



COMUNE DI BORGOSATOLLO (BS)
SETTORE LAVORI PUBBLICI
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
GEOM. IVAN FADINI



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

E009

CUP C95E22000420007

APR 2023

REV00

REPORT DI ANALISI DELL'ADATTABILITA'



COORDINAMENTO GENERALE E
PROGETTO ARCHITETTONICO
SBG ARCHITETTI
Viale Gorizia, 30 - 20144 Milano



PROGETTO DELLE STRUTTURE
PROGETTO DEGLI IMPIANTI
ADVANCED ENGINEERING SRL
Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano (MI)



COORDINATORE DELLA SICUREZZA
OPTIMA SOLUZIONI AMBIENTALI SC,
Via Adeodato Ressi, 26 - 20125 Milano

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO	3
2.1 SCREENING DELL'ATTIVITA' IN PROGETTO	3
2.2 POSSIBILE IMPATTO SULL'ATTIVITA'	4
3. ANALISI DEGLI SCENARI CLIMATICI	5
3.1 STRESS TERMICO E ISOLE DI CALORE	5
3.2 EVENTI DI PRECIPITAZIONE INTENSA	7
3.3 SICCITA'	9
4. SOLUZIONI ADATTATIVE PREVISTE	16
4.1 SOLUZIONI ADATTATIVE AL RISCHIO DI STRESS TERMICO	16
4.2 SOLUZIONI ADATTATIVE AL RISCHIO DI PRECIPITAZIONI ESTREME	17
4.3 SOLUZIONI ADATTATIVE AL RISCHIO DI SICCITA'	18
4.4 INTEGRAZIONE CON IL CONTESTO	18

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce il Report di Analisi dell'Adattabilità per il progetto di REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO nel comune di BORGOSATOLLO (BS).

La regione Mediterranea è considerata uno degli "hot spot" del cambiamento climatico, con un riscaldamento che supera del 20% l'incremento medio globale e una riduzione delle precipitazioni in contrasto con l'aumento generale del ciclo idrologico nelle zone temperate comprese tra i 30° N e 46° N di latitudine. In Italia, l'analisi dei dati climatici misurati dalle principali reti di osservazione nazionali e regionali ha permesso di osservare un incremento della temperatura media annua nel periodo 1981-2010 rispetto al trentennio 1971-2000.

Gli ultimi anni sono stati oltremodo caratterizzati da incrementi di temperatura piuttosto elevati. Il 2022 è stato, ad esempio, il terzo anno più caldo dall'inizio delle osservazioni, dopo i record già registrati nel 2019, 2018 e nel 2015. Sono dati che si riferiscono alla temperatura media annuale e fanno registrare aumenti molto significativi per lo studio del clima e dei suoi impatti sui sistemi sociali, economici, ambientali.

Tale andamento è confermato anche dagli indici che considerano la variazione del numero delle notti calde e delle giornate calde. Per quanto riguarda le precipitazioni, gli indici degli estremi mostrano una maggiore disomogeneità nei valori delle osservazioni. Ad ogni modo, gli indici di precipitazione evidenziano infine un generale aumento, statisticamente significativo, dell'intensità degli eventi di precipitazione sia al Nord che al Sud.

2. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CLIMATICO

I rischi climatici fisici che pesano sull'opera in progetto sono stati identificati effettuando una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità conformemente alla seguente procedura:

- a) screening dell'attività per identificare quali rischi climatici fisici possono influenzare l'andamento dell'attività economica durante il ciclo di vita previsto;
- b) valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità per esaminare la rilevanza dei rischi climatici fisici per l'attività economica;
- c) valutazione delle soluzioni di adattamento che possono ridurre il rischio fisico climatico individuato.

2.1 SCREENING DELL'ATTIVITA' IN PROGETTO

La valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità è proporzionata alla portata dell'attività e alla durata prevista (REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO). Poiché l'attività da insediare è di durata valutabile in 30 anni, la valutazione deve essere effettuata utilizzando proiezioni climatiche avanzate alla massima risoluzione disponibile nella serie esistente di scenari futuri¹ coerenti con detta durata. I rischi fisici legati al clima che possono influenzare il rendimento dell'attività economica durante la sua vita prevista sono evidenziati nella seguente tabella:

	Temperatura	Venti	Acque	Massa solida
Cronici	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Cambiamento del regime dei venti	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	
	Stress termico		Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Degradazione del suolo
			Stress idrico	

¹ Cfr. i percorsi di concentrazione rappresentativi RCP, (Representative Concentration Pathways) del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5.

Acuti	Ondata di calore	Ciclone, uragano, tifone	Siccità	
	Ondata di freddo/gelata	Tempesta (comprese quelle di neve, polvere o sabbia)	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	

2.2 POSSIBILE IMPATTO SULL'ATTIVITA'

Le proiezioni climatiche e la valutazione degli impatti si basano sulle migliori pratiche e sugli orientamenti disponibili e tengono conto delle più attuali conoscenze scientifiche per l'analisi della vulnerabilità e del rischio e delle relative metodologie in linea con le relazioni del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico, le pubblicazioni scientifiche sottoposte ad esame *inter pares* e i modelli più recenti.

