispetto all'area metropolitana è caratterizzato da una maggiore densità di superfici impermeabili e da una minore vegetazione rispetto alle aree rurali circostanti ed è particolarmente suscettibile agli effetti dell'isola di calore urbana. Gli effetti dell'isola di calore sono però evidenti in molte zone dell'area metropolitana (cfr. Figura 4.9).

Gli ultimi decenni sono stati caratterizzati da un significativo aumento delle temperature medie e delle ondate di calore [Gaudio et al, 2014]. I modelli climatici mostrano che questa tendenza si sta rafforzando, con un aumento delle temperature medie ed estreme e della frequenza e durata delle ondate di calore sia per lo scenario a basse emissioni (RCP4.5) che per quello ad alte emissioni (RCP8.5), determinando così impatti significativi sui centri urbani. Inoltre, si ritiene probabile che la temperatura massima raggiunta durante questi eventi estremi aumenterà fino a +5°C entro il periodo 2071-2100 (scenario di riferimento 1971-2000).



La differenza in temperatura tra aree urbane e non - urbane può raggiungere:  
circa 4.4 °C durante una giornata  
circa 7.5 °C durante la notte

**Figure 4.9** Evidenza dell'isola di calore urbana e differenza di temperatura durante il periodo estivo. A sinistra, la differenza di temperatura durante la notte. A destra, le temperature durante la stagione estiva [12].

### 4.3 Ricadute sul design, monitoraggio variabili climatiche e valutazione periodica

Come si è avuto modo di illustrare nei paragrafi precedenti, il cambiamento climatico potrà avere effetti, in particolare, sul regime di piogge, sulle temperature medie e di picco e, potenzialmente, sul regime dei venti (in particolare sulla frequenza di venti estremi).

Quantificare questo impatto/influenza risulta però molto difficile e soggetto a molti gradi di incertezza sia insite nei modelli climatici sia nella loro declinazione a livello locale su scale molto limitate come l'area di progetto.

I principali elementi che si sono riflessi nel design del Data center sono relativi a:

- Gestione delle acque meteoriche e quindi in relazione al dimensionamento delle vasche di laminazione per garantire l'invarianza idraulica considerando un tempo di ritorno di 100 anni (cfr. relazione di invarianza idraulica)
- L'attenta progettazione di tutte le strutture che possono essere soggette all'azione del vento e quindi in particolare per le strutture in copertura (cfr. relazione di calcolo strutturale). In questo caso l'approccio adottato, in coerenza con la normativa prevede di considerare una velocità di base del vento pari a 25 m/s con un tempo di ritorno di 50 anni.

