



RETE DELLE UNIVERSITÀ PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Gruppo di Lavoro Cambiamenti Climatici

LINEE GUIDA E BUONE PRATICHE PER L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI DEGLI ATENEI ITALIANI

Coordinatore

Prof. Stefano Caserini c/o Servizio Sostenibilità del Politecnico di Milano
02 2399. 9318 \ 9354 – rus-cambiamenticlimatici@polimi.it



Composizione del Gruppo di Lavoro “Cambiamenti Climatici” al 30 novembre 2020:

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna	Giorgio	Prosdocimi Gianquinto
Gran Sasso Science Institute	Chiara	Badia
Gran Sasso Science Institute	Alessandro	Palma
Libera Università di Bolzano	Giustino	Tonon
Libera Università Internazionale degli Studi Sociali "Guido Carli" - LUISS	Francesco	Flego
Politecnico di Bari	Antonio	Messeni Petruzzelli
Politecnico di Milano	Paola	Baglione
Politecnico di Milano	Stefano	Caserini (Corrdinatore del GdL)
Politecnico di Milano	Eugenio	Morello
Politecnico di Milano	Eleonora	Perotto
Politecnico di Torino	Jost - Diedrich	Graf Von Hardenberg
Politecnico di Torino	Patrizia	Lombardi
Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna	Roberto	Buizza
Università Ca' Foscari Venezia	Anna	Carlesso
Università Ca' Foscari Venezia	Enrica	De Cian
Università Ca' Foscari Venezia	Martina	Gonano
Università Ca' Foscari Venezia	Lisa	Pizzol
Università Ca' Foscari Venezia	Elena	Semenzin
Università Carlo Cattaneo - LIUC	Giorgio	Ghiringhelli
Università degli Studi "G. D'Annunzio" Chieti Pescara	Piero	Di Carlo
Università degli Studi del Sannio	Flavia	De Nicola
Università degli Studi della Basilicata	Ruggero Giuseppe Alfredo	Ermini
Università degli Studi della Toscana	Pier Paolo	Danieli
Università degli Studi della Toscana	Andrea	Petroselli
Università degli Studi dell'Aquila	Gabriele	Curci
Università degli Studi dell'Insubria	Mauro	Guglielmin
Università degli Studi di Bari Aldo Moro	Domenico	Capolongo
Università degli Studi di Bergamo	Maria Rosa	Ronzoni
Università degli Studi di Cagliari	Antonio	Pusceddu
Università degli Studi di Camerino	Maria Federica	Ottone
Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale	Michele	Saroli
Università degli Studi di Ferrara	Massimiliano	Mazzanti
Università degli Studi di Ferrara	Paola	Spinuzzi
Università degli Studi di Firenze	Ugo	Bardi
Università degli Studi di Firenze	Camilla	Di Bari
Università degli Studi di Foggia	Alessandro	Cirillo
Università degli Studi di Genova	Adriana	Del Borghi
Università degli Studi di Genova	Michela	Gallo
Università degli Studi di Macerata	Carlo Alberto	Bentivoglio
Università degli Studi di Macerata	Andrea	Caligiuri
Università degli Studi di Milano	Maurizio	Maugeri
Università degli Studi di Milano	Antonella	Senese
Università degli Studi di Milano-Bicocca	Giacomo	Magatti
Università degli Studi di Milano-Bicocca	Valter	Maggi
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	Francesca	Despini

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	<i>Grazia</i>	<i>Ghermandi</i>
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	<i>Stefano</i>	<i>Orlandini</i>
Università degli Studi di Padova	<i>Alessandro</i>	<i>Manzardo</i>
Università degli Studi di Padova	<i>Alessandro</i>	<i>Mazzari</i>
Università degli Studi di Parma	<i>Maria Giovanna</i>	<i>Tanda</i>
Università degli Studi di Pavia	<i>Norma</i>	<i>Anglani</i>
Università degli Studi di Pavia	<i>Martina</i>	<i>Giometti</i>
Università degli Studi di Perugia	<i>Primo</i>	<i>Proietti</i>
Università degli Studi di Perugia	<i>Federico</i>	<i>Rossi</i>
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"	<i>Francesco</i>	<i>Cioffi</i>
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"	<i>Fausto</i>	<i>Manes</i>
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"	<i>Bruno</i>	<i>Mazzara</i>
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	<i>Renato</i>	<i>Baciacchi</i>
Università degli Studi di Roma Unitelma Sapienza	<i>Enrica</i>	<i>Imbert</i>
Università degli Studi di Scienze Gastronomiche	<i>Franco</i>	<i>Fassio</i>
Università degli Studi di Siena	<i>Simone</i>	<i>Bastianoni</i>
Università degli Studi di Siena	<i>Massimiliano</i>	<i>Montini</i>
Università degli Studi di Torino	<i>Marco</i>	<i>Bagliani</i>
Università degli Studi di Torino	<i>Tommaso</i>	<i>Orusa</i>
Università degli Studi di Trento	<i>Lorenzo</i>	<i>Giovannini</i>
Università degli Studi di Udine	<i>Francesco</i>	<i>Marangon</i>
Università degli Studi di Udine	<i>Alessandro</i>	<i>Peressotti</i>
Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"	<i>Michela</i>	<i>Maione</i>
Università degli Studi di Verona	<i>Claudia</i>	<i>Daffara</i>
Università degli Studi di Verona	<i>Giorgio</i>	<i>Gosetti</i>
Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro"	<i>Enrico</i>	<i>Ferrero</i>
Università del Salento	<i>Maria Antonietta</i>	<i>Aiello</i>
Università del Salento	<i>Alberto</i>	<i>Basset</i>
Università del Salento	<i>Michele</i>	<i>Carducci</i>
Università del Salento	<i>Anna Maria</i>	<i>Cherubini</i>
Università del Salento	<i>Piero</i>	<i>Lionello</i>
Università del Salento	<i>Pierluigi</i>	<i>Portaluri</i>
Università della Calabria	<i>Mauro</i>	<i>La Russa</i>
Università di Pisa	<i>Daniele</i>	<i>Antichi</i>
Università di Pisa	<i>Chiara</i>	<i>Galletti</i>
Università di Pisa	<i>Luigi</i>	<i>Pellizzoni</i>
Università Europea di Roma	<i>Margherita</i>	<i>Pedrana</i>
Università IUAV di Venezia	<i>Denis</i>	<i>Maragno</i>
Università per Stranieri di Perugia	<i>Chiara</i>	<i>Biscarini</i>
Università per Stranieri di Perugia	<i>Valentino</i>	<i>Santucci</i>
Università per Stranieri di Siena	<i>Massimiliano</i>	<i>Tabusi</i>

Le presenti linee guida sono state redatte dal Gruppo di lavoro Cambiamenti climatici della RUS. Hanno contribuito alla stesura del testo: Piero di Carlo, Stefano Caserini, Tommaso Orusa, Enrico Ferrero, Mauro Guglielmin, Gabriele Curci, Fausto Manes, Bruno Mazzara, Antonella Senese, Maurizio Maugeri, Francesco Cioffi, Jost von Hardenberg, Roberto Buizza

Versione 5 del 4/12/2020

INDICE

PREMESSA

1. INTRODUZIONE – ASPETTI METODOLOGICI

- 1.1 Contesto
- 1.2 Profilo climatico
 - 1.2.1 Concetti base e glossario
 - 1.2.2 Serie storiche
 - 1.2.3 Proiezioni regionali
- 1.3 Vulnerabilità, rischi e resilienza
- 1.4 Processo partecipativo
- 1.5 Governance delle politiche di adattamento
- 1.6 Integrazione con i piani territoriali

2. ONDATE DI CALORE

- 2.1 Strategie
- 2.2 Buone pratiche

3. EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI

- 3.1 Strategie
- 3.2 Buone pratiche

4. ESEMPI E RIFERIMENTI DI BUONE PRATICHE DI ADATTAMENTO

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

PREMESSA

Mitigazione ed adattamento sono aspetti inscindibili per affrontare il problema del cambiamento climatico poiché, nonostante sia fondamentale ed indifferibile la riduzione delle emissioni di gas clima-alteranti per ridurre il forcing radiativo, azioni di mitigazione producono i loro effetti su tempi scala medio-lunghi: decine, centinaia di anni. Ciò è dovuto al fatto che i principali gas serra antropogenici hanno tempi di residenza in atmosfera di decine o centinaia di anni quindi, anche azzerando le emissioni, le loro concentrazioni rimarrebbero al livello attuale ancora per tanti anni e, con essi, le conseguenze in termini di riscaldamento globale e del conseguente stress climatico. Di conseguenza alla mitigazione va necessariamente affiancato l'adattamento, ovvero tutte quelle azioni, interventi, politiche per resistere, convivere, e in certi casi anche trarre dei benefici, con le conseguenze del cambiamento climatico, fintanto la mitigazione non produca i suoi effetti.