Il possibile impatto indotto da eventi estremi di temperatura è legato alla possibilità di ondate di calore esacerbate da effetti di isola di calore urbana e diminuzione qualità dell'aria con conseguente:

- Aumento del fenomeno dell'isola di calore
- Perdita di biodiversità
- Riduzione nell'uso degli spazi pubblici e quindi della vita sociale

Il possibile impatto indotto da eventi estremi di precipitazione è dato da possibilità di alluvioni urbane con conseguente:

- Degradazione del verde pubblico
- Perdita di biodiversità
- Interruzione servizi pubblici e non

Il possibile impatto indotto dalla riduzione media delle precipitazioni è legato alla possibile scarsità/qualità idrica con conseguente:

- Competizione per uso dell'acqua con altri settori (agricoltura e industria)
- Diminuzione fornitura acqua

3. ANALISI DEGLI SCENARI CLIMATICI

Gli scenari climatici costituiscono una rappresentazione plausibile e semplificata del clima futuro, basata su un insieme coerente di relazioni climatologiche che è stato costruito per l'esplicito uso di indagare le possibili conseguenze dei cambiamenti climatici di origine antropica, spesso utilizzati come input per i modelli di impatto.

Le proiezioni climatiche, che si ottengono selezionando un RCP (ovvero una possibile evoluzione delle concentrazioni di gas climalteranti), spesso servono come materiale di base per la costruzione degli scenari climatici, ma gli scenari climatici di solito richiedono ulteriori informazioni, come il clima attuale osservato. Uno scenario di cambiamento climatico è la differenza tra uno scenario climatico e il clima attuale.

3.1 STRESS TERMICO E ISOLE DI CALORE

L'ambiente urbano è caratterizzato dalla presenza di superfici impermeabili, ricoperte da cemento e asfalto, e da poche aree di carattere naturale (suolo e vegetazione). In seguito all'incremento delle temperature medie ed estreme, alla maggiore frequenza (e durata) delle ondate di calore e di eventi di precipitazione intensa, bambini, anziani, disabili e persone più fragili saranno coloro che subiranno maggiori ripercussioni. Sono attesi, infatti, incrementi di mortalità per cardiopatie ischemiche, ictus, nefropatie e disturbi metabolici da stress termico e un incremento delle malattie respiratorie dovuto al legame tra i fenomeni legati all'innalzamento delle temperature in ambiente urbano (isole di calore) e concentrazioni di ozono (O₃) e polveri sottili (PM₁₀)². I centri urbani sono dei veri e propri "hot-spot" per i cambiamenti climatici, ossia aree geografiche caratterizzate da vulnerabilità ed esposizione molto elevate. Si tratta di luoghi in cui si erogano servizi sociali e culturali essenziali, dove i cambiamenti climatici condensano i loro effetti su una elevata percentuale di soggetti e attività sensibili.

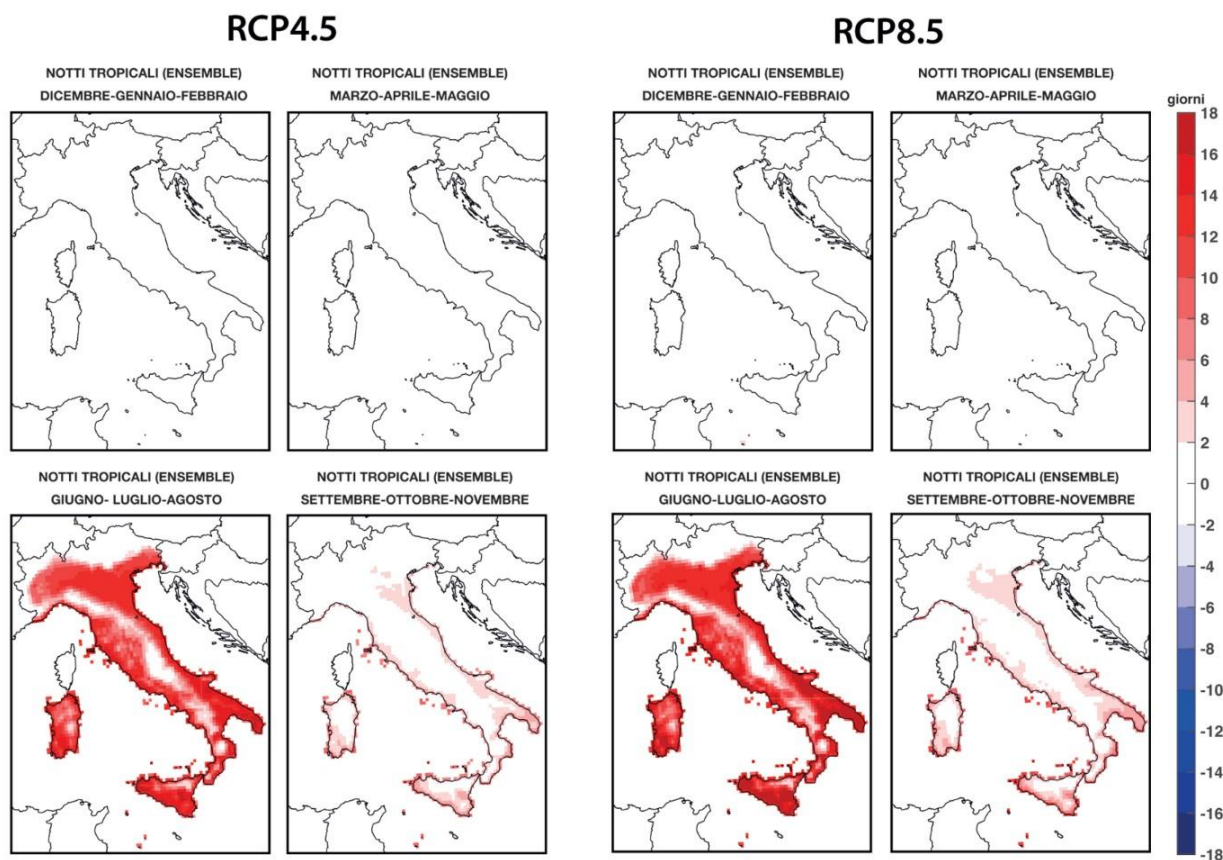
Stress termico in ambiente urbano. Gli ultimi decenni in Italia sono stati caratterizzati da aumenti significativi delle temperature medie e delle ondate di calore. Otto dei dieci anni più caldi della serie

² Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolf 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. "Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia". DOI: 10.25424/CMCC/ANALISI_DEL_RISCHIO

storica sono stati, infatti, registrati dal 2011 in poi, con anomalie comprese tra +1,26 °C e +1,71°C, mentre il 2019 è risultato il terzo anno più caldo dall'inizio delle osservazioni (+1,56°C rispetto al trentennio 1961-1990) (ISPRA, 2020). Si prevede che questo andamento vada rafforzandosi, con un incremento nelle temperature medie ed estreme e nella frequenza e durata delle ondate di calore, sia per lo scenario con emissioni contenute (RCP4.5) che in quello con emissioni elevate (RCP8.5), comportando quindi notevoli impatti per i centri urbani. L'ambiente urbano, infatti, è caratterizzato dalla presenza di superfici impermeabili, ricoperte da cemento e asfalto, e da poche aree di carattere naturale (suolo e vegetazione). Queste superfici assorbono la radiazione solare (diretta e riflessa) accumulando calore durante il giorno e liberandolo durante la notte. Questo calore si aggiunge a quello prodotto dai processi di combustione dei veicoli, dall'industria e dagli impianti di climatizzazione, rendendo le città più "calde" rispetto all'ambiente rurale circostante.

È infatti noto che i centri urbani sperimentano temperature più elevate anche di 5-10°C rispetto alle aree rurali circostanti. Noto come "isola di calore", questo fenomeno presenta temperature notturne particolarmente elevate per effetto del rilascio differito del calore accumulato durante il giorno da parte degli edifici. Inoltre, la presenza di "canyon" in molti agglomerati urbani riduce i moti convettivi e la ventilazione, limitando la dispersione del calore rispetto alle aree naturali più aperte. Ne derivano temperature percepite più elevate.

In considerazione delle analisi degli scenari climatici e dell'atteso aumento della temperatura media, la situazione appena descritta potrà acuirsi sia in termini di valori medi che per quello che riguarda gli estremi. Allo stesso modo potranno diventare più severi gli impatti associati a tale aumento.



Mappe stagionali di variazione dell'indicatore TN (notti tropicali) sull'Italia dall'ensemble EURO-CORDEX secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

3.2 EVENTI DI PRECIPITAZIONE INTENSA

L'Italia evidenzia una tendenza generalizzata su tutto il territorio nazionale all'aumento in frequenza ed intensità dei fenomeni di precipitazione estrema non solo in scenari di elevato cambiamento climatico come l'RCP8.5, ma anche nello scenario con cambiamento più contenuto RCP4.5. I rischi principali derivanti da eventi di precipitazione intensa in città sono principalmente due: esondazione di corpi idrici superficiali in bacini idrici a monte delle aree urbane, e inondazioni nelle aree urbane per una insufficiente capacità dei sistemi di drenaggio di smaltire grandi quantità di acqua in poco tempo.

In queste condizioni, l'acqua in eccesso viene principalmente smaltita per deflusso superficiale creando accumuli e corsi di acqua nelle strade, nelle zone e infrastrutture più basse come sottopassi, metrò, etc., e nei piani inferiori degli edifici. Emblematici sono gli esempi di Roma dove,

tra il 2010 e il 2019, si sono verificati 18 eventi di allagamenti a seguito di piogge intense, o quello di Milano, con 23 eventi totali nello stesso periodo, di cui 17 relativi a esondazioni dei fiumi Seveso e Lambro. Il 91% dei comuni italiani risulta comunque a rischio per frane e alluvioni; mentre oltre 7 milioni di persone vivono o lavorano in aree definite a "maggiore pericolosità" (Legambiente, 2019). Non solo eventi di precipitazione intensa, ma anche le caratteristiche geografiche e idrogeologiche del territorio, soprattutto forma e ubicazione delle città, rendono questi ambienti particolarmente esposti a questi impatti negativi. Durante l'ultimo secolo, a causa di un processo di urbanizzazione scarsamente controllato, le città sono state costruite in aree alluvionali e nei fondovalle di fiumi e torrenti, contribuendo al sostanziale incremento del rischio idrogeologico in tutte le aree urbane (Amanti et al., 2014).