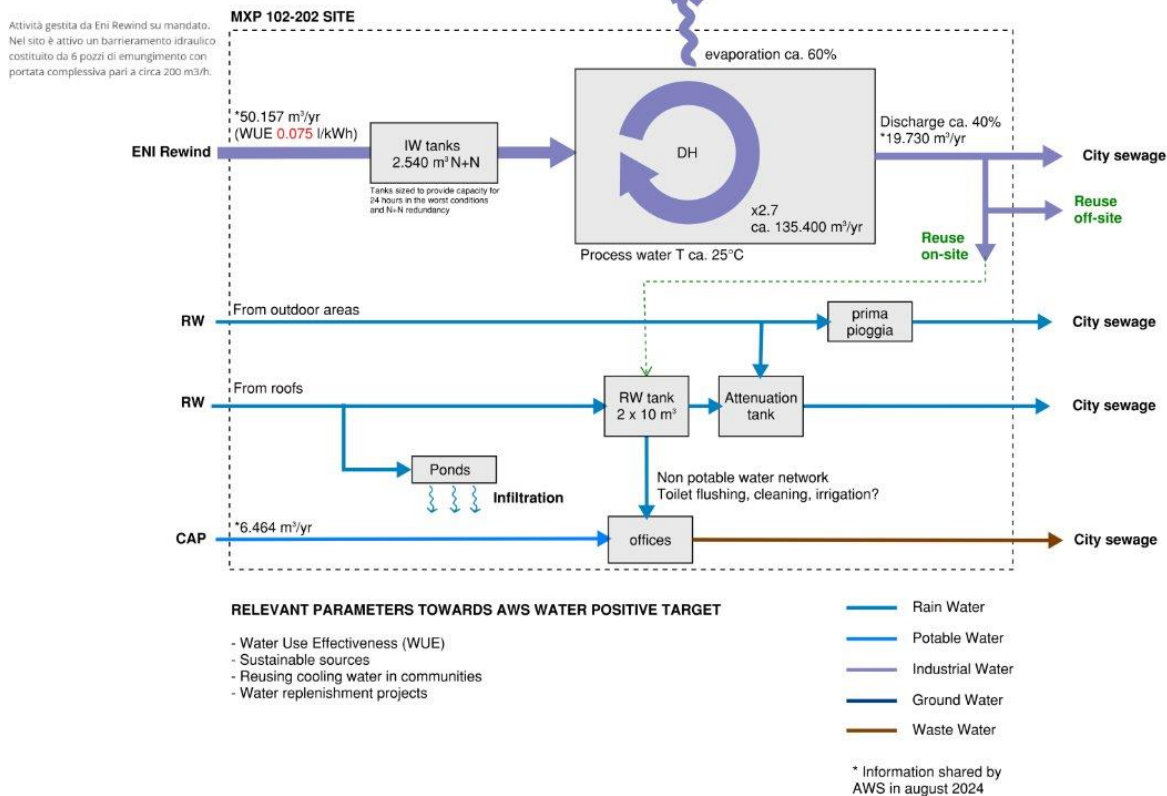
L'approccio adottato nell'attuale fase di sviluppo del design del Data center è innanzitutto mirato al monitoraggio in continuo delle variabili climatiche a livello locale per evidenziare in modo, il più possibile, tempestivo le variazioni che possono essere rilevanti per l'operatività del Data center e per avere la possibilità di predisporre misure mitigative di adattamento.

## 5. Strategia di gestione idrica sostenibile

La strategia di gestione delle acque considera i seguenti elementi principali (cfr figura 5.1):

- tipologia delle acque in ingresso per massimizzare l'utilizzo delle fonti idriche non potabili disponibili in loco e minimizzare la richiesta di acqua potabile;
- acque in uscita derivanti sia dal processo produttivo sia dallo smaltimento delle acque meteoriche.

### Water diagram



**Figura 5.1.** Water diagram

Il Data center per il suo funzionamento utilizza acqua di tipo industriale fornita da ENI Rewind. Sul sito ENI Rewind è attivo un barrieramento idraulico costituito da 6 pozzi di emungimento con portata complessiva pari a circa 200 m<sup>3</sup>/h.

L'acqua potenzialmente impiegata per l'operatività del Data center è stimata in circa 50.000 m<sup>3</sup>/anno a cui corrisponde un WUE pari a 0,0751/kWh. Il Water Usage Effectiveness (WUE) è un parametro di sostenibilità creato da The Green Grid nel 2011 per cercare di misurare la quantità di acqua utilizzata dai data center per raffreddare le i carichi IT. Per calcolare il WUE, si divide l'utilizzo annuale di acqua del sito in litri per l'utilizzo di energia delle apparecchiature IT in chilowattora (kWh). Il sistema di raffreddamento evaporativo di progetto prevede un ricircolo di circa 2.7 volte dell'acqua utilizzata. Durante il processo, il 60% circa dell'acqua evapora mentre il rimanente 40%, e quindi circa 19.700 m<sup>3</sup>/anno, deve essere scaricato.

Le acque meteoriche vengono gestite come da normativa in materia separando le acque di prima e seconda pioggia, considerando se captate dai tetti delle strutture o dalle pavimentazioni. Questi flussi vengono convogliati in due vasche di recupero delle acque, che alimentano una rete duale, e poi in una vasca di laminazione per essere rilasciati in fognatura.

Sono attualmente allo studio alcune ipotesi per il riutilizzo delle acque industriali. Il primo passaggio per valutare possibili utilizzi di questa risorsa è stato analizzarne la composizione per verificare a quali usi fosse effettivamente idonea (cfr figura 5.2).