Dopo circa 3 anni di attività del Gruppo di Lavoro "Cambiamenti climatici" si è deciso, pertanto, di fornire alcune indicazioni su come affrontare il tema dell'adattamento al cambiamento climatico negli Atenei italiani. Infatti, dopo le attività sul tema della mitigazione, attraverso la stesura delle linee guida per la stima delle emissioni di CO₂ degli Atenei, la definizione dei Piani di riduzione delle emissioni di CO₂ degli Atenei e tante iniziative di comunicazione e disseminazione, il tema dell'adattamento è il pilastro necessario per dare completezza alle iniziative sul tema del cambiamento climatico nelle università. Questo pilastro è rilevante non solo in relazione agli impatti attesi per i prossimi decenni, ma anche in relazione a quelli già in atto.

Il presente documento fornisce quindi indicazioni a due livelli:

- fornisce agli Atenei delle linee guida per la redazione dei Piani di adattamento al cambiamento climatico, per gli Atenei che intendono affrontare questa tematica in modo strutturato;
- fornisce alcune buone pratiche, derivanti dall'esperienza di Atenei nazionali ed internazionali, che possono essere rapidamente implementate negli Atenei.

1. INTRODUZIONE – ASPETTI METODOLOGICI

1.1 Contesto

L'adattamento al cambiamento climatico negli ultimi anni sta acquisendo un ruolo sempre più centrale, ad esempio nella definizione di politiche, linee guida e piani strategici. Essendo una problematica di interesse generale, le iniziative vanno dalla scala globale, a quella europea e nazionale fino ad arrivare alla scala regionale e locale.

A partire dal primo Rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC First Assessment Report, FAR, 1990) , il tema dell'adattamento è stato posto come una delle azioni da intraprendere per diversi aspetti e settori che vanno dall'agricoltura, all'innalzamento del livello del mare, alla salute umana. Nonostante l'attenzione crescente dell'IPCC all'adattamento al cambiamento climatico, per cui già dal terzo Rapporto di Valutazione del 2001 i report recano anche nel titolo la parola adattamento, insieme ad impatti e vulnerabilità (vedi, ad esempio, IPCC 2001),

solo nell'aprile 2013, l'Unione Europea ha approvato e quindi adottato una Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (EU, 2013; Commissione Europea, 2018a; Commissione Europea, 2018b). Gli obiettivi principali della Strategia di adattamento dell'UE sono fondamentalmente tre:

- promuovere azioni da parte degli Stati membri: la Commissione incoraggia tutti gli Stati membri ad adottare strategie di adattamento e fornisce finanziamenti per aiutarli a sviluppare le proprie capacità di adattamento. Supporta anche l'adattamento su scala locale, a livello di aree urbane, attraverso l'iniziativa per il clima e l'energia del Patto dei Sindaci;
- sostenere azioni di integrazione a livello dell'EU promuovendo ulteriormente l'adattamento in settori chiave vulnerabili come l'agricoltura, la pesca e la politica di coesione, garantendo che le infrastrutture europee siano rese più resilienti, e promuovendo l'uso dell'assicurazione contro le catastrofi naturali e quelle causate dall'uomo;
- implementare un processo decisionale più informato, colmando le lacune nelle conoscenze sull'adattamento e sviluppando ulteriormente la piattaforma europea di adattamento climatico (Climate-ADAPT).

L'Italia, come la quasi totalità dei Paesi membri dell'EU ed in linea con le direttive della Strategia europea, ha approvato con decreto direttoriale n.86 del 16 giugno 2015 la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC, 2015), nella quale sono stati individuati i principali impatti del cambiamento climatico per una serie di settori socio-economici e naturali, e sono state proposte azioni di adattamento a tali impatti. La fase successiva, iniziata nel maggio 2016, ha riguardato l'elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017), che, pubblicato in prima stesura nel luglio 2017, è stato sottoposto alle osservazioni di stakeholder, associazioni, enti nazionali e regionali. Purtroppo, non è ancora seguita una approvazione finale da parte del Parlamento Italiano del PNACC che, ciononostante, resta un riferimento per la stesura di Piani di adattamento regionali e locali.

Un elemento nuovo, che probabilmente ha impedito finora l'approvazione del PNACC è stato il cambio di strategia su come affrontare il problema del cambiamento climatico, manifestato a dicembre 2018, con la volontà di affrontare in maniera congiunta le tematiche climatiche con quelle energetiche, ed il coinvolgimento, quindi, del Ministero dello Sviluppo Economico al fianco di quello dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, responsabile fino a quel momento del PNACC. Questo cambio ha portato alla presentazione al Parlamento Europeo nel gennaio 2019 di un Piano Nazionale integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC, 2019) che sta seguendo lo stesso iter di consultazione pubblica seguito precedentemente dal PNACC. Anche il PNIEC al momento non è stato formalmente approvato dal Parlamento italiano.

Tra i dati salienti riportati all'interno del PNACC, c'è la proiezione di un incremento delle temperature generalizzato sulla penisola nel ventennio 2030-2050 e, in diverse regioni e stagioni, cambiamenti significativi nelle precipitazioni medie (sia positivi che negativi), un incremento degli eventi estremi idrologici di piogge intense e periodi siccitosi, un aumento del numero di giorni con temperature eccedenti i 29°C. Tali linee di tendenza, la cui intensità varia da sito a sito, sono da considerare come indicazione di possibili cambiamenti futuri, tenendo conto delle incertezze che inevitabilmente accompagnano tali proiezioni. Le incertezze sono dovute a diversi fattori, quali la complessità intrinseca del sistema Terra, e le limitazioni modellistiche dovute all'uso di un singolo modello e non un più ampio ensemble di modelli per le proiezioni. Nonostante i cambi di indirizzo a

livello nazionale e gli inevitabili ritardi, a livello locale diverse regioni, aree metropolitane e comuni hanno avviato attività per la redazione di linee guida, strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici utilizzando gli indirizzi del PNACC, oppure studi specifici locali, spesso frutto di progetti europei specifici. Pertanto, le indicazioni del PNACC possono essere assunte come punto di partenza, da cui identificare le azioni di adattamento anche negli Atenei.

Per quanto riguarda il mondo accademico, alcune università straniere hanno provveduto alla stesura di veri e propri piani di adattamento, come ad esempio l'università di Leeds e quella di Glasgow, in Inghilterra, o il MIT e UC Berkeley, negli Stati Uniti.