Anche il fenomeno del progressivo incremento del consumo di suolo, con la trasformazione di suoli permeabili (tipici delle superfici naturali) in superfici impermeabili quali strade, parcheggi, piazze ed edifici, argini e letti dei corsi d'acqua cementificati, ha aumentato frequenza e intensità delle ondate di piena nei centri abitati. Preoccupa il fatto che, nonostante il progressivo trend di decrescita demografica, il consumo di suolo in Italia continui a crescere. Dalle cifre pubblicate dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (Munafò, 2019) emerge infatti che il trend di aumento del consumo del suolo prosegue negli anni più recenti, con un consumo annuale di 51 km² nel 2017 e di 53,5 km² nell'anno precedente (Munafò, 2019). Dal 2012 al 2018 sono stati consumati 315 km² (ISPRA, 2020). Di queste superfici rese artificiali, circa metà riguarda le aree urbane, soprattutto le aree periferiche (32%) ma anche le aree verdi nei centri urbani (15%) (ISPRA, 2020). Oltre ad avere un impatto negativo sul clima, anche le aree impermeabilizzate fuori dai centri impattano negativamente gli insediamenti in quanto velocizzano e aumentano le ondate di piena nei bacini idrici, favorendo i fenomeni di inondazione fluviale di aree urbane.

Gli insediamenti urbani, inoltre, sono caratterizzati da una elevata eterogeneità per forma e disposizione di zone residenziali, servizi, aree produttive e infrastrutture. Ciò influenza anche la vulnerabilità delle diverse aree interne alla città nei confronti di questi eventi. Un ulteriore elemento di differenziazione del grado con cui le aree urbane interne sono colpite è rappresentato, infine, dalle caratteristiche della popolazione residente. La presenza di persone anziane, persone con problemi di deambulazione, e/o famiglie povere che vivono più frequentemente in aree più degradate e prone al rischio, aumenta la sensibilità delle diverse aree ai danni che si possono verificare. In base al rapporto SNPA del 2019 (Munafò, 2019) i quartieri che nelle aree metropolitane considerate rientrano nelle classi di "disagio sociale" maggiori classificate cioè in "vulnerabili" o "di degrado", sono caratterizzati da valori medi di densità di consumo di suolo (espressa in m²/ha) significativamente più elevati di quelli delle aree di benessere relativo. Si può

quindi identificare una relazione biunivoca tra disagio sociale/povertà, maggiore esposizione al rischio climatico da eventi estremi e uso non oculato del suolo.

3.3 SICCITA'³

Gran parte degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche prospettano una riduzione della quantità della risorsa idrica rinnovabile, sia superficiale che sotterranea, in quasi tutte le zone semi-aride con conseguenti aumenti dei rischi che ne derivano per lo sviluppo sostenibile del territorio. I cambiamenti climatici attesi (periodi prolungati di siccità, eventi estremi e cambiamenti nel regime delle precipitazioni, riduzione della portata degli afflussi), presentano rischi per la qualità dell'acqua e per la sua disponibilità.

Con un utilizzo medio tra il 30 e il 35% delle sue risorse idriche rinnovabili e con consumi in aumento (WHO, 2018), l'Italia è considerata un Paese con stress idrico medio-alto. In Italia, secondo le stime dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT, 2015c), l'afflusso meteorico medio annuo nel trentennio 1971-2000 è stato di 241 miliardi di m³ con un lieve aumento della precipitazione media (+1,8%) nell'ultimo decennio (2001-2010). L'evapotraspirazione reale, che secondo ISTAT è pari al 65% delle precipitazioni, gioca un ruolo significativo nelle stime di bilancio idrico. Il territorio italiano è caratterizzato da una fitta rete idrografica, superficiale e sotterranea.

L'estensione totale dei ghiacciai è pari a 116 miliardi di m³ (368 km²) e rappresenta il 18% di tutti i ghiacciai presenti nell'intero arco alpino, nonostante una riduzione superficiale del 30% (159 km²) rispetto a rilevazioni condotte nel periodo 1959-1962. Il volume invasabile autorizzato dei serbatoi di competenza del Registro delle Grandi Dighe per l'utilizzo antropico della risorsa idrica ammonta a 12,1 miliardi di m³, comprendendo gli sbarramenti che regolano il deflusso dei grandi laghi naturali (ISPRA, 2015).