Parameters	Unit	Ideal	Acceptable	Requires Further Analysis	Unit	AWS Blowdown
Total Hardness (as CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	<100	100-150	150+	mg/l	270
Total Alkalinity (as CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	50 - 75	75 - 100	100+	mg/l	135
Silicon (as SiO <sub>2</sub> )	ppm	<10	10 - 20	30+	mg/l	27
Chlorine Total	mg/l	<3	3 - 4	4 - 6	mg/l	8.1
Conductivity	µmhos/cm	<300	300 - 600	600 - 1000	µS/cm	1485
Drinking Water Microbiology	CFU	<10,000	<10,000	>10,000	CFU/mg	29.7
pH		7.5 - 8	6 - 7.5 & 8 - 9	< 6 and > 9		6-9.5
Chlorides (as Cl)	mg/l	< 50	50 - 100	Above 100	mg/l	144.18
Iron	ppm	<0.5	0.5 - 1.0	1 - 3	mg/l	0.0054
Copper	ppm	< 0.4	0.4 - 1.0	1.0 - 1.5	mg/l	0.0027
Sulfates	mg/l	<75	75 - 100	100+	mg/l	1.35
Phosphates	ppm	2 - 5	5 - 7.5	7.5 - 10	mg/l	5.4

zzeranno

Water quality is suitable for the following uses without any additional treatment

- ✓ IRRIGATION
- ✓ CLEANING
- ✓ TOILET FLUSHING

## 6. Bibliografia

Le fonti consultate per la redazione di questo report comprendono le seguenti:

1. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/at-a-glance/climate>. [Online] n.d. [Cited: 13 September 2024.]
2. United Nations Framework Convention on Climate Change. Article 1 - Definitions. United Nations Framework Convention on Climate Change. [Online] 1992. [Cited: 13 September 2024.] <https://unfccc.int/resource/ccsites/zimbab/conven/text/art01.htm#:~:text=For%20the%20purposes%20of%20this%20Convention%3A&text=%22Climate%20change%22%20means%20a%20change,observed%20over%20comparable%20time%20periods>
3. European Commission. Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027. European Commission. [Online] 2021. [Cited: 13 September 2024.] <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/23a24b21-16d0-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en>
4. Intergovernmental Panel on Climate Change. Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. Intergovernmental Panel on Climate Change. [Online] 2018. [Cited: 13 September 2024.] <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>
5. Hausfather, Zeke. Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change. Carbon Brief. [Online] April 19, 2018. [Cited: 13 September 2024.] <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/>
6. Klein Tank, A.M.G. and Konnen, G.P. (2003) Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 15, 3665-3680.
7. SCIA - National System for Climate Data Processing and Dissemination, the 1991-2020 climate normals of temperature and precipitation in Italy 99/2022
8. Gaudioso D., Giordano, F, Taurino E., Sansoni M., “Le città e la sfida dei cambiamenti climatici”, *X rapporto “Qualità dell’ambiente urbano*, 2014.
9. Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M., Chiriaco M. V., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J., Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V., Zavatarelli M., 2020. "Risk analysis. Climate change in Italy." DOI: 10.25424/CMCC/RISK\_ANALYSIS.
10. Annex No. 2 of the City of Milan's Air and Climate Plan, which covers the period 1951-2017
11. ISPRA Superior Institute for Environmental Protection and Research - State of the Environment 58/2015
12. Metropolitan City of Milan, Fondazione Cariplo - Urban Simulation Laboratory Fausto Curti - Politecnico di Milano
13. CMCC Report Milan. Spano D., Mereu V., Bacciu V., Barbato G., Buonocore M., Casartelli V., Ellena M., Lamesso E., Ledda A., Marras S., Mercogliano P., Monteleone L., Mysiak J., Padulano R., Rafa M., Ruiu M.G.G., Serra V., Villani V., 2021. "Risk analysis. Climate change in six Italian cities." DOI: 10.25424/cmcc/analisi\_del\_rischio\_2021

14. 1971-2000 climate tables of the Milan Linate weather station from the 1971-2000 Climate Atlas of the Air Force Meteorological Service, at [clima.meteoam.it](http://clima.meteoam.it), Air Force Weather Service.