1.2 Profilo climatico

Un Piano di adattamento, a qualunque scala spaziale, deve basarsi sulla vulnerabilità climatica i cui capisaldi sono l'analisi della situazione storica e le proiezioni future della zona a cui fa riferimento. In particolare, sono analizzate le serie storiche di temperatura e precipitazione relative al più lungo periodo possibile e ad ogni modo relative almeno agli ultimi 40 anni. In genere sono disponibili serie storiche, anche su scala locale, che coprono intervalli temporali molto superiori anche di oltre 100 anni, per cui per definire la situazione climatica della zona si può far riferimento a dati disponibili da atlanti climatici regionali, dati dei servizi idrografici, dati delle agenzie regionali per l'ambiente o dati sviluppati nell'ambito di specifici progetti di ricerca. In assenza di dati locali, che se validati ed omogeneizzati sono da preferire perché rappresentativi puntuali dello stato del climatico locale, si può fare riferimento al PNACC dove per il territorio italiano sono state individuate sei macroregioni climatiche, mostrate in Figura 1:

Macroregione 1 - Prealpi e Appennino settentrionale

Macroregione 2 - Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale

Macroregione 3 - Appennino centro-meridionale

Macroregione 4 - Area alpine

Macroregione 5 - Italia centro-settentrionale

Macroregione 6 - Aree insulari ed estremo sud Italia

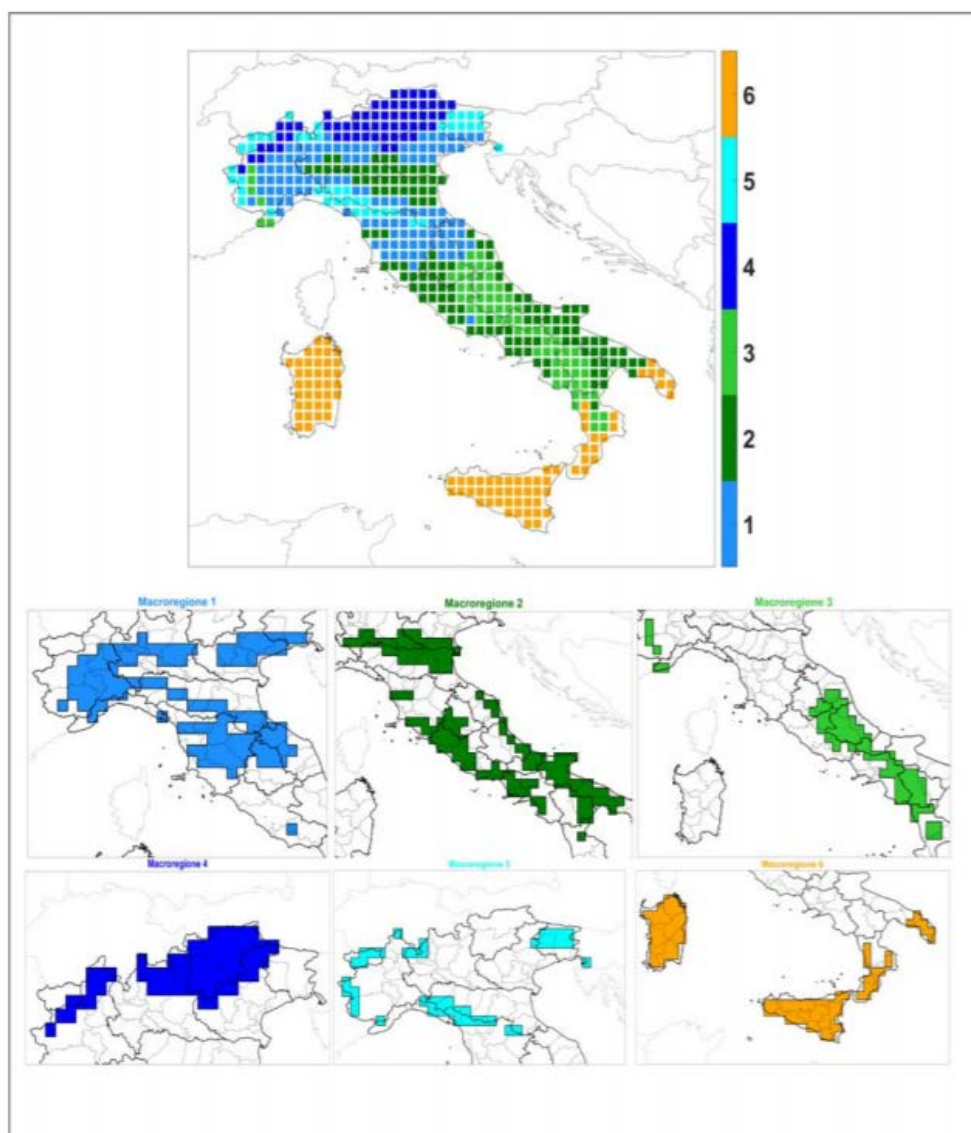


Figura 1. Mappa delle macroregioni identificate nel Piano Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017)

I valori medi di temperatura media annuale, giorni con precipitazioni intense, giorni caratterizzati da temperature molto fredde (frost days) o molto calde (summer days), precipitazioni invernali

cumulate, precipitazioni cumulate estive, 95° percentile delle precipitazioni nelle sei macroregioni sono mostrate in Tabella 1 (PNACC, 2017).









	Temperatura media annuale – Tmean (°C)	Giorni con precipitazioni intense – R20 (giorni/anno)	Frost days – FD (giorni/anno)	Summer days – SU95p (giorni/anno)	Precipitazioni invernali cumulate – WP (mm)	Precipitazioni cumulate estive – SP (mm)	95° percentile precipitazioni – R95p (mm)	Consecutive dry days – CDD (giorni)
								
Macroregione 1 Prealpi e Appennino settentrionale	13 (±0.6)	10 (±2)	51 (±13)	34 (±12)	187 (±61)	168 (±47)	28	33 (±6)
Macroregione 2 Pianura Padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale	14.6 (±0.7)	4 (±1)	25 (±9)	50 (±13)	148 (±55)	85 (±30)	20	40 (±8)
Macroregione 3 Appennino centro-meridionale	12.2 (±0.5)	4 (±1)	35 (±12)	15 (±8)	182 (±55)	76 (±28)	19	38 (±9)
Macroregione 4 Area alpine	5.7 (±0.6)	10 (±3)	152 (±9)	1 (±1)	143 (±47)	286 (±56)	25	32 (±8)
Macroregione 5 Italia centro-settentrionale	8.3 (±0.6)	21 (±3)	112 (±12)	8 (±5)	321 (±89)	279 (±56)	40	28 (±5)
Macroregione 6 Aree insulari ed estremo sud Italia	16 (±0.6)	3 (±1)	2 (±2)	35 (±11)	179 (±61)	21 (±13)	19	70 (±16)

Tabella 1. Valori climatici medi nelle sei macroregioni identificate nel Piano Nazionale per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017)

Definito il contesto climatico ‘storico’ della zona, ai fini di un Piano di Adattamento è necessario definire i possibili scenari futuri, espressi in termini di variazioni di temperatura, precipitazione che ci si aspetta per i decenni avvenire. Anche in questo caso, in assenza della disponibilità di dati da ensemble di proiezioni con modelli globali e/o regionali, si può far riferimento alle proiezioni fatte per le diverse macroaree in base ai diversi scenari nel PNACC.

1.2.1 Concetti base e glossario

Il documento PNACC contiene materiale infografico ben organizzato e di qualità che può essere già di per sé sufficiente ad iniziare la redazione di un Piano di Adattamento. Tuttavia, se in Ateneo fossero presenti necessità e/o competenze per l'elaborazione di dati numerici, ad esempio finalizzati all'utilizzo di modelli di impatto (es. su energia, trasporti, comfort, ecc.), sarebbe opportuno procurarsi delle serie storiche delle variabili climatiche di interesse, che includano almeno temperatura e precipitazione, a frequenza giornaliera o maggiore, e proiezioni climatiche future sull'area di interesse. Lo sforzo e il tempo richiesti per un tale compito variano a seconda delle esigenze, e le attività richieste possono richiedere anche molto lavoro, poiché non è detto che i prodotti già esistenti e liberamente accessibili soddisfino i requisiti di ogni particolare applicazione.

Per orientarsi anche solo nella lettura di documenti come il PNACC può essere utile avere un sintetico glossario derivato da Kreienkamp et al. (2012):

- Climate change signal (segnale del cambiamento climatico). È la differenza tra una certa proprietà del clima tra due periodi di tempo successivi. Solo le differenze valutate come

statisticamente significative sono considerate un “segnale”. Anche qui si può tentare di distinguere tra segnali naturali e di origine antropica.

- Climate Model Uncertainty (incertezza dei modelli climatici). In generale per incertezza si intende qualsiasi scostamento dalla completa conoscenza deterministica di un sistema. Nel caso dei modelli climatici l'incertezza può essere di diversa natura e le principali sono:
 1. la variabilità interna naturale del sistema climatico che rende impossibile determinare l'evoluzione esatta dello stato del sistema e che induce un'associata variabilità nei risultati modellistici;
 2. incertezza dovuta alla differente risposta di modelli diversi climatici alle stesse forzanti radiative, tipicamente causata da una diversa rappresentazione dei principali processi di fisico-chimici del sistema Terra;
 3. incertezza di scenario dovuta alle conoscenze imperfette sullo sviluppo futuro delle politiche di mitigazione e delle condizioni socio-economiche;
 4. “bias” ovvero uno scostamento sistematico tra le statistiche di alcune variabili climatiche riprodotte dai modelli e le osservazioni in alcune zone. A questi si aggiungono le incertezze nelle statistiche a causa di limitazioni nella rete osservativa. Climate variability (variabilità climatica). La variazione nel tempo dello stato del clima intorno a uno stato medio. Lo stato medio del clima viene convenzionalmente valutato su serie di almeno 20-30 anni. Di solito si cerca di distinguere la variabilità naturale da quella di origine antropica.
- CPM, Convection Permitting Model (modello a scala regionale con convezione permessa). Categoria emergente di RCM a risoluzione ancora più alta, inferiore a 5-10 km, che risolvono in modo molto esplicito i processi convettivi atmosferici (responsabili dei temporali estivi).
- Downscaling (riduzione di scala). Metodi per raffinare sia la risoluzione spaziale che temporale dell'output di un GCM. Si distinguono due classi principali di metodi di downscaling: (1) statistico, utilizzando informazioni da reti osservative di variabili atmosferiche per stabilire relazioni empiriche tra gli output dei GCM e variabili climatiche di interesse a piccola scala (ESD, Empirical Statistical Downscaling) e (2) dinamico, tramite l'utilizzo di un modello atmosferico ad area limitata (RCM) innestato nel GCM. Le aspettative riguardo l'uso delle tecniche di downscaling sono essenzialmente due: (1) migliorare la rappresentazione del clima presente e (2) migliorare la qualità delle proiezioni del clima futuro a una scala più fine.
- Earth-system model. È un modello, di solito globale, che include non solo processi della componente atmosferica, ma anche processi ‘rilevanti per studiare il clima’, dell'oceano, della terra ferma, e dei ghiacci. I modelli più avanzati utilizzati oggi includono anche componenti chimiche. Ensemble (insieme). Con “ensemble” si indica l'insieme di più realizzazioni equivalenti (di uguale probabilità) di un prodotto climatico attraverso l'uso di diversi modelli, diverse simulazioni con lo stesso modello o diversi scenari futuri. Ogni realizzazione va sotto il nome di “membro” dell'ensemble. Lo scopo della creazione di ensemble è la valutazione dell'incertezza. Tipicamente essa è riportata come “ensemble spread”, definito secondo diversi indicatori come la deviazione standard, la distanza interquartile, i limiti entro i quali si mantiene una certa percentuale dei membri (es. 90%), o mediante una qualsiasi altra metrica statistica opportunamente riportata nella documentazione del prodotto. Per alcune applicazioni, ai fini della valutazione dell'incertezza in cascata, è necessario svolgere più

realizzazioni dei modelli di impatto in cascata aventi in ingresso i singoli membri dell'ensemble. Si può intuire come questo tipo di attività possa essere computazionalmente assai onerosa. Un 'ensemble' può venire utilizzato per stimare l'incertezza solo se è di qualità, dove la qualità viene misurata dalla sua capacità di rappresentare correttamente la probabilità di diversi scenari.

- **Forecast (previsione).** Previsione deterministica del futuro stato del sistema atmosfera-suolo-oceano verificabile quantitativamente e puntualmente. Di solito associato alle previsioni meteorologiche che vanno in avanti nel tempo di giorni o settimane, oggi utilizzato anche per le previsioni stagionali che invece vanno avanti di alcuni mesi.
- **GCM, Global Circulation Model (modello di circolazione generale).** È un modello che risolve in modo esplicito i processi fisico-chimici che governano l'evoluzione dell'atmosfera, del suolo e degli oceani. I GCMs coprono l'intero globo terrestre a diverse risoluzioni orizzontali, indicativamente tra 50 e 100 km nelle versioni più recenti. Costituiscono il punto di partenza di qualsiasi simulazione a scala regionale a più alta risoluzione.
- **Model cascade (modelli in cascata).** Indica la gerarchia di modelli utilizzati in una specifica applicazione. Si parte sempre da un GCM, si raffina spazialmente con un altro modello dinamico (RCM) o statistico (ESD) e infine si forniscono i campi ottenuti a uno o più modelli di impatto (es. modelli idrologici, modelli energetici per edifici, modelli di reti di trasporto, modelli fenologici, ecc.)
Radiative forcing (forzante radiativa). I flussi energetici in entrata e in uscita dal sistema terra e interscambiati dai suoi sotto elementi (es. atmosfera, suolo, vegetazione, oceano) sono ciò che determinano lo stato del clima. La comprensione e la quantificazione dei cambiamenti di questi flussi e le relative cause sono l'oggetto dello studio dei cambiamenti climatici. Le possibili cause sono chiamate "forzanti radiative" in quanto modificano i flussi energetici. Esempi di forzanti sono l'attività solare, la composizione chimica dell'atmosfera (es. concentrazioni di gas serra e aerosol), cambiamenti nell'uso del suolo.
- **Projection (proiezione).** Descrizione probabilistica di uno stato futuro possibile o plausibile basato sull'assunzione di uno specifico scenario. Utilizzata per descrivere il clima nei decenni futuri.
- **RCM, Regional Climate Model (modello climatico a scala regionale).** È un GCM ad area limitata (es. un continente, una nazione o una più specifica area geografica) e a più alta risoluzione spaziale, spesso dell'ordine di 10 km, che serve ad introdurre maggiori dettagli spaziali nella simulazione (es. effetti della topografia e dell'utilizzo del suolo). Utilizzano le simulazioni GCM come condizioni iniziali e al contorno.
- **Scenari.** Sono delle narrazioni più o meno plausibili e/o desiderabili sull'evoluzione politica, economica, ambientale della società globale nei decenni futuri. Costituiscono la base per elaborare le proiezioni di come potrebbero evolvere i forzanti radiativi a seconda dello sviluppo sociale. Nelle diverse edizioni dei rapporti IPCC la loro definizione si è evoluta e con essa la nomenclatura delle simulazioni climatiche: Special Report on Emissions Scenarios (SRES) fino al IV rapporto del 2007 (https://en.wikipedia.org/wiki/Special_Report_on_Emissions_Scenarios), Representative Concentration Pathways (RCPs) nel V rapporto del 2014

(https://en.wikipedia.org/wiki/Representative_Concentration_Pathway) e Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) nel VI rapporto previsto per il 2021 (https://en.wikipedia.org/wiki/Shared_Socioeconomic_Pathways).

- Uncertainty cascade (incertezze a cascata). Termine che denota il moltiplicarsi dell'incertezza nell'applicazione di modelli a cascata: i modelli a valle risentiranno e, tipicamente, amplificheranno, quelle che sono le incertezze dei modelli più a monte.

1.2.2 Dati osservativi storici

A livello Europeo, l'iniziativa di maggior interesse per le attività RUS è probabilmente il dataset E-OBS (Cornes et al. 2018), che integra in un unico dataset le osservazioni di temperatura e precipitazione giornaliere e le omogenizza e interpola su un grigliato regolare di 0.1° di risoluzione spaziale (circa 10 km). I dati possono essere scaricati dal link: www.ecad.eu/download/ensembles/download.php o dal [Climate Data Store descritto sotto](#). I dati sono attualmente disponibili dal 1950 in avanti e vengono aggiornati con cadenza mensile. Essendo un prodotto di tipo "raster", ovvero una matrice georefereziata di dati, esso può essere usato sia per produrre mappe sull'area di interesse, sia per estrarre serie temporali su uno specifico punto. Le variabili disponibili includono temperatura media, minima e massima giornaliera, la precipitazione cumulata giornaliera, radiazione globale e pressione a livello del mare medi giornalieri. I dati sono corredati da una stima dell'incertezza basata su tecniche di "ensemble", che si applicano anche ai dataset osservativi, oltre che a quelli di simulazione climatica. Il motivo è che ogni dato presuppone l'esistenza di un modello sottostante che è stato applicato per rendere il dato fruibile. Nel caso dei dati E-OBS il modello consiste nell'interpolazione spaziale dei dati. È stato perciò implementato un algoritmo che crea un complesso ("ensemble" appunto) di dataset tra di loro equivalenti che si differenziano per i parametri che regolano la generazione del campo regolare interpolato (Cornes et al., 2018). Oltre alle variabili di base, sono disponibili anche una serie di indici climatici standard elaborati da un gruppo di esperti internazionale (ETCCDI, http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml), che permettono di visualizzare in modo compatto gli andamenti sia delle tendenze medie che delle variazioni estreme di temperatura e precipitazione. Anche le serie E-OBS, per quanto soggette a protocolli di controllo rigorosi e accettati dalla comunità scientifica, possono presentare delle distorsioni rispetto a ciò che si può ottenere da reti osservative locali più densamente distribuite e controllate, che si potrebbero ripercuotere in modo significativo anche nei risultati delle applicazioni a valle (Hofstra et al., 2009; Kyselý and Plavcová, 2010). Esistono metodi per migliorare la qualità del dato, specialmente in termini di disomogeneità introdotte dal cambio di strumentazione o dallo spostamento delle stazioni, ma sono piuttosto onerosi e richiedono molta esperienza per essere applicati (Brunetti et al., 2006; Venema et al., 2012).

Un altro prodotto di grande utilità è rappresentato da ERA5 (C3S, 2017), un prodotto di rianalisi atmosferico globale creato dall'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Una "rianalisi" viene prodotta con un modello meteorologico allo stato dell'arte, utilizzando una tecnica matematica detta di "assimilazione" che permette di trovare una soluzione del modello che sia compatibile con tutte le osservazioni meteorologiche disponibili per una certa data. Rappresenta in sostanza un'"interpolazione" dei dati storici attraverso un modello numerico moderno. Questo permette di rendere disponibili, su un lungo periodo storico (attualmente dal 1950 fino ad oggi per ERA5), le principali variabili climatiche essenziali su una griglia discreta globale, altamente risolta

(ca. 30 km per ERA5). Sono disponibili anche due dataset di rianalisi a maggior risoluzione, ERA5-Land e UERRA che raggiungono una risoluzione spaziale di 11 km.

Tutti i dataset osservativi e di rianalisi elencati (E-OBS, ERA5, UERRA, ERA5-Land) sono disponibili dal portale Copernicus Climate Change Service Data Store (<https://cds.climate.copernicus.eu>) che rappresenta un prezioso punto di accesso unico a dati autorevoli e controllati per qualità, fornendo rianalisi, proiezioni climatiche globali e regionali (CORDEX), osservazioni satellitari e in-situ, oltre a fornire strumenti che permettono un'agevole accesso, elaborazione in remoto e scaricamento dei dati.

1.2.3 Proiezioni regionali

Come per i dati storici sul clima, materiale infografico è disponibile anche sulle proiezioni future all'interno del PNACC, basato su proiezioni con il modello COSMO-CLM. Sono disponibili diversi strumenti online utili a realizzare mappe personalizzate di dati climatici, ad esempio lo strumento dell'Agenzia Ambientale Europea Climate-ADAPT: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/map-viewer> o le mappe tematiche dal servizio Copernicus Climate Change: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/search?type=application>.

Se si dovesse avere bisogno di dati numerici per applicazioni particolari di proiezioni climatiche o per l'utilizzo di modelli di impatto, o di un ensemble di simulazioni per una valutazione di incertezza, sarà necessario dotarsi di un dataset di simulazioni da modello regionale (RCM). L'iniziativa internazionale di confronto tra modelli regionali CORDEX (<https://cordex.org/>) mette a disposizione risultati da RCM a risoluzioni da 12km a 50 km, attraverso due programmi particolarmente rilevanti per l'Italia:

- EURO-CORDEX: www.euro-cordex.net/index.php/en (Simulazioni su tutto il dominio europeo con modelli regionali atmosferici)
- MED-CORDEX: www.medcordex.eu/ (Simulazioni sull'area mediterranea con modelli regionali accoppiati con un modello oceanico)

In aggiunta alle simulazioni da queste iniziative internazionali in alcuni atenei potrebbe essere disponibile un'infrastruttura interna per scopi di ricerca per le simulazioni con RCM, permettendo l'eventuale accessopotenzialmente a simulazioni specifiche per il sito di interesse ad alta risoluzione. Ovviamente l'impiego degli RCM richiede personale esperto nel settore e risorse computazionali ragguardevoli ed ha quindi senso perseguire questa strada solo se le risorse sono già disponibili eventualmente per scopi di ricerca. La differenza sostanziale tra un GCM e un RCM è la risoluzione spaziale e temporale con cui vengono simulate le caratteristiche geografiche e atmosferiche. Questo implica anche un utilizzo meno estensivo negli RCM di cosiddette parametrizzazioni dei processi a scale più fini della griglia del modello (es. convezione, turbolenza nello strato limite planetario): in pratica, si possono risolvere in modo più esplicito, rispetto ai GCM, alcuni dei processi fisico-chimici rilevanti. Una risposta univoca per tutte le variabili atmosferiche e le applicazioni non esiste, tuttavia, in base agli studi pregressi, ci si può attendere un valore aggiunto dal downscaling dinamico con un RCM soprattutto in aree geograficamente più disomogenee (es. topografica complessa, contrasto acqua-terra, utilizzo del suolo molto variegato) (Feser et al., 2011; Torma et al., 2015) e nella caratterizzazione dei valori estremi della distribuzione statistica delle variabili (Jacob et al., 2014).

Inoltre, in generale, ci si possono attendere maggior vantaggi del campo di precipitazione, piuttosto che di temperatura (Di Luca et al., 2012) anche se va notato che particolarmente in aree a topografia complessa i modelli CORDEX possono essere caratterizzati da importanti bias (Kotlarski et al. 2014).

1.3 Vulnerabilità, rischi e resilienza

La vulnerabilità è un concetto spesso non univoco, ma in generale per quanto riguarda il clima, è considerata come la propensione di un sistema a risentire negativamente di eventi direttamente o indirettamente riconducibili al cambiamento climatico. La vulnerabilità è funzione di due parametri fondamentali: la sensibilità, ovvero la suscettibilità a subire delle conseguenze negative, e la capacità adattiva, cioè la propensione a farvi fronte.