Dall'ultimo rapporto ISTAT sull'utilizzo e la qualità della risorsa idrica in Italia risulta che il prelievo di acqua ad uso potabile è in crescita (+6,9% dal 1999) e ammonta a 9,5 miliardi di m³, pari a 156 m³ annui pro capite, risultando essere il più elevato tra i Paesi europei (ISTAT, 2019). Secondo ISTAT, circa l'85% proviene da acque sotterranee mentre il 15% da acque superficiali. I maggiori prelievi per uso potabile si riscontrano nelle regioni del Nord-ovest e nel Sud Italia. Tuttavia, solamente 8,8 miliardi di m³ (l'80% del volume prelevato) sono immessi nelle reti comunali di distribuzione

³ Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolf 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. "Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia". DOI: 10.25424/CMCC/ANALISI_DEL_RISCHIO

dell'acqua potabile e il volume erogato agli utenti è ulteriormente ridotto dell'11,6% a causa di dispersioni di rete (ISTAT, 2019), con aree più o meno colpite da questo fenomeno. Le perdite percentuali reali ammontano al 38,8% (in aumento rispetto al 2012 in cui arrivavano al 37,4%).

Il prelievo di acqua non avviene solo per l'uso civile e agricolo, ma vanno inclusi anche gli usi industriale ed energetico (ISTAT, 2016).

Gli impatti dei cambiamenti climatici sulla quantità della risorsa idrica. Secondo gli scenari proposti dall'Intergovernamental Panel on Climate Change (ONU) per il futuro è attesa una riduzione della quantità della risorsa idrica rinnovabile, sia superficiale che sotterranea, in quasi tutte le zone semi-aride. I cambiamenti climatici modificheranno in modo marcato la variazione del flusso fluviale stagionale. In particolare, la crescente temperatura aumenterà l'evapotraspirazione e innalzerà il limite nevoso ad altitudini e latitudini maggiori e diminuirà le riserve nevose e glaciali. Questo comporterà un aumento del flusso invernale in Nord Europa e nei fiumi montani, e minori portate fluviali estive (EEA, 2018). In particolare, secondo un'analisi effettuata da Forzieri (2014), i cambiamenti climatici avranno un impatto pronunciato sulle portate basse con tempo di ritorno di 20 anni a partire dagli anni 2050 (2041-2070) per poi arrivare negli anni successivi (2080) ad una diminuzione di oltre il 40% di queste portate. Questo risultato deriva da una riduzione della precipitazione e dell'aumento dell'evapotraspirazione in seguito alle temperature più alte. Un'ulteriore diminuzione delle portate (10-15%) è causata dall'aumento dei prelievi antropici, per i quali si ipotizza un incremento tra il 5% e 25% nel Nord e Centro Italia ed una diminuzione nel resto del Paese.

La maggior parte delle analisi sugli effetti dei cambiamenti climatici si concentra sui distretti e i bacini idrografici più grandi ed importanti, tra tutti il Bacino Idrografico del Po. Coppola et al., (2014), confrontando lo scenario di medio-lungo termine (2020-2050) con la serie di dati storica (1960-1990) dell'alto bacino del Po, mostrano un anticipo del picco di portata primaverile da maggio ad aprile, a causa dell'accelerato scioglimento della neve. Il deflusso ne risulta in diminuzione per l'intero anno ad eccezione del periodo invernale. La variazione del deflusso invernale è concentrata nella parte settentrionale del bacino del Po, in aumento del 40% nelle zone di alta quota, mentre le parti pianeggianti registrano un aumento del 20%. In primavera il deflusso diminuisce del 20% lungo l'intero corso del fiume Po e arriva al 40% negli estremi settentrionali e meridionali del bacino. Una simile diminuzione della portata (-20%) caratterizza il deflusso estivo.

Nello studio di Vezzoli et al., (2015), per i due scenari climatici RCP4.5 (che indica contenute emissioni di CO₂) e RCP8.5 (elevate emissioni), si è stimato che il deflusso medio annuo dell'asta principale del Po diminuisca per i periodi 2041-2070 e 2071-2100, rispetto al periodo di

riferimento 1982–2011. Nel medio-lungo periodo (2041- 2070) il deflusso si abbassa tra i mesi di maggio e novembre, mentre rimane costante durante il resto dell'anno. Nel lungo periodo (2071-2100), il calo di deflusso diventa più pronunciato e si assesta al 60% per i mesi più freddi, tra dicembre e aprile. Pedro-Monzonís et al., (2016) hanno studiato la disponibilità idrica del Po nello scenario RCP4.5 (scenario con consistente riduzione di emissioni di gas serra): rispetto alle condizioni attuali il volume delle riserve idriche scende da 95 a 72 km³, il volume relativo all'apporto meteorico si riduce di 23 km³, il deflusso alla foce si riduce a 33 km³ rispetto agli oltre 50 km³.

Per quanto riguarda altri bacini fluviali nel Nord Italia i trend previsti sono diversi. Lo studio sul fiume Toce di Ravazzani et al., (2014) ha evidenziato che il deflusso medio mensile potrebbe aumentare del 36-68% nel mese di gennaio, dell'81-119% a febbraio e del 48-126% a ottobre. I deflussi nei mesi estivi invece diminuiscono notevolmente (del 36% ad agosto). Un'analisi simile condotta per il fiume Serio in Lombardia da Confortola et al., (2013) mostra invece una minore diminuzione delle precipitazioni (7-21%).

In tutti gli scenari presentati si evidenzia nel Nord Italia una riduzione del manto nevoso, mentre la portata media annua non subisce variazioni oppure aumenta leggermente, e la variabilità intra-annua aumenta notevolmente: fino al -75% nei periodi secchi, e raggiunge il +150% (o addirittura 350%) in autunno e in inverno.

Ciononostante, tali studi permettono di identificare come le principali alterazioni dovute a cambiamenti di temperatura e precipitazioni riguardino una maggiore incidenza di fenomeni di eutrofizzazione, ossia un aumento della biomassa vegetale nella forma di fioriture (bloom) algali dovuti ad un aumento delle temperature e del carico di nutrienti. Inoltre, un aumento del tasso di run-off, il ruscellamento superficiale delle acque non trattenute dal suolo dovuto a precipitazioni intense, comporterebbe un maggiore dilavamento di sostanze presenti nel terreno (Benítez-Gilabert et al., 2010; Gascuel-Odoux et al., 2010; Howden et al., 2010; Loos et al., 2009; Macleod et al., 2012), contribuendo ad aumentare i carichi di nutrienti, sali, coliformi fecali, patogeni e metalli pesanti (Boxall A. B. A. et al., 2009; Paerl et al., 2006; Pednekar et al., 2005; Tibby & Tiller, 2007) veicolati nei corsi d'acqua con conseguenti impatti sulla salute umana e sull'uso della risorsa a scopo potabile (Weatherhead & Howden, 2009).

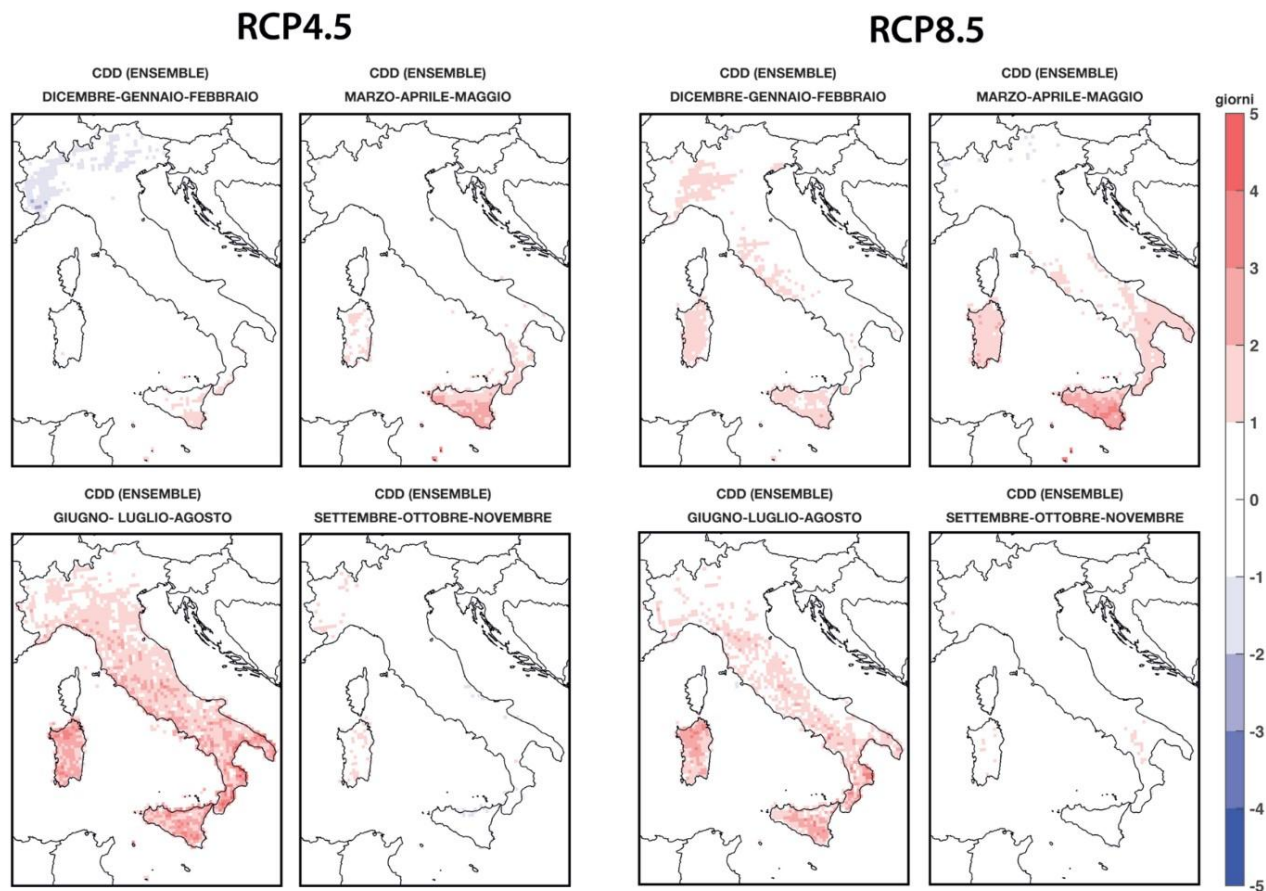
L'aumento di temperatura e fenomeni di run-off, in concomitanza anche con un elevato consumo di suolo, sono stati identificati come le principali variabili a influenzare l'apporto e le concentrazioni di nutrienti e contaminanti nei corpi idrici (Kaushal et al., 2014). È stato osservato come la riduzione delle portate e delle velocità degli afflussi di acqua dolce, in concomitanza con fenomeni prolungati

di siccità, sfavorisca la diluizione e aumenta i tempi di residenza delle acque, promuovendo la proliferazione algale e la riduzione dei livelli di ossigeno disciolto (Grover, 2015). Allo stesso modo, fenomeni di alluvioni improvvise (flash-floods) dovuti a precipitazioni intense e concentrate in brevi periodi, aumentano in maniera incontrollata il ruscellamento (run-off) e quindi l'apporto di nutrienti e contaminanti provenienti da fonti diffuse quali pratiche agricole e zootecniche, oltre al dilavamento del suolo urbano, causando così picchi di carico di tali sostanze nei corpi idrici.

Sono inoltre osservabili alterazioni dei cicli bio-geo-fisici degli elementi principali dovuti all'aumento di temperature, soprattutto in regioni aride e semi-aride sotto forma di aumento della concentrazione di sostanza organica disciolta e nutrienti come nitrati e fosfati (Benítez-Gilabert et al., 2010; Chang, 2004; Ozaki et al., 2003). Le variazioni di temperatura e precipitazione giocano pertanto un ruolo chiave nell'alterazione dei parametri chimici della risorsa idrica.

Uno stressor climatico particolarmente rilevante per le aree urbane deriva dalla riduzione delle precipitazioni, soprattutto nel periodo estivo, in tutte le macro regioni climatiche italiane ad eccezione di alcune zone del Veneto e della Toscana e delle zone alpine. Questo fenomeno determina situazioni di siccità e scarsità idrica più frequenti e aumento della competizione tra domanda d'acqua potabile per uso urbano e per usi agricoli, industriali-energetici e per garantire il funzionamento dei servizi ecosistemici. Questo conflitto potenziale si colloca in un contesto di stress idrico medio-alto esistente già oggi, in cui si sfrutta più del 30% delle risorse idriche rinnovabili, a fronte dell'obiettivo europeo di efficienza che prevede di non estrarre più del 20% delle risorse idriche rinnovabili disponibili.

Meno piogge ma più intense. Tra i principali risultati evidenziati dalle analisi degli scenari climatici vi è una diminuzione delle precipitazioni nel periodo estivo (più lieve in primavera) per il Sud e per il Centro Italia, aumentano le precipitazioni nel periodo invernale nel Nord Italia. Associato a questi segnali vi è un aumento sul territorio della massima precipitazione giornaliera per la stagione estiva ed autunnale, più marcata per lo scenario ad elevate emissioni di gas serra.



Mappe stagionali di variazione dell'indicatore CDD (giorni consecutivi con pioggia inferiore a 1 millimetro) sull'Italia dall'ensemble EURO-CORDEX secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

4. SOLUZIONI ADATTATIVE PREVISTE

Per “adattamento” si intende il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti.

La capacità di adattamento (agli impatti dei cambiamenti climatici) è la capacità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e degli altri organismi di adattarsi a potenziali danni, per sfruttare le opportunità o per rispondere alle conseguenze dei cambiamenti climatici.

Le soluzioni adattative per l'intervento di progetto sono modulate sulla lunga durata (superiore ai 30 anni) durante la quale il fabbricato sarà esposto al clima in evoluzione, con eventi climatici sempre più avversi e frequenti come analizzato nei paragrafi precedenti.

La valutazione della vulnerabilità e dei rischi climatici significativi contribuisce a individuare, valutare e attuare misure di adattamento dell'edificio mirate a migliorare il grado di resilienza climatica.

Si è valutato che l'edificio potrà essere esposto a:

1. cambiamento della temperatura e ondate di calore;
2. cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni con eventi acuti di pioggia, grandine.
3. siccità

Integrare sin da questa fase iniziale strategie di adattamento orientando le scelte progettuali è fondamentale per adattare la costruzione ai più importanti rischi climatici che impattano sull'edificio e sull'attività che in esso si svolge.

4.1 SOLUZIONI ADATTATIVE AL RISCHIO DI STRESS TERMICO

Il progetto integra strategie di resilienza al rischio di surriscaldamento. Le disposizioni planimetriche, le giaciture dei filari alberati così come gli allineamenti delle aperture finestrate contribuiscono ai moti convettivi esterni ed interni all'edificio convogliando il calore verso le aree

sistematiche a verde. Le aree pavimentate esterne sono progettate con materiali ad alto indice di riflettanza (SRI) in modo da ridurre il calore differito notturno.

In particolare è stata studiata la disposizione delle aperture con capacità ventilante naturale: 1) orientando le aperture verso i venti diurni estivi prevalenti; 2) distribuendo gli ambienti abitabili in modo da garantire un duplice affaccio tra ambienti contrapposti; 3) studiando la contrapposizione degli affacci in modo da favorire i collegamenti ventilanti tra la zona ad alta pressione (controvento) e quella a bassa pressione (sottovento); 4) sfruttando, ove possibile, la ventilazione verticale dovuta all'effetto camino attraverso aperture zenitali.

Tutti i componenti dell'involucro edilizio hanno trasmittanze molto basse. Gli involucri opachi orizzontali e verticali, con elevata inerzia grazie alle stratigrafie ottimizzate, riescono a smorzare l'onda termica. L'orientamento dell'edificio, gli sporti di gronda a protezione delle aperture finestrate esterne, così come i valori delle dotazioni schermanti (oscuranti + vetri a fattore di trasmissione solare controllato) minimizzano i fenomeni di surriscaldamento e i carichi termici. Globalmente la riduzione dei carichi termici minimizza la potenza dei generatori e garantisce un basso fabbisogno globale di energia primaria non rinnovabile.

L'involucro esterno è realizzato utilizzando materiali particolarmente performanti dal punto di vista dell'isolamento termico sia per il regime estivo che per quello invernale, garantendo un "Indice della prestazione energetica globale dell'edificio" (Energia primaria non rinnovabile), indispensabile per mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici e garantire elevati livelli di comfort interno in tutte le stagioni, ma soprattutto per ridurre i consumi del fabbricato che è in grado di raggiungere la quasi totale autosufficienza energetica.

4.2 SOLUZIONI ADATTATIVE AL RISCHIO DI PRECIPITAZIONI ESTREME

Per rispondere ai rischi legati ai cambiamenti del regime delle precipitazioni il progetto prevede ampie porzioni di aree esterne permeabili in modo da favorire il deflusso naturale delle acque verso la falda e sistemi a dispersione delle acque meteoriche provenienti dalle coperture del nuovo edificio che verranno raccolte e disperse localmente.

L'adozione di tecniche di drenaggio sostenibile delle acque meteoriche è in grado di far fronte ai cambiamenti climatici relativi al che mettono in crisi gli impianti fognari esistenti. La filosofia che ha guidato la progettazione mira a soluzioni architettoniche e di urban design che agevolano il:

- contenimento dei deflussi delle acque meteoriche

- recupero ed utilizzo delle acque meteoriche

- infiltrazione delle acque meteoriche

L'adozione di ampie aree verdi e pavimentazioni drenanti contribuiscono in maniera importante al contenimento del consumo di suolo e alla tutela del ciclo dell'acqua in condizioni naturali, garantendo la filtrazione verso la falda acquifera e la riduzione dell'acqua superficiale di scorrimento da captare e smaltire e favorendo la biodiversità.

Le soluzioni di progetto di gestione delle acque meteoriche sono "basate sulla natura" ovvero sul principio "Natural Based Solutions". Si definiscono come soluzioni che sono ispirate alla natura e da essa supportate, che sono convenienti, forniscono al contempo benefici ambientali, sociali ed economici e contribuiscono a creare resilienza. Esse neutralizzano il ruscellamento superficiale delle acque non trattenute dal suolo dovuto a precipitazioni ("run off") e il relativo dilavamento del suolo urbano, riducendo i picchi di carico di sostanze inquinanti nei corpi idrici.

4.3 SOLUZIONI ADATTATIVE AL RISCHIO DI SICCITA'

L'impianto di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche sarà integrato con cisterne interrato che serviranno come serbatoi di accumulo per conservare l'acqua piovana che diventa preziosa risorsa idrica da utilizzare nei periodi di particolare siccità per l'irrigazione delle aree verdi.

L'impianto di irrigazione è integrato con il sistema di raccolta delle acque meteoriche per consentirne l'utilizzo tramite apposita vasca di accumulo. L'impianto tiene conto delle condizioni del sito (clima, suolo, sistema di raccolta delle acque pluviali, articolazione spaziale, morfologia del terreno, orografia, utilizzo, ecc.), della tipologia di formazioni arbustive ed erbacee da irrigare. L'impianto è dotato di sistema di misurazione del fabbisogno idrico del terreno, di controllo dell'acqua erogata e di allarme in caso di guasto.

L'impianto di irrigazione consente di regolare il volume dell'acqua erogata nelle varie zone; è dotato di temporizzatori regolabili, per programmare il periodo di irrigazione; è dotato di igrometri per misurare l'umidità del terreno o di pluviometri per misurare il livello di pioggia e bloccare automaticamente l'irrigazione quando l'umidità del terreno è sufficientemente elevata.

Il progetto include l'utilizzo di rubinetteria temporizzata con interruzione del flusso d'acqua per lavabi dei bagni e delle docce. A garanzia del basso consumo d'acqua si prevede per lavandini, lavabi, bidet un flusso non superiore a 6 l/min, mentre per le docce un flusso non superiore a 8

l/min. Nei servizi igienici di progetto verranno installati apparecchi sanitari con cassette a doppio scarico, aventi scarico completo di massimo 6 litri e scarico ridotto di massimo 3 litri.

4.4 INTEGRAZIONE CON IL CONTESTO

Le soluzioni di adattamento di progetto non influiscono negativamente sul livello di resilienza ai rischi climatici fisici di terzi, del contesto ambientale, del patrimonio culturale, dei beni di altre attività economiche. Le soluzioni di progetto sopra descritte sono coerenti con i piani e le strategie di adattamento a livello locale, settoriale, regionale o nazionale.