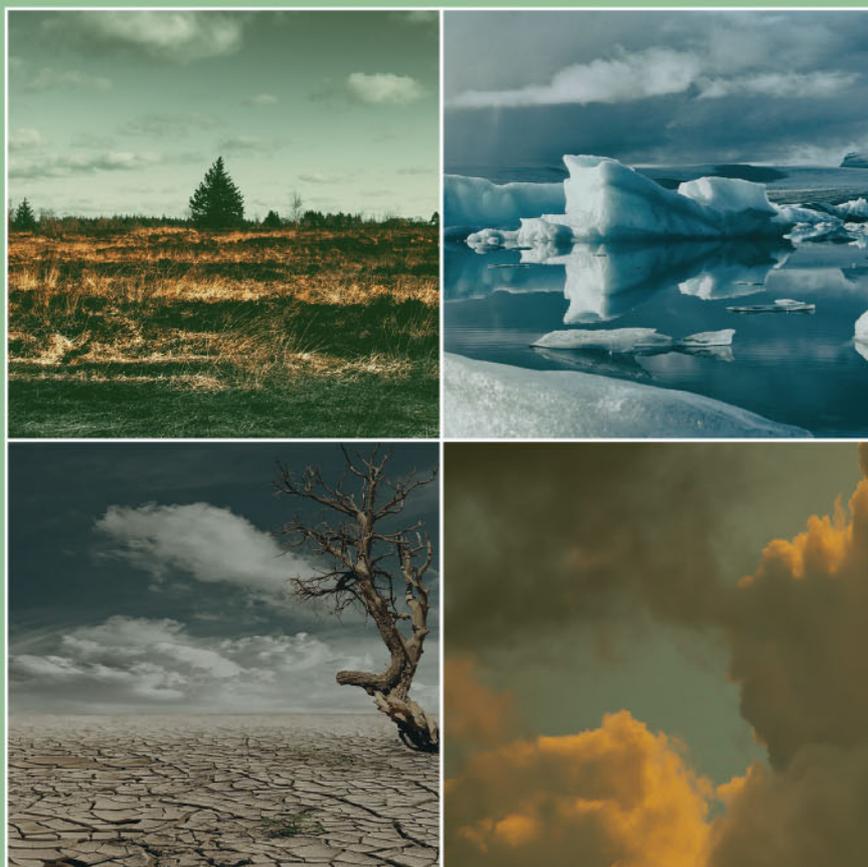


Utilitatis
pro acqua energia ambiente



Scenari climatici e valutazioni per l'impresa

Fondazione
Utilitatis pro acqua energia ambiente

Via Ovidio, 20 - 00193 Roma
Tel. (+39)06 68300142

utilitatis@utilitatis.org
www.utilitatis.org

ISBN: 9788861210813

Finito di stampare aprile 2021

Indice generale

I. Introduzione	6
<i>A cura di Francesca Mazzarella, Direttore Fondazione Utilitatis</i>	
II. Scenari climatici.....	8
<i>A cura di Silvio Gualdi, Senior Scientist presso Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici</i>	
III. Gli effetti del cambiamento climatico sui risultati economici e finanziari delle società...68	
<i>A cura di Massimo Buongiorno e Saverio Maria Bratta, professori presso SDA Bocconi</i>	

Indice

Indice generale.....	3
Indice	4
Introduzione.....	6
Scenari climatici.....	8
1. Introduzione	9
2. I cambiamenti climatici	10
2.1 <i>Tempo meteorologico e Clima</i>	10
2.2 <i>Cos'è il cambiamento climatico?</i>	12
2.3 <i>Cambiamenti climatici globali</i>	14
2.4 <i>Cambiamenti di temperatura e precipitazione in Italia</i>	18
2.5 <i>Cambiamenti delle caratteristiche degli eventi estremi</i>	21
3. Perché il clima cambia?.....	23
3.1 <i>Cambiamenti climatici nel passato</i>	23
3.2 <i>Possibili meccanismi di cambiamento climatico</i>	24
4. Strumenti scientifici per studiare i cambiamenti climatici.....	29
4.1 <i>Modelli climatici</i>	29
4.2 <i>Capacità dei modelli climatici di rappresentare il clima della Terra</i>	33
4.3 <i>Attività umane e cambiamenti climatici</i>	37
4.4 <i>Scenari di emissione</i>	38
5. Proiezioni di cambiamento climatico.....	42
6. Le proiezioni di cambiamento climatico per la penisola Italiana.....	49
6.1 <i>Cambiamenti dei valori medio di temperatura e precipitazione</i>	49
6.2 <i>Cambiamenti in alcuni indicatori di eventi estremi</i>	52
7. Sommario e Conclusioni	56
7.1 <i>Cambiamento climatico a livello globale</i>	56
7.2 <i>Cambiamento climatico a livello locale (Italia)</i>	58
Sitografia.....	62
Bibliografia	65
Gli effetti del cambiamento climatico sui risultati economici e finanziari delle società.....	68
Introduzione.....	69
1. Le voci reddituali, patrimoniali e finanziarie impattate dal cambiamento climatico	70
1.1 <i>Una mappa logica di riferimento</i>	70
1.2 <i>L'impatto del cambiamento climatico sul conto economico</i>	72
1.2.1 <i>La struttura dei costi</i>	75
1.2.2 <i>L'impatto sui ricavi</i>	81

1.3	<i>L'impatto sullo stato patrimoniale</i>	87
1.3.1	<i>Le immobilizzazioni e gli effetti sulla vita utile</i>	87
1.3.2	<i>La necessità di accantonamenti a fondi per rischi e oneri</i>	89
1.3.3	<i>Altre componenti patrimoniali</i>	91
1.4	<i>L'impatto sulla dinamica dei flussi finanziari</i>	92
2.	La disclosure delle informazioni rilevanti inerenti l'effetto in bilancio del cambiamento climatico	95
2.1.	<i>Le istanze del mercato e degli investitori</i>	95
2.2.	<i>La Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)</i>	96
2.2.1	<i>Le raccomandazioni della TCFD</i>	97
2.3	<i>Il ruolo degli standard setter</i>	101
2.4	<i>La disclosure nei bilanci redatti seguendo i principi contabili italiani</i>	106
2.5	<i>Considerazioni di sintesi e conclusive</i>	108
3.	L'effetto dei cambiamenti climatici sulle valutazioni di impairment	110
3.1	<i>L'impairment test delle immobilizzazioni secondo i principi contabili internazionali</i>	110
3.1.1.	<i>Aspetti definitivi e condizioni per l'impairment test secondo IAS 36</i>	111
3.1.2	<i>La stima del valore recuperabile</i>	113
3.2	<i>L'impairment test delle immobilizzazioni secondo i principi contabili nazionali</i>	116
3.3	<i>L'impairment test e i rischi legati al cambiamento climatico</i>	118
3.3.1	<i>Le indicazioni contenute nel documento IFRS del novembre 2020</i>	118
3.3.2.	<i>Gli effetti del cambiamento climatico quali indicatori di perdita di valore degli asset</i>	119
3.3.3.	<i>Gli effetti del cambiamento climatico sulla stima dei flussi finanziari attesi</i>	122
3.3.4.	<i>La stima del costo del capitale: indicazioni provenienti dai mercati regolati</i>	124
3.4.	<i>Le valutazioni dei nuovi investimenti</i>	126
4.	Sintesi conclusiva e implicazione per il modello di business	129
4.1	<i>Il difficile rapporto con il mercato finanziario</i>	129
4.2	<i>Alcune possibili implicazioni sul modello di business</i>	133

Introduzione

A cura di Francesca Mazzarella, Direttore Utilitatis

Il cambiamento climatico costituisce ormai da tempo un argomento di ampio interesse sul piano ambientale e sociale. In generale, possiamo dire che esso rappresenta un problema economico: è un'esternalità globale, inter-temporale e rappresenta una grande sfida per tutti. Questo lavoro nasce dall'esigenza di accrescere la consapevolezza della rilevanza degli impatti del cambiamento climatico per le imprese e in particolare per quelle che operano nei settori dell'energia, dell'acqua e dell'ambiente.

Il lavoro è costituito da due studi, logicamente consequenziali.

Il primo fornisce le principali conoscenze di base relative al clima, i suoi cambiamenti, gli strumenti che utilizziamo per esplorarli e quello che tali strumenti permettono di anticipare circa i possibili stati climatici futuri del pianeta.

Il cambiamento climatico è un processo che è ormai iniziato più di un secolo fa ed è ancora in corso.

Gli effetti di questo processo, riassunti e discussi nello studio, si traducono velocemente in impatti fisici che, a loro volta, riversano i loro effetti in innumerevoli settori della nostra società.

Uno degli ambiti più direttamente colpiti, per esempio, è quello della gestione delle risorse idriche. Infatti, uno degli effetti principali del cambiamento climatico è quello di modificare la distribuzione delle precipitazioni. La combinazione dei cambiamenti di precipitazione, temperatura e, con essa, evaporazione, cambiano sostanzialmente il ciclo idrologico in molti bacini idrici, modificando marcatamente la variazione del flusso fluviale stagionale, il ricarica delle falde e quindi la disponibilità d'acqua. Tutto questo ha rilevanti conseguenze sulla distribuzione delle risorse idriche in particolare per alcune regioni del pianeta, tra cui l'area del Mediterraneo.

La comunità scientifica delle scienze del clima ritiene unanimemente che le attività umane abbiano causato la maggior parte dell'incremento di temperatura registrato a partire dalla seconda metà del secolo scorso e che questo riscaldamento comporti un cambiamento climatico globale. Attualmente, questo cambiamento è causato dal crescente livello di gas a effetto serra e in particolare di CO₂ proveniente dall'utilizzo di combustibili di origine fossile e da modifiche nell'uso del suolo.

Le attività umane, infatti, rappresentano una componente del sistema climatico che, soprattutto negli ultimi due secoli, ha visto crescere progressivamente il proprio peso e rilevanza, fino al punto, come vedremo, di influenzarne gli equilibri. Alcune delle attività industriali alla base della crescita economica hanno raggiunto dimensioni che non sono più trascurabili dalla fisica del pianeta. La deforestazione, l'urbanizzazione insieme all'immissione in atmosfera di enormi quantità di gas a effetto serra e aerosol in grado di interagire con l'assorbimento della radiazione solare e i processi di formazione delle nubi, sono ormai di dimensioni tali che i loro effetti sul sistema climatico sono diventati dominanti sugli altri fattori di perturbazione.

Parallelamente alle estreme conseguenze ambientali e sociali, il cambiamento climatico modifica le variabili di base sulle quali i sistemi aziendali sono progettati e modella un nuovo contesto operativo. In questo contesto, il secondo studio presenta una mappa logica di riferimento per esaminare gli effetti del cambiamento climatico a livello di singola impresa, concentrando l'attenzione sugli effetti prodotti a livello reddituale, patrimoniale e finanziario. Il focus adottato è volto a verificare gli effetti complessivamente prodotti dal cambiamento climatico sulle

aziende e ai relativi impatti. Questi effetti non sono necessariamente riconducibili agli eventi estremi del cambiamento climatico, ma in ogni caso si riversano sulla struttura dei costi e sulla struttura dei ricavi delle aziende.

Per quanto riguarda la struttura dei costi, il cambiamento climatico incide sui prezzi delle fonti di approvvigionamento: incrementa i costi di manutenzione ordinaria e gli ammortamenti, per effetto della minore vita utile delle immobilizzazioni. Aumentano anche i costi per investimento per adattare la struttura esistente delle reti e assicurare la continuità del servizio. Infine, aumentano anche i costi accessori, come costi assicurativi e accantonamenti per rischi fisici e di transizione.

La struttura dei ricavi dipende in primis dal cambiamento delle fonti di produzione di energia con la progressiva sostituzione delle fonti fossili. Effetti rilevanti sulla struttura dei ricavi si registrano anche per effetto della diminuzione della domanda, come sta avvenendo con i minori consumi di gas connesso alle temperature più elevate. Tuttavia, esistono anche nuove opportunità di ricavo, derivanti da efficientamento, applicazione di economia circolare e nuove tecnologie che si stanno sviluppando. Quest'ultime potrebbero consentire lo sfruttamento industriale di fonti di energia da maree, biocarburanti, idrogeno, fotovoltaico ed eolica, nonché il potenziamento di strutture di stoccaggio per gas e acqua ma anche energia elettrica.

A questo riguardo, basti pensare che in un solo giorno il Sole fornisce alla Terra una quantità di energia pari all'intero consumo umano mondiale di un anno.

Gli effetti del cambiamento climatico sul bilancio di impresa qui sono soltanto accennati, ma sono talmente evidenti che la necessità di supportare gli investitori nel prendere decisioni consapevoli ha portato la costituzione, presso il *Financial Sustainability Board*, della *Task Force on Climate-related disclosures* (TCFD). La TCFD ha emanato 11 raccomandazioni suddivise in governance, strategie, risk management e metriche e obiettivi, a cui attualmente hanno aderito in maniera volontaria 1.500 imprese.

Si segnala che attualmente nessuno standard setter ha emanato un principio contabile dedicato alla *disclosure* degli impatti dei rischi derivanti dal cambiamento climatico, ma le società italiane hanno comunque l'obbligo di fornire le informazioni rilevanti per gli utilizzatori primari del bilancio ed è scontato che i bilanci in futuro dovranno essere molto più ricchi di informazioni rispetto agli impatti del cambiamento climatico, sia sulle assunzioni utilizzate per le stime e valutazioni di impairment (soprattutto dovuto alla vita utile) che sulle valutazioni di ordine generale.

Non mancano difatti anche gli effetti finanziari del cambiamento climatico: già adesso si sta assistendo ad un riequilibrio del portafoglio degli investitori, che tenderanno sempre più sia ad allontanarsi da quelle società che si mostreranno restie a fornire disclosure adeguate ai rischi climatici, e sia ad operare scelte di investimento più etiche.

In conclusione, sebbene sia oltre lo scopo del presente documento il trattare in maniera esaustiva la lunga lista di possibili impatti che i cambiamenti negli estremi di temperature e precipitazioni comportano per i vari settori socio-economici, i due studi di seguito rappresentano una importante sintesi di alcuni punti salienti. Nel complesso, questi studi ci ricordano come gli effetti del cambiamento climatico riguardano non solo aspetti globali ma anche i risultati economici e finanziari delle aziende, con particolare riferimento alle utilities.

Scenari climatici

A cura di Silvio Gualdi

1. Introduzione

Esistono innumerevoli esempi che ben illustrano l'influenza che il clima del pianeta e la sua variabilità hanno sull'ambiente nel quale viviamo. Praticamente tutti i settori più cruciali che condizionano la nostra società, dalla salute alla finanza, dalla gestione delle risorse naturali alla pianificazione delle infrastrutture, sono interessati dai mutamenti delle condizioni meteo-climatiche e dagli impatti che queste hanno sull'ambiente. Le variazioni nelle caratteristiche delle precipitazioni in una determinata regione, per esempio, possono avere una significativa influenza sulla disponibilità di risorse idriche per uso civile, per l'agricoltura, il turismo, oppure per la produzione di energia, in quella stessa regione ed in quelle limitrofe. Spesso gli effetti di questi impatti determinano conflitti tra i diversi interessi degli operatori nei settori che da tali risorse dipendono, conflitti le cui conseguenze, spesso, si riversano sui cittadini che usufruiscono dei relativi servizi. Per esempio, un periodo prolungato di condizioni siccitose, limitando la disponibilità di risorsa idrica, può determinare condizioni di conflitto tra gli interessi di chi quella risorsa la deve utilizzare per produrre energia, chi per far crescere le colture, oppure chi offre servizi di accoglienza turistica o anche chi quell'acqua la usa per dissetarsi e cucinare. Risulta quindi di fondamentale importanza sfruttare tutte le informazioni e gli strumenti che le comunità scientifiche operanti nel settore del clima e dei suoi impatti possono mettere a disposizione della società, dei decisori politici ed economici, per anticipare possibili condizioni di criticità ed implementare soluzioni che

ne mitigano gli effetti, riducendo al minimo rischi e relativi danni economici e sociali.

Spesso i decisori politici ed economici hanno poca dimestichezza con gli strumenti (modelli, informazioni e dati) che la scienza ha sviluppato negli ultimi anni e può mettere a disposizione per migliorare i processi decisionali, riducendo al minimo gli impatti negativi che mutate condizioni meteo-climatiche potrebbero determinare. Al tempo stesso, le comunità delle scienze del clima spesso non conoscono le esigenze e soprattutto il patrimonio di conoscenze, detenuto da chi quotidianamente opera nella gestione di risorse naturali o di beni e servizi da esse derivati, che possono efficacemente complementare la conoscenza scientifica rendendola più ricca e capace di supportare la società nelle proprie scelte. È necessario ed urgente, quindi, colmare questo gap di conoscenze, stabilendo e rafforzando un patrimonio di sapere comune e condiviso, solidamente appoggiato sulle competenze scientifiche, da un lato, e quelle derivanti dall'esperienza maturata nelle pratiche di gestione e pianificazione, dall'altro.

Questo capitolo si pone come obiettivo principale quello di fornire alcune conoscenze di base relative al clima, i suoi cambiamenti, gli strumenti che utilizziamo per esplorarli e quello che tali strumenti permettono di anticipare circa i possibili stati climatici futuri del pianeta. Nello specifico, esso è dedicato alla illustrazione ed alla discussione delle variazioni e dei trend climatici osservati, per i decenni del recente passato, e simulati, per offrire uno sguardo sul futuro. L'analisi parte da una prospettiva globale, per poi esaminare più in dettaglio il segnale su Europa e penisola Italiana. Nello specifico, i risultati ottenuti da diversi data set osservativi verranno utilizzati per illustrare i trend e le variazioni in corso nelle caratteristiche statistiche delle principali variabili e indicatori meteo-climatici. Saranno soprattutto considerate e discusse le variabili e gli indicatori rilevanti all'identificazione di condizioni di pericolo per le attività di

aziende e relativi *asset* aziendali, operanti nei settori della produzione e distribuzione di energia elettrica e della gestione di risorse idriche.

Saranno introdotti i concetti di proiezione di cambiamento climatico e illustrati i metodi e gli strumenti che le comunità delle scienze del clima hanno sviluppato per produrre informazioni che riguardano il futuro climatico del nostro pianeta. Le principali proiezioni di cambiamento climatico, ottenute da modelli del sistema Terra e corrispondenti a diversi possibili futuri scenari di forzanti antropogeniche, verranno discusse sia nella loro prospettiva globale che per le loro implicazioni sulla penisola Italiana. In particolare, verranno dettagliatamente illustrate le informazioni che questi scenari climatici possono (o non possono) fornire, attraverso quali variabili meteo-climatiche le proiezioni vengono generalmente presentate, con che grado di dettaglio spaziale (risoluzione) e su quali orizzonti temporali.

Infine, verrà fornita un'ampia e documentata panoramica di quali informazioni e dati sono attualmente disponibili e dove possono essere reperiti.

2. I cambiamenti climatici

Come primo passo, analizzeremo il concetto di cambiamento climatico discutendo perché le scienze del clima prima, i media, la politica e la società nel suo complesso poi, hanno cominciato a discutere della possibilità che il clima del nostro pianeta stia cambiando e di quali possono essere l'entità e le conseguenze di tali cambiamenti in futuro.

Ma innanzi tutto, è probabilmente opportuno consolidare alcuni concetti base che ci permettano di meglio comprendere gli argomenti che tratteremo nel seguito. Primo fra tutti, il concetto di clima e della sua differenza dal tempo meteorologico.

2.1 Tempo meteorologico e Clima

Il tempo meteorologico è determinato dallo stato dell'atmosfera (principalmente, ma sempre più spesso si parla anche di meteo marino, riferendosi allo stato del mare) e la sua variabilità durante periodi che possono variare da pochi minuti a diversi giorni. Un singolo evento, come ad esempio un temporale, un'ondata di caldo o il passaggio di un fronte freddo, equivale a una situazione meteorologica. E questo indipendentemente dal fatto che l'evento in questione si sia verificato nel passato o pochi minuti fa.

In generale, il clima, invece, è definito dalle caratteristiche statistiche delle condizioni meteorologiche in una località o regione, per una determinata stagione, oppure per l'intero anno, ottenute considerando un tempo sufficientemente lungo, in modo da rendere tali statistiche robuste. Tipicamente, seguendo le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO), almeno 30 anni. Quindi, è importante sottolineare che il clima di una determinata regione (o continente) non è semplicemente la situazione meteorologica media per quell'area. Nella definizione del clima, infatti, si considera anche la variabilità dei fenomeni, incluse le caratteristiche degli eventi estremi, in quanto essi descrivono i limiti entro i quali può variare la situazione meteorologica di tale regione.

Le quantità generalmente utilizzate per caratterizzare il clima, sono le medie e le altre grandezze che esprimono le proprietà statistiche della variabilità delle condizioni meteorologiche,

comunemente rappresentate in termini di temperatura atmosferica, venti, precipitazioni, umidità dell'aria, ecc.

Quindi, secondo questa definizione, fondamentalmente, il clima si distingue dal tempo meteorologico in quanto ne rappresenta le proprietà statistiche calcolate su un tempo sufficientemente lungo.

Un'altra possibile definizione di clima, la possiamo ottenere da una prospettiva più "dinamica" del problema, vale a dire, considerando il clima come il risultato di uno stato di equilibrio del sistema climatico, declinato localmente, per una certa regione o area. In questo caso, però dobbiamo introdurre anche il concetto di "sistema climatico" e lo facciamo utilizzando la Figura 2.1, che ne è una rappresentazione schematica.

Come mostrato in Figura 2.1 il **sistema climatico** è costituito da una serie di componenti, quali l'atmosfera, l'idrosfera (oceani, fiumi e laghi), la criosfera (ghiacciai continentali e ghiacci marini), la superficie terrestre (con le diverse tipologie di suolo e le "rugosità" delle montagne), la biosfera (vegetazione sulla superficie terrestre e componente biogeochimica marina) e dalle loro interazioni. Queste componenti, infatti, sono fortemente interagenti tra loro, scambiandosi continuamente sollecitazioni in forma di energia, massa e quantità di moto. L'oceano e l'atmosfera, per esempio, sono soggetti ad un continuo scambio di massa (acqua che passa dall'uno all'altra e viceversa, in forma di evaporazione e precipitazione) e con essa di energia (calore latente e radiazione infrarossa). Allo stesso modo, l'atmosfera è in continuo scambio con la superficie terrestre e la biosfera, ecc. ecc. Tutto questo complesso sistema di interazioni e scambi per avvenire ha bisogno di una grande quantità di energia, carburante che permette alla "macchina" sistema climatico di funzionare. Questa energia il pianeta la riceve da una fonte esterna, il Sole, in forma di radiazione, vale a dire: la luce solare.

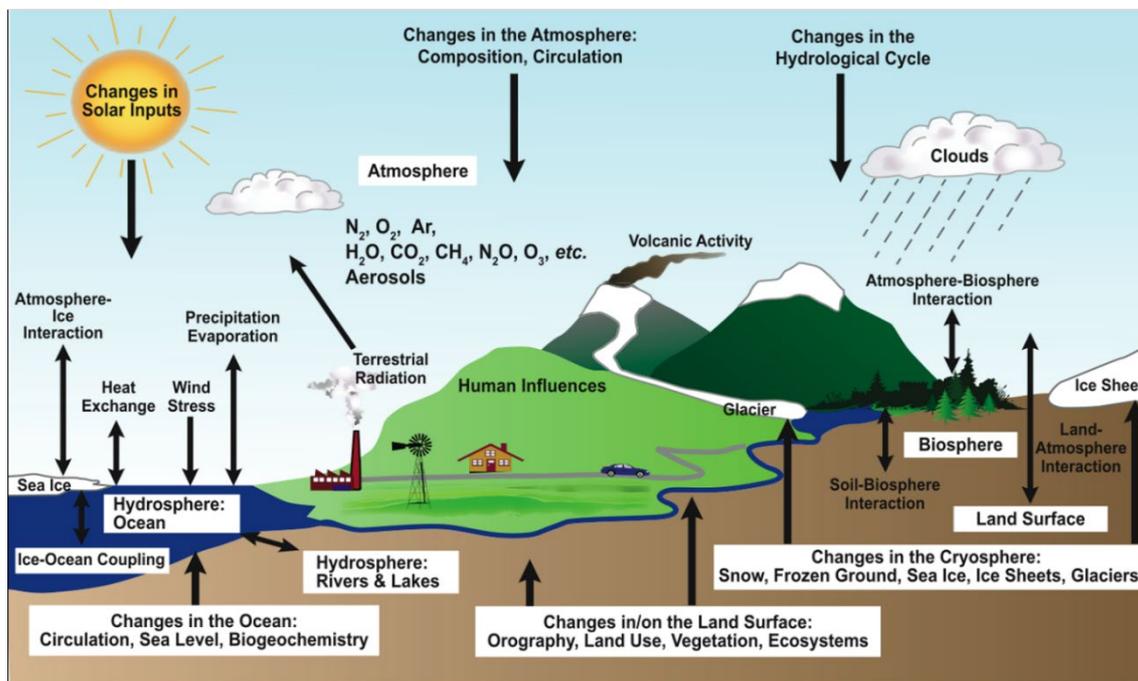


Figura 2.1: rappresentazione schematica dei componenti del sistema climatico globale, dei loro processi e interazioni (freccie). Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change, Assesment Report 4 (IPCC-AR4), FAQ 1.2, Figura 1.

Il clima, in definitiva, esprime la condizione di equilibrio che il sistema rappresentato in Figura 2.1 raggiunge e mantiene quando non riceve perturbazioni da fattori esterni. Condizione di equilibrio che viene rappresentata con le statistiche dei processi che lo caratterizzano, calcolate su un tempo sufficientemente lungo affinché siano robuste.

Da diversi decenni ormai, alle componenti del sistema climatico che normalmente definiamo “natural”, se ne è aggiunta una nuova, denominata **antroposfera** e che riguarda le attività umane, soprattutto quelle che per estensione e intensità hanno raggiunto scale tali da modificare le proprietà delle altre componenti ed influenzare le interazioni tra esse. In tal modo, gli effetti delle attività umane non sono più trascurabili dal punto di vista del sistema climatico, che viene così spinto verso un equilibrio (cioè clima) diverso da quello in cui si troverebbe senza di esse.

Prima di affrontare il tema degli impatti delle attività umane sul clima e sui cambiamenti climatici, vediamo cosa si intende con cambiamento climatico e perché pensiamo che il clima della Terra stia cambiando.

2.2 Cos'è il cambiamento climatico?

Come detto, il clima è definito dalla statistica dei parametri (temperature, precipitazioni, venti, ecc...) che utilizziamo per rappresentare gli eventi meteorologici. Quindi, per esempio, la Figura 2.2, descrive, in modo schematico, il clima della Terra, o di un continente o di una regione, in termini della distribuzione di probabilità delle temperature misurate della Terra, o del continente, o della regione.

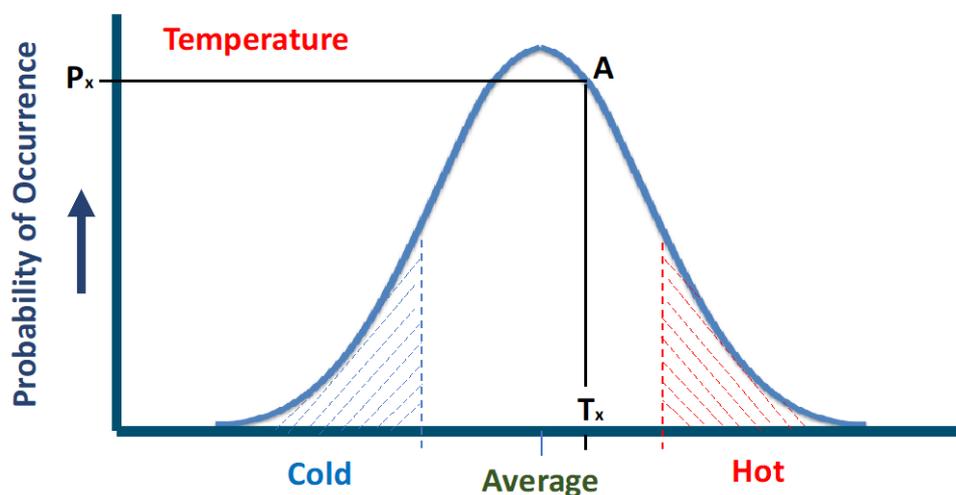


Figura 2.2: rappresentazione idealizzata della distribuzione di probabilità di occorrenza dei valori di temperatura media globale in un possibile clima. La curva della probabilità degli eventi (valori di temperatura) è centrata con il valore massimo sul valore medio di temperatura, mentre i valori che più si allontanano da questo valor medio, verso valori freddi e valori caldi, hanno progressivamente probabilità sempre minori di verificarsi. I valori corrispondenti alle code della distribuzione, sono gli eventi estremi di temperatura, che, per definizione, hanno bassa probabilità di verificarsi (eventi rari).

Più precisamente, ogni punto della curva in figura (per esempio A), mostra per un dato valore di temperatura (T_x) la probabilità (P_x) che quel valore di temperatura T_x si verifichi nel clima rappresentato da quella distribuzione; probabilità determinata dalla frequenza con cui quel valore è presente nel dataset di temperature osservate. La maggior parte delle misure della

temperatura, cioè i valori che più frequentemente vengono osservati, sono quelli più probabili e, nel tipo di distribuzione mostrato in Figura 2.2, tenderanno a rientrare in un intervallo vicino alla media. Pochissime misurazioni saranno estremamente calde o estremamente fredde, allontanandosi in misura considerevole dalla media; questi valori tendono a verificarsi molto raramente, rappresentando quindi eventi a bassa probabilità o estremi.

Distribuzioni di probabilità simili a quella mostrata in Figura 2.2 per la temperatura, si possono costruire per altri parametri che caratterizzano gli eventi meteo-climatici, come precipitazioni, venti, umidità, ecc., anche se le curve che le rappresentano possono avere forme molto diverse.

Pertanto, se il clima del pianeta, o di un continente o una regione, è rappresentabile attraverso distribuzioni di probabilità degli eventi, più o meno come quella mostrata in Figura 2.2, un cambiamento climatico implica un cambiamento nella distribuzione di probabilità degli eventi che lo caratterizzano, come, per esempio, vediamo schematizzato in Figura 2.3. E, viceversa, un significativo cambiamento nelle distribuzioni di probabilità degli eventi osservati induce a concludere che qualcosa nel clima del pianeta (continente o regione) sia cambiato, o stia cambiando.

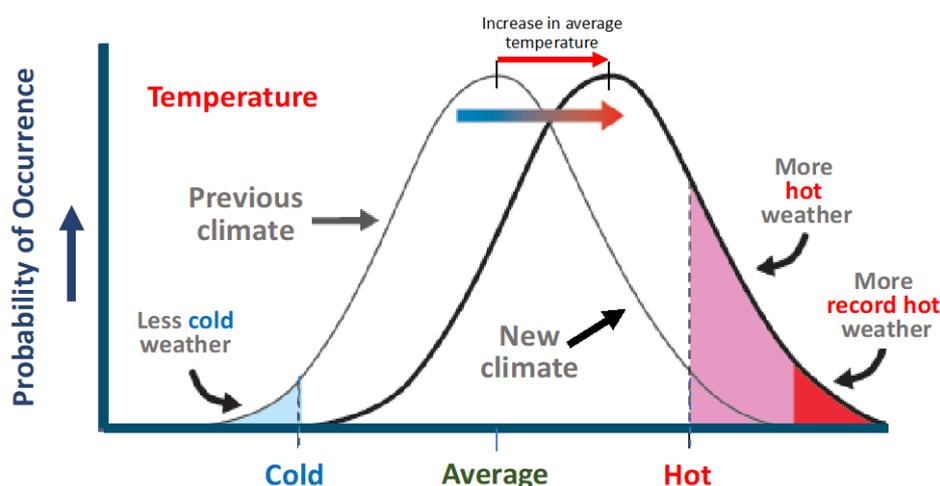


Figura 2.3: rappresentazione idealizzata di un cambiamento nella distribuzione dei valori di temperatura. Modificato da Peterson et al. (2008).

Figura 2.3, quindi, mostra un possibile cambiamento climatico espresso dal cambiamento della distribuzione delle temperature. Come si può vedere il cambiamento comporta un aumento della temperatura media, ma non solo. È l'intera distribuzione degli eventi che cambia. In particolare, nell'esempio riportato in figura, nel nuovo clima (distribuzione spostata a destra) rispetto al clima precedente, diventa relativamente alta la probabilità di osservare eventi caldi, che prima erano estremi e non molto probabili. In più aumenta e diventa non trascurabile la probabilità di avere eventi caldi estremi, che nel precedente clima avevano probabilità bassissime. Guardando, poi, all'altro capo della curva, le probabilità di verificarsi degli eventi freddi, vediamo che una porzione di eventi freddi (per esempio gelate) che nel precedente clima avevano probabilità relativamente basse, ma non trascurabili, nel nuovo clima diventano eventi rarissimi.

Quindi, Il cambiamento climatico potrebbe significare che quello che storicamente era un evento meteorologico estremamente raro diventa sempre più frequente (forse passando da raro a

occasionale o regolare). La considerazione di come rispondiamo in modo più o meno efficace agli eventi estremi (rari) che si verificano oggi, può fornire informazioni utili su come possiamo e dobbiamo rispondere all'aumento del loro verificarsi (ed ai rischi ad essi connessi) in futuro.

Ovviamente la distribuzione di probabilità e il suo cambiamento mostrati in Figura 2.2 e Figura 2.3 sono solo una rappresentazione schematica e idealizzata di quelle che sono le distribuzioni degli eventi e i loro possibili cambiamenti nei casi reali. Soprattutto, il cambiamento della distribuzione è solo molto raramente una semplice traslazione rigida della curva. Nella maggior parte dei casi, il cambiamento è caratterizzato sia da uno spostamento che da un cambiamento della forma della curva. Quanto sopra, comunque, ci è servito per illustrare in modo quanto più possibile semplice e chiaro i principali aspetti della definizione di clima e di cambiamento climatico in termini di distribuzione di probabilità degli eventi meteorologici.

2.3 Cambiamenti climatici globali

Un altro modo estremamente efficace di illustrare il cambiamento climatico è quello rappresentato in Figura 2.4, dove sono mostrate anno per anno, dal 1880 fino ai giorni nostri, i valori medi annuali delle temperature, alla superficie della terra, mediate su tutto il globo. Ancora più precisamente, i punti neri in figura rappresentano, anno per anno, la differenza della temperatura in quell'anno rispetto alla media calcolata sul periodo di riferimento 1851-1980). Differenza che generalmente viene indicata col nome di "anomalia".

Considerando i valori di queste anomalie annuali della temperatura globale vediamo che nella prima parte della serie temporale essi sono sistematicamente negativi. Pertanto, in quegli anni la temperatura media globale del pianeta era sistematicamente più fredda rispetto alla temperatura media del periodo di riferimento. Mentre, avanzando negli anni della serie, verso il presente, vediamo che i valori diventano progressivamente positivi, cioè più caldi, e di valori sempre più grandi.

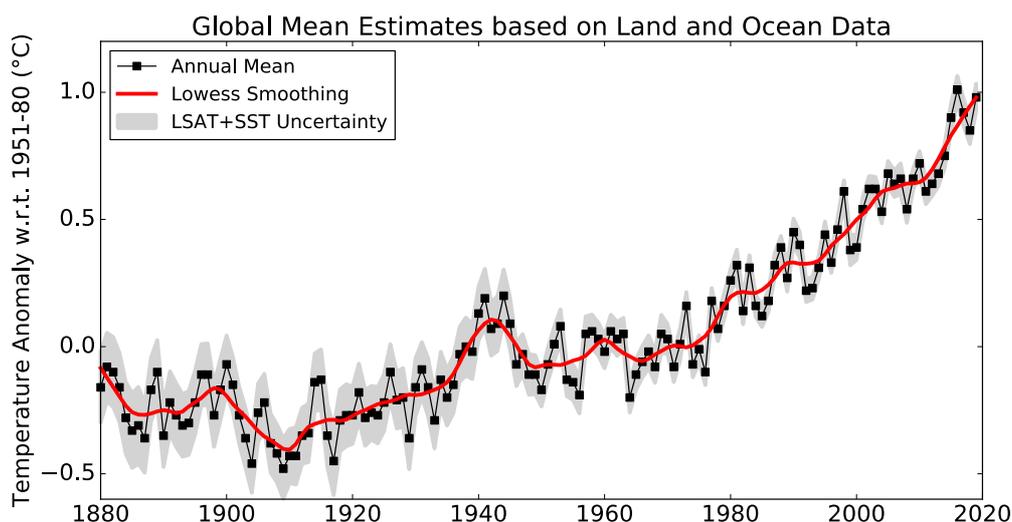


Figura 2.4: andamento delle medie annuali della temperatura superficiale della Terra mediata su tutto il globo. Il grafico mostra, per ogni anno dal 1880 al 2017, la differenza tra la media annuale della temperatura superficiale del globo e la media del periodo di riferimento 1951-1980. Sorgente: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). L'ombreggiatura grigia rappresenta l'incertezza annuale totale con un intervallo di confidenza del

95%. (Maggiori informazioni sul modello di incertezza aggiornato possono essere trovate qui: <https://data.giss.nasa.gov>).

Figura 2.4 mostra una chiara tendenza al progressivo aumento della temperatura media globale del pianeta. In altre parole, un cambiamento in corso rappresentato da un transiente verso un nuovo stato di equilibrio (clima), caratterizzato da una temperatura più alta e fino a quando questo nuovo equilibrio non verrà raggiunto, la temperatura continuerà ad aumentare.

Quelle mostrate in Figura 2.4, sono le anomalie delle temperature superficiali mediate su tutto il globo, ma dalle osservazioni disponibili possiamo anche stimare come il riscaldamento globale in atto si distribuisce sulla superficie del pianeta e la sua atmosfera. I trend di riscaldamento osservati negli ultimi decenni (la parte più ripida della curva in Figura 2.4) sono mostrati in Figura 2.5, dai quali si evince che il riscaldamento riguarda praticamente tutto il pianeta, è appunto globale, ma che vi sono anche importanti disomogeneità spaziali. Prima di tutto, appare evidente che le aree continentali mostrano un riscaldamento più pronunciato delle superfici oceaniche e in secondo luogo vi sono regioni dove la tendenza all'aumento delle temperature superficiali è più marcata, come per esempio le aree continentali dell'emisfero settentrionale.

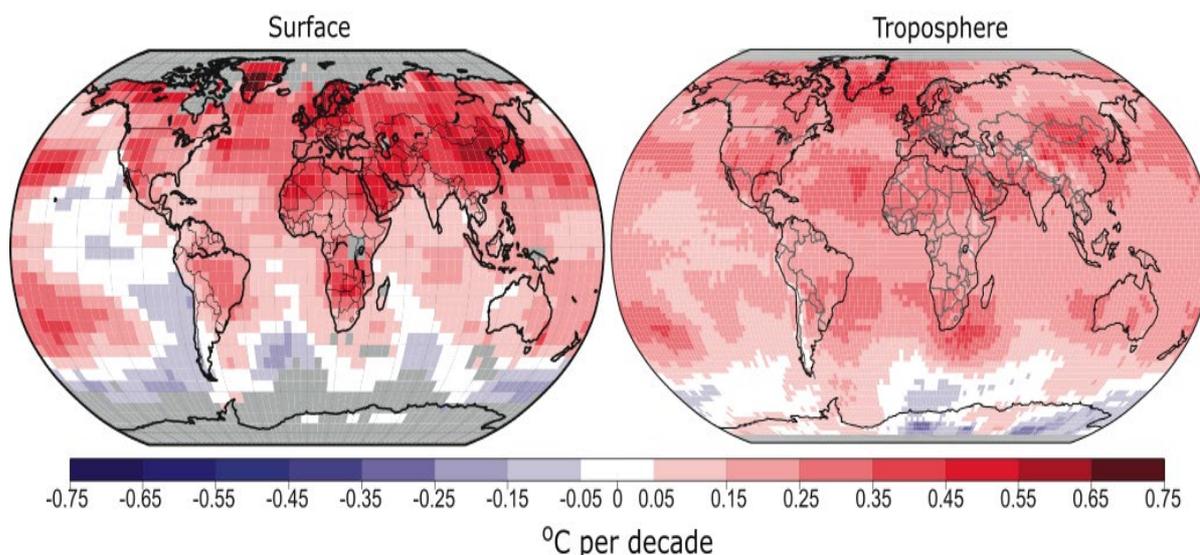


Figura 2.5: trend lineari della temperatura globale dal 1979 al 2005 stimati in superficie (a sinistra) e per la troposfera (a destra) dalla superficie a circa 10 km di altitudine, dalle osservazioni satellitari. Le aree grigie indicano regioni dove i dati sono incompleti e non permettono una stima robusta del trend. Dati HadCRUT3 (Brohan et al. 2006), Figura modificata da IPCC WG1-AR4, FAQ 3.1, Figura 1.

La tendenza al riscaldamento della troposfera (lo strato più basso dell'atmosfera compreso tra la superficie e circa 10 km di altitudine, pannello a destra di Figura 2.5) mostra valori che vanno da 0.15 °C per decennio su gran parte del globo, a massimi che localmente superano i 0.35 °C per decennio. In troposfera, il riscaldamento risulta più omogeneo spazialmente e con massimi meno pronunciati rispetto alla superficie, dove il trend degli ultimi decenni, in alcune aree del pianeta, ha raggiunto e superato i 0.65 °C per decennio.

Il riscaldamento al quale è soggetto il pianeta non è dimostrato solamente dall'aumento delle temperature illustrato nelle Figure 2.4 e 2.5. Esistono diverse altre evidenze, ormai incontrovertibili, che il clima della Terra sta cambiando e in particolare si sta riscaldando, quali,

per esempio, la progressiva fusione di gran parte dei ghiacciai terrestri e dei ghiacci marini che ricoprono l'oceano Artico e l'innalzamento del livello degli oceani. Quest'ultimo è effetto del riscaldamento globale sia perché, ovviamente, la fusione dei ghiacciai terrestri porta l'acqua in essi immagazzinata ad aumentare massa e volume degli oceani, quindi a provocarne l'innalzamento, ma anche perché il riscaldamento degli oceani ne provoca un'espansione e quindi un aumento di volume. In realtà, gran parte dell'innalzamento del livello dei mari osservato nei decenni passati è dovuto proprio a questo effetto di espansione termica.

Abbiamo già più volte detto che il clima è definito dalle statistiche di tutti i parametri che caratterizzano i fenomeni meteorologici. Pertanto, il riscaldamento globale, cioè il cambiamento della temperatura, non è il solo segnale di un cambiamento climatico in corso, ma anche tutti gli altri parametri che caratterizzano gli eventi meteorologici cambiano le loro statistiche. In Figura 2.6, per esempio, sono mostrati i trend di cambiamento delle precipitazioni osservate concomitanti ai cambiamenti di temperatura discussi più sopra.

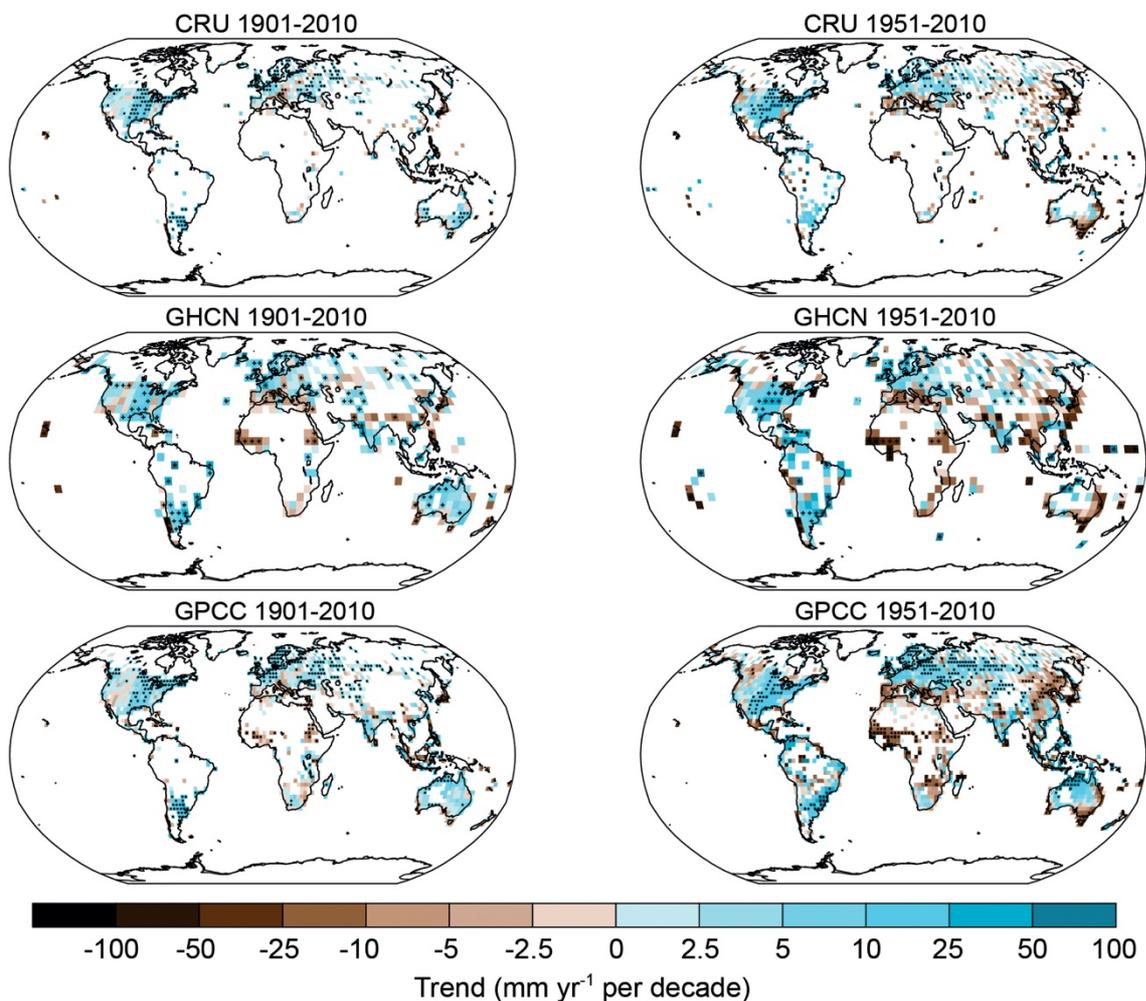


Figura 2.6: Mappe di cambiamento delle precipitazioni osservate dal 1901 al 2010 (pannelli di sinistra) e dal 1951 al 2010 (pannelli di destra) dalla Climatic Research Unit (CRU), Set di dati del Climatology Network (GHCN) e del Global Precipitation Climatology Center (GPCC). Le tendenze dell'accumulo annuale sono state calcolate solo per quelle grid box con più del 70% di record completi e più del 20% di disponibilità di dati nel primo e nell'ultimo decile del periodo. Le aree bianche indicano dati incompleti o mancanti. I segni più neri (+) indicano le caselle della griglia in cui le tendenze sono significative. Ulteriori dettagli sono forniti nel materiale supplementare TS. Fonte: IPCC - AR5 Technical Summary, TFE.1, Figura 2.

In particolare, Figura 2.6 mostra i trend delle medie annuali delle precipitazioni ottenuti da tre diversi data set osservativi, in due periodi: 1901-2010 (pannelli a sinistra) e 1951-2010 (pannelli a destra). Durante il secolo scorso, in vaste porzioni del Nord e del Sud America, dell'Australia e nel settore più settentrionale dell'Europa, si sono registrati trend di aumento delle piogge medie annuali superiori a 25 mm per decennio, passando, per esempio, da 300 mm/anno a 325 mm/anno nel corso di un decennio. Altre regioni, specialmente nel bacino del Mediterraneo, nell'Africa sub-sahariana e nell'Asia sud-orientale, mostrano diminuzioni delle precipitazioni medie annuali con tassi superiori a 10-25 mm per decennio. Altro fattore importante da considerare è che con l'aumento delle temperature, nelle regioni dove si è verificato un aumento delle precipitazioni, una percentuale maggiore di esse cade sotto forma di pioggia, piuttosto che di neve. Cosa, questa particolarmente importante per le sue conseguenze sul ciclo idrologico.

Figura 2.6 indica che le stime delle tendenze sono sostanzialmente coerenti tra i diversi data set osservativi considerati, suggerendo che questi risultati sono robusti. Inoltre, appare evidente che le tendenze al cambiamento delle precipitazioni nel corso del 20mo secolo si sono particolarmente accentuate nella seconda metà del periodo considerato, dal 1951 al 2010.

Infine, rispetto a quanto visto e discusso per la temperatura, la cui tendenza indica un riscaldamento distribuito su tutto il globo, nel caso della precipitazione Figura 2.6 mostra che regioni diverse subiscono cambiamenti di segno opposto. Come detto, infatti, vi sono regioni del pianeta nel quale si riscontra una tendenza all'aumento delle precipitazioni, mentre altre sono soggette ad una riduzione. Il cambiamento climatico iniziato ormai più di un secolo fa e attualmente in corso, sta modificando la distribuzione delle precipitazioni sul Pianeta, il che, ovviamente, implica conseguenze sulla distribuzione delle risorse idriche, particolarmente rilevanti per regioni come il Mediterraneo, l'Africa sub-sahariana o le regioni sud-orientali dell'Asia e dell'Australia. Tutte aree del pianeta nelle quali la spesso limitata disponibilità di risorse idriche già oggi determina condizioni di criticità.

2.4 Cambiamenti di temperatura e precipitazione in Italia

Finora abbiamo illustrato e discusso le principali caratteristiche del segnale di cambiamento climatico a livello globale. In questa sezione, invece, concentreremo la nostra attenzione su cosa è successo e succede nel continente Europeo e nel nostro Paese.

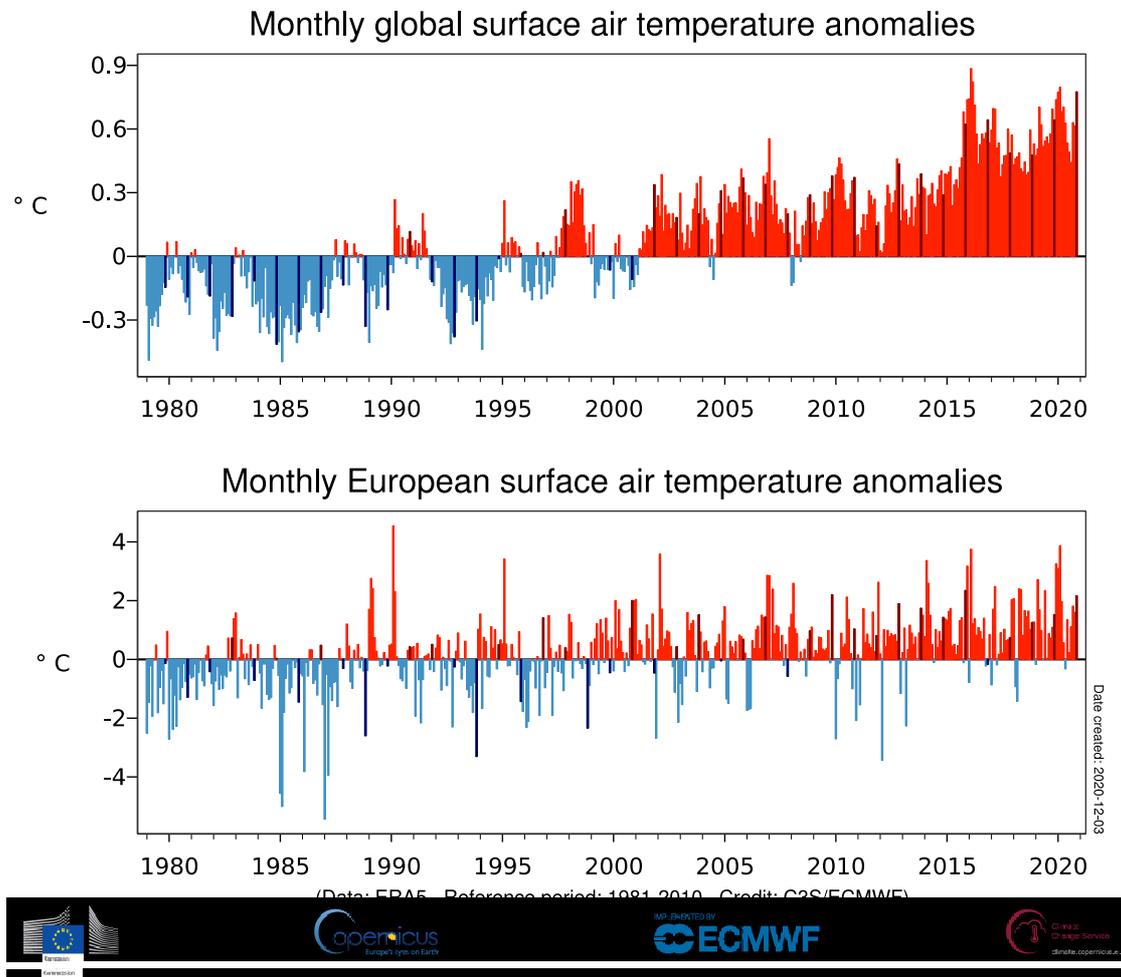


Figura 2.7: Anomalie mensili della temperatura dell'aria superficiale media globale ed europea relative al periodo 1981-2010, da gennaio 1979 a novembre 2020. Le barre di colore più scuro indicano i valori di novembre. Fonte dati: ERA5. Credito: Copernicus Climate Change Service / ECMWF.

Figura 2.7 mostra le serie temporali delle anomalie mensili della temperatura mediata su tutto il globo (pannello superiore) e mediata sull'Europa (pannello inferiore) dal 1979 al 2020.

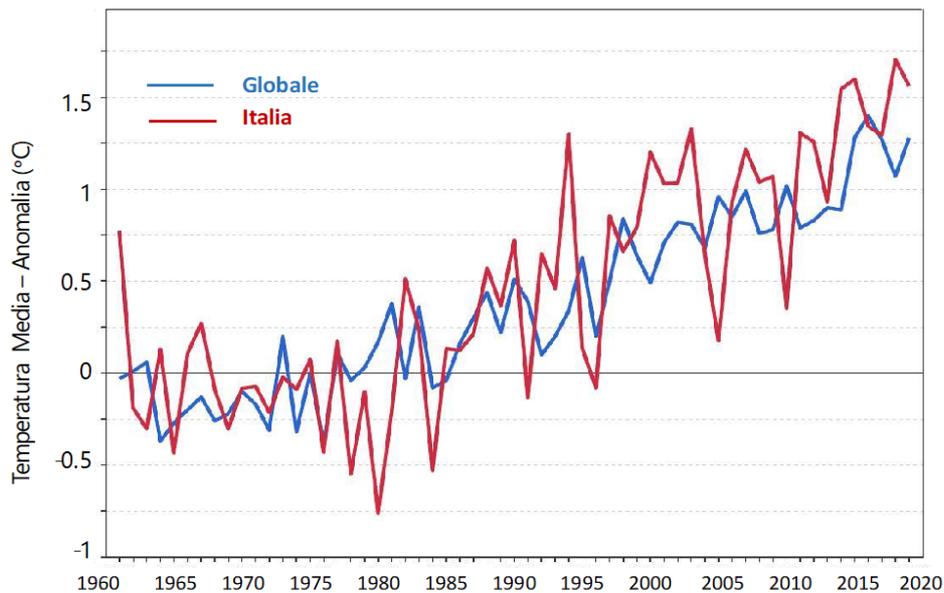


Figura 2.8: Serie delle anomalie annuali di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990. Fonti: NCDC/NOAA e ISPRA. Elaborazione: ISPRA (2019).

In entrambi i grafici si vede chiaramente il riscaldamento già discusso in precedenza, ma si vede anche che, quando mediate solo sul continente Europeo, le anomalie di temperature sono di valore molto maggiore e il riscaldamento degli ultimi decenni sembra essere decisamente più pronunciato rispetto a quello registrato a livello globale. Questo risultato è sostanzialmente consistente con quanto visto in Figura 2.5, dove le regioni continentali, soprattutto dell'emisfero settentrionale, mostrano trend di riscaldamento più pronunciati, particolarmente in confronto alle aree oceaniche.