Poiché un Ateneo è inserito in un contesto territoriale, alla vulnerabilità del luogo e delle infrastrutture della zona si deve considerare in aggiunta quella specifica degli utenti e dipendenti dell'università; questa vulnerabilità, così come la propensione al rischio, che può essere diversa da quella della popolazione residente e delle infrastrutture dell'area dove sorgono le sedi universitarie. Così come per il profilo climatico, anche per questi aspetti se non disponibile un piano territoriale si può fare riferimento al PNACC che ha identificato degli indici specifici di vulnerabilità e quello di propensione al rischio per il territorio italiano. Quest'ultimo deriva dalla combinazione degli impatti potenziali, che è la combinazione degli indicatori di pericolosità con quelli di esposizione e sensibilità, con quello relativo alla capacità adattiva.

Nel caso di un Piano di adattamento di Ateneo gli obiettivi sono quelli di valutare e ridurre i rischi per le infrastrutture:

- rischio di inondazione degli edifici;
- rischio dovuto a eventi meteorologici severi: piogge e venti eccezionalmente intensi;
- rischi specifici per edifici storici;
- rischio dovuto alla scarsità di acqua, collegato a periodi eccezionali di siccità;
- rischio dovuto a problemi di fornitura di corrente elettrica per dipendenti e studenti;
- rischio per la salute dovuto a temperature elevate, ondate di calore;
- rischio per la salute dovuto alla qualità dell'aria;
- rischio di riduzione del benessere fisico e psicologico.

Uno dei fattori in grado di condizionare la vulnerabilità dei sistemi è la loro capacità di resilienza, che può essere osservata e sostenuta a diversi livelli: quello individuale, quello delle comunità e quello delle organizzazioni. Per resilienza si intende la capacità di un sistema di reagire in maniera efficace e flessibile a eventi esterni potenzialmente dannosi in modo da assicurare il mantenimento di funzioni importanti pur nelle mutate condizioni. È quindi in stretto rapporto con il concetto di adattamento, ma non coincide con esso, posto che in qualche caso un certo livello di adattamento in una parte di un sistema potrebbe anche avere come esito una minore resilienza del sistema nel suo complesso (Gallopín 2006). Per questo motivo, nell'ambito del dibattito scientifico sul cambiamento climatico, si è sviluppata una specifica riflessione sulla resilienza, in un'ottica marcatamente

sistemica e interdisciplinare (Walker, Salt 2006; Pelling 2011). Un ambito che sta ricevendo molta attenzione riguarda le componenti psicologiche della resilienza, tanto al livello individuale quanto al livello delle comunità e delle relazioni sociali. In particolare, sono stati messi in evidenza i fattori che possono ostacolare un'efficace risposta al riscaldamento globale e che riguardano dinamiche emozionali, processi cognitivi, ma anche valori, credenze e modelli di comportamento (Reser, Swim 2011). Al livello collettivo, appare fondamentale la dimensione dell'identità condivisa, che è in grado di valorizzare il capitale sociale indirizzando l'azione comune, nella prospettiva di una "comunità resiliente" (Chapman et al. 2018). È proprio dal senso di identità condivisa che può infatti derivare una più avanzata consapevolezza delle proprie potenzialità di azione attiva e di "competenza comunitaria", che le ricerche hanno mostrato essere molto utili per un efficace livello di resilienza.

Un'accurata conoscenza della natura sistemica della resilienza, e delle dinamiche psicologiche e socio-culturali ad essa connesse, potrà aiutare nel costruire una comunicazione efficace, in grado di diffondere nella maniera più opportuna la conoscenza delle problematiche e delle possibili strategie di adattamento (Corner et al. 2020). Il compito più delicato è trovare un punto di equilibrio tra la necessità di comunicare la gravità della situazione e il rischio di generare reazioni di rifiuto o sensazioni di impotenza. Tali risultati potranno essere raggiunti con opportune scelte di framing e di strutture narrative, individuando la giusta connessione tra la dimensione globale dei problemi e le loro ricadute nelle vite quotidiane delle persone. In ogni caso, per un efficace coinvolgimento dell'opinione pubblica risulta essenziale, insieme al forte livello di identità condivisa, anche la costruzione di un livello ottimale di fiducia nell'organizzazione o istituzione che comunica (Shaw 2019).

Rispetto a tutto ciò l'Ateneo può avere un ruolo molto importante sia in quanto attore scientifico-culturale, in grado di attivare autorevolezza e fiducia, sia in quanto comunità, forte di una solida identità condivisa. L'importante tema della resilienza potrà d'altro canto essere declinato ad un doppio livello: al proprio interno, come dinamizzazione delle proprie risorse di comunità resiliente; e verso l'esterno (società civile, territorio, movimenti sociali) ponendosi come importante catalizzatore di public engagement su questo tema cruciale.

1.4 Processo partecipativo

Un aspetto fondamentale, suggerito ed attuato a tutti i livelli, è la realizzazione di consultazioni di cittadini, associazioni e portatori di interessi sui diversi aspetti del cambiamento climatico per raccogliere, con un approccio bottom-up, criticità, sensazioni, esigenze legate alle problematiche che ruotano intorno al clima ed all'adattamento da parte delle persone interessate. Nel contesto universitario questa attività, molto importante e propedeutica alla stesura di un piano, può essere realizzata coinvolgendo docenti, personale tecnico-amministrativo e studenti mediante forme diverse. Nel caso di utilizzo di questionari si può estendere il rilevamento a tutta la popolazione, previo la fornitura di un documento informativo che introduca la problematica climatica, le esigenze di dotarsi di un Piano e le motivazioni e l'importanza del contributo dei singoli per la realizzazione del Piano stesso. Al contrario, se ci si avvale di incontri sia in presenza che da remoto, in genere è preferibile rivolgere l'invito alle associazioni degli studenti, dei docenti, del personale tecnico-amministrativo e di quanti si ritiene importante coinvolgere sia perché rappresentativi di gruppi della popolazione universitaria, sia perché portatori di informazioni utili per la redazione del Piano. A questa prima fase partecipativa, che può essere svolta anche nello stadio iniziale della redazione del piano, deve seguire

sicuramente una consultazione, quando si ha a disposizione una prima bozza del Piano per raccogliere osservazioni e suggerimenti su quanto redatto.

1.5 Gestione delle politiche di adattamento

Le politiche di adattamento sono molto spesso e per tanti aspetti trasversali perché vanno ad incidere su diversi aspetti della vita di un Ateneo quali le scelte energetiche, quelle infrastrutturali, i trasporti, la gestione delle acque, dei rifiuti e delle aree verdi. È quindi importante che il Piano possa essere recepito e possa costituire un riferimento per tante delle scelte e delle politiche di un Ateneo. Allo stesso tempo un Piano per essere credibile ed efficace deve prevedere le figure responsabili dell'attuazione delle misure previste e le risorse necessarie. Questi aspetti, nel caso di un Piano di adattamento ai cambiamenti climatici di Ateneo, devono essere negoziati e concordati con gli organi di governo (Senato e CdA), oltre che con i diversi settori e strutture dell'Ateneo. Nel Piano vanno inoltre specificati gli obiettivi di adattamento che si intendono raggiungere nel breve, medio e lungo periodo, il cui raggiungimento totale, parziale o non raggiungimento, così come la necessità di eventuali modifiche, vanno comunicate periodicamente alla popolazione accademica.

1.6 Integrazione con i piani territoriali

Un Piano di adattamento ai cambiamenti climatici di Ateneo, come più volte accennato, può avvalersi per aspetti generali quali profilo climatico, vulnerabilità e rischio, di eventuali Piani regionali o comunali, se disponibili. In questo caso può essere utile e vantaggioso sia per l'università che per gli enti territoriali uno scambio di informazioni, buone pratiche ed un eventuale recepimento della totalità o parti di esso, al fine di armonizzare le scelte e le politiche. Pertanto, una condivisione con gli enti territoriali è non solo auspicabile, ma fondamentale. Al contrario per quelle regioni, o comuni in cui non è stato ancora realizzato un Piano di adattamento ai cambiamenti climatici, la realizzazione di un piano di Ateneo, seppur comporta un impegno maggiore, può rappresentare una base di partenza ed un riferimento, e non ultimo uno stimolo per la realizzazione di un Piano locale di adattamento ai cambiamenti climatici.

2. ONDATE DI CALORE

2.1 Strategie

Le ondate di calore (*“heat waves”*), periodi con temperature massime elevate rispetto alle temperature massime medie del periodo, sono associate a picchi di disagio e di mortalità nella popolazione. Al di là della precisa definizione di *heat wave* del World Meteorological Organization “quando le temperature giornaliere di cinque giorni consecutivi superano le temperature medie di quel periodo di più di 5 °C”, e quindi al di là del suo formale riconoscimento da parte delle competenti autorità di protezione ambientale e sanitaria, nei momenti estivi più caldi si possono registrare forti disagi da parte delle persone (studenti, docenti e del personale tecnico amministrativo) che frequentano l'ateneo, con problemi di salute per le persone più anziane.

Va ricordato che oltre agli effetti sanitari delle temperature elevate, durante i picchi di temperature in molte zone si registrano aumenti della frequenza delle malattie cardio-respiratorie a causa di maggiori concentrazioni a livello del suolo di inquinanti quali l'ozono e il biossido di azoto.

Le strategie di adattamento devono quindi in generale puntare a ridurre da un lato la vulnerabilità, con la progressiva creazione di atenei più raffrescati e con spazi aperti in grado di ridurre l'insolazione diretta e l'effetto radiativo delle superfici, dall'altro anche limitare l'esposizione dei soggetti più anziani e vulnerabili.

Gli interventi degli Atenei devono essere indirizzati non solo all'interno dei campus, ma anche ad azioni in collaborazione con altri soggetti (es. gestori della rete del trasporto pubblico) per favorire l'avvio di interventi che riguardino anche il percorso dalle abitazioni agli Atenei, che può essere il più critico.

Giusto a titolo di esempio, l'assenza di zone ombreggiate nelle banchine ferroviarie (foto a fianco) o nelle pensiline degli autobus comporta disagi per le persone che devono attendere il treno o il trasporto pubblico, e i pochi spazi di ombreggiatura che possono fornire ristoro, e che quindi andrebbero aumentati, sono contesi.



Per quanto riguarda le funzioni del verde presente nelle aree di pertinenza di un Ateneo si ricordano anche le funzioni ecosistemiche delle alberature e degli spazi verdi, funzioni promosse dalle recenti strategie europee in tema di risposta ai cambiamenti climatici nella pianificazione delle città e più in generale per il miglioramento della qualità ambientale e del benessere del cittadino.

In particolare, l'Unione Europea ha definito l'Agenda per la gestione sostenibile delle aree urbane ponendo tra gli obiettivi prioritari l'utilizzo delle Nature-Based Solutions (NBS) per combattere il cambiamento climatico (Keesstra et al., 2018; Maes and Sander, 2017; Raymond et al., 2017; Laforteza R. et al., 2018).

Le NBS sono definite dalla Commissione Europea come "soluzioni ispirate o supportate dalla natura, che sono economicamente vantaggiose e forniscono allo stesso tempo benefici ambientali, sociali ed economici e contribuiscono a sviluppare resilienza". Le NBS tra cui le Infrastrutture Verdi (IV), sono attualmente il focus di specifici obiettivi di ricerca e innovazione a livello internazionale per il miglioramento della qualità ambientale e la fornitura di Servizi Ecosistemici (SE).

Le Infrastrutture Verdi possono contribuire a ridurre l'effetto "isola di calore urbana" (Urban Heat Island), e il relativo rischio sanitario. Recenti studi hanno evidenziato una riduzione della temperatura estiva da parte delle alberature stradali e delle foreste urbane (attraverso il processo di traspirazione delle piante e l'ombreggiamento), con benefici che si estendono fino a 30 metri nel primo caso e fino a 100 metri nei pressi di un parco urbano (Nowak and Dwyer, 2007; Song et al., 2018; Elmqvist et al. 2015; Livesley and al. 2016; Endreny, 2018; Harlan and Ruddell D.M., 2011), riducendo inoltre la quantità di energia richiesta per il condizionamento degli edifici circostanti che beneficiano della riduzione locale della temperatura.

Occorre infine sottolineare che tali iniziative non dovrebbero riguardare esclusivamente la progettualità in Ateneo, ma potrebbero costituire, in un contesto di Terza Missione, una occasione di

trasferimento di tali conoscenze agli Stakeholder (amministratori e cittadini) nelle rispettive Città per attuare una pianificazione sostenibile a scala territoriale più vasta, tenendo anche in considerazione gli SDGs dell'Agenda ONU 2030.

2.2 Buone pratiche

- diffusione delle informazioni, bollettini con il livello di rischio e indicazioni sul comportamento da tenere diffusi da enti come ARPA e Protezione Civile e Ministero della salute;
- uso della vegetazione per creare ombreggiature negli spazi aperti e di sosta;
- sistemi di ventilazione naturale alternativi ai sistemi di condizionamento artificiali;
- progettazioni di nuovi edifici per aumentare il confort estivo;
- modifiche al patrimonio edilizio esistente per aumentare la ventilazione o realizzare il raffrescamento in modo energeticamente efficiente;
- istituire un premio per idee progettuali con specifico riferimento a questo aspetto;
- copertura dei parcheggi delle autovetture;
- segnalazione ai gestori del trasporto pubblico della necessità di interventi di ombreggiatura nelle stazioni o delle pensiline del trasporto pubblico;
- censimento, a scala Sede/Campus/Ateneo, di aree da poter destinare a verde o di aree verdi da riqualificare per aumentare il loro effetto di riduzione delle temperature;
- informazione e sensibilizzazione sulle tematiche del risparmio e riduzione degli sprechi d'acqua, che può essere una risorsa scarsa durante i periodi siccitosi, e razionalizzare l'uso dell'acqua nei laboratori idro-esigenti;
- nella progettazione dei nuovi edifici adottare tetti ad elevato albedo (riflettività con vernici e materiali ad hoc);
- nella progettazione e ristrutturazione degli edifici compatibilmente con i PRGC favorire l'uso del legno o di materiali compositi con esso (rivestimento interno e/o esterno grazie alle sue ottime capacità isolanti);
- incremento dell'uso delle pellicole trasparenti da applicare alle vetrate per schermare la componente infrarossa, o delle tendine automatizzate regolabili in funzione della stagione;
- creazioni di vasche di raccolta e/o impianti di captazione dell'acqua piovana da utilizzare come sistema di bagnatura dei tetti o delle finestre durante i periodi più caldi per ridurre l'accumulo di calore;
- progettazione dei nuovi edifici partendo da un'analisi del microclima locale, anche tramite l'adozione di tecniche di remote sensing (telerilevamento satellitare).

3. EVENTI ESTREMI DI PRECIPITAZIONE

3.1 Strategie

Come visto in precedenza, ci si aspetta che i cambiamenti climatici possano portare ad un aumento degli eventi estremi di precipitazione, con rischi per le zone edificate e per le persone che accedono all'università. È quindi importante anche per gli Atenei mettere in campo azioni per prevenire i danni e i disagi, sia relativi alle aree interne all'Ateneo che ai percorsi per l'accesso ai campus.

3.2 Buone pratiche

- censimento delle zone soggette ad allagamenti all'interno delle aree dell'Ateneo;
- predisposizione di interventi per ridurre le zone allagate e facilitare il movimento delle persone durante questi eventi;
- indagine sulle criticità nei percorsi di accesso al campus durante gli eventi estremi;
- valutazione delle superficie drenante nelle aree degli atenei e analisi della necessità di utilizzare le aree a verde boschivo o verde a prato;
- creazione di vasche di intercettazione e potenziamento dei sistemi di sgrondo delle acque;
- baulatura delle superfici calpestabili per una migliore canalizzazione lungo le vie di intercettazione e sgrondo.

4. RIFERIMENTI A DOCUMENTI CONTENENTI BUONE PRATICHE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

In questo paragrafo viene riportata una rassegna di progetti, iniziative e riferimenti legislativi da cui poter estrarre azioni e buone pratiche di adattamento al cambiamento climatico.

- Blue Ap Project. Buone pratiche di adattamento. Piano di adattamento città di Bologna: strategia di adattamento locale. www.pdc.minambiente.it/sites/default/files/progetti/buonepratiche_blueap.pdf. Il documento contiene una rassegna delle misure in grado di migliorare la capacità di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici già realizzati in Italia e all'estero, riconducibili principalmente alla gestione del verde e delle acque.
- Climate-ADAPT. È la piattaforma europea sull'adattamento creata su iniziativa della Commissione Europea in attuazione alle indicazioni del Libro Bianco relative al rafforzamento delle conoscenze di base sull'adattamento. È attualmente gestita dalla Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) con il supporto tecnico-scientifico del "European Topic Centre on Climate Change impacts, vulnerability and Adaptation" (ETC/CCA). (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>) Climate-ADAPT sostiene le parti interessate a tutti i livelli di

governance condividendo un ampio insieme di dati e informazioni sui rischi dei cambiamenti climatici, sulle politiche di settore dell'UE, sulle pratiche di adattamento, le iniziative nazionali e gli strumenti di supporto decisionale. Sono compresi i principali risultati europei nel campo della ricerca e i progetti INTERREG ed ESPON che hanno consolidato la base di conoscenze dell'UE sull'adattamento (EEA, 2013).

- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2015, Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Allegato 3: Proposte d'azione URL: www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia_adattamentoCC.pdf
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2015, Documenti di supporto alla strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici. URL: www.minambiente.it/pagina/documenti-di-supporto-alla-strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici
- University of Glasgow (2018) Climate Change Adaptation Plan (2018-2028) www.gla.ac.uk/media/Media_619025_smxx.pdf
- Ready. Campagna USA progettata per educare e responsabilizzare a prepararsi, rispondere e mitigare le emergenze. www.ready.gov
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): <https://www.ipcc.ch>
- Copernicus Climate Change Service (C3S): <https://climate.copernicus.eu>
- NASA Climate Change and Global Warming: <https://climate.nasa.gov>
- The Carbon Trust: <https://www.carbontrust.com>
- European Union Climate Action and the European Green Deal: https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., Nanni, T., 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. Climatol.* 26, 345–381. <https://doi.org/10.1002/joc.1251>
- C3S, Copernicus Climate Change Service. (2017). ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>)
- Chapman D.A., Trott C.D., Silka L., Lickel B., Clayton S. (2018). Psychological perspectives on community resilience and climate change: Insights, examples, and directions for future research. In Clayton S. and Manning C. (Eds.) *Psychology and Climate Change. Human Perceptions, Impacts, and Responses*. London: Elsevier.
- Commissione Europea (2018a) Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio sull'attuazione della strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici. Bruxelles,

12.11.2018, COM(2018) 738 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0738&from=EN>

- Commissione Europea (2018b) Commission staff working document. Evaluation of the EU strategy on adaptation to climate change. Accompanying the document report from the Commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the EU Strategy on adaptation to climate change. Brussels, 12.11.2018, SWD (2018) 461 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018SC0461&from=EN>
- Corner, A., Demski, C., Steentjes, K., Pidgeon, N. (2020) Engaging the public on climate risks and adaptation: A briefing for UK communicators. Oxford: Climate Outreach.
- Cornes, R.C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E.J.M., Jones, P.D., 2018. An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 123, 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>
- Di Luca, A., de Elía, R., Laprise, R., 2012. Potential for added value in precipitation simulated by high-resolution nested Regional Climate Models and observations. *Clim. Dyn.* 38, 1229–1247. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1068-3>
- Elmqvist T. et al. 2015. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current opinion in environmental sustainability* 14: 101-108.
- Endreny T. A., 2018. Strategically growing the urban forest will improve our world." *Nature communications* 9.1: 1160.
- EU strategy on adaptation to climate change. COM 0216, 2013. https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en#tab-0-1
- Feser, F., Rockel, B., von Storch, H., Winterfeldt, J., Zahn, M., 2011. Regional Climate Models Add Value to Global Model Data: A Review and Selected Examples. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 92, 1181–1192. <https://doi.org/10.1175/2011BAMS3061.1>
- Gallopín, G. C. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global environmental change*, 16:293-303.
- Harlan S.L., and Ruddell D.M., 2011. Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3.3: 126-134.
- Hofstra, N., Haylock, M., New, M., Jones, P.D., 2009. Testing E-OBS European high-resolution gridded data set of daily precipitation and surface temperature. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 114. <https://doi.org/10.1029/2009JD011799>
- IPCC, 1990: The First Assessment Report (FAR): synthesis report. Available from the IPCC web site: <https://www.ipcc.ch/report/ar1/syr/>.
- IPCC, 2001: Third Assessment Report (TAR) – TAR Climate Change 2001: Impacts, climate change and vulnerability. IPCC, Geneva, Switzerland (<https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/>)

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Jacob D. et al., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Change* 14, 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Kotlarski S. et al., 2014, Regional climate modeling on European scales, *Geosci. Model Dev.* 7, 1297-1333.
- Keesstra S. et al., 2018, The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services." *Science of the Total Environment* 610: 997-1009
- Kreienkamp, F., Huebener, H., Linke, C., Spekat, A., 2012. Good practice for the usage of climate model simulation results - a discussion paper. *Environ. Syst. Res.* 1, 9. <https://doi.org/10.1186/2193-2697-1-9>
- Kyselý, J., Plavcová, E., 2010. A critical remark on the applicability of E-OBS European gridded temperature data set for validating control climate simulations. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 115. <https://doi.org/10.1029/2010JD014123>
- Laforteza R. et al. 2018, Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. *Environmental research* 165: 431-441.)).
- Livesley S. J., E. McPherson G., and Calfapietra C., 2016. The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of environmental quality* 45.1: 119-124.
- Maes J., Sander J., 2017, Nature-based solutions for Europe's sustainable development." *Conservation letters* 10.1: 121-124
- Nowak D.J., and Dwyer J.F., 2007. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. *Urban and community forestry in the northeast*. Springer, Dordrecht. 25-46
- Pelling M. (2011). *Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation*. London: Routledge.
- PNACC, Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, 2017. www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf
- PNIEC, Piano Nazionale integrato per l'Energia e il Clima, 2018. https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposta_di_Piano_Nazionale_Integrato_per_Energia_e_il_Clima_Italiano.pdf
- Raymond C. M. et al., 2017, A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy* 77: 15-24.
- Reser J.P., Swim J.K. (2011). Adapting to and coping with the threat and impacts of climate change. *American Psychologist*, 66,4: 277-289.

- SNAC, Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici, 2015. www.minambiente.it/notizie/strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-0
- Song X.P., et al., 2018. The economic benefits and costs of trees in urban forest stewardship: A systematic review. *Urban forestry & urban greening* 29: 162-170.
- Shaw, C. (2019). Communicating climate impacts through adaptation. Tips and activities for Women's Institute Climate Ambassadors. Oxford: Climate Outreach.
- Torma, C., Giorgi, F., Coppola, E., 2015. Added value of regional climate modeling over areas characterized by complex terrain—Precipitation over the Alps. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 120, 3957–3972. <https://doi.org/10.1002/2014JD022781>
- Van den Bosch M. and Ode Sand Å, 2017, Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health—A systematic review of reviews. *Environmental research* 158: 373-384
- Venema, V.K.C. et al., 2012. Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *Clim. Past* 8, 89–115. <https://doi.org/10.5194/cp-8-89-2012>
- Walker, B. & Salt, D. (2006) *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Washington: Island Press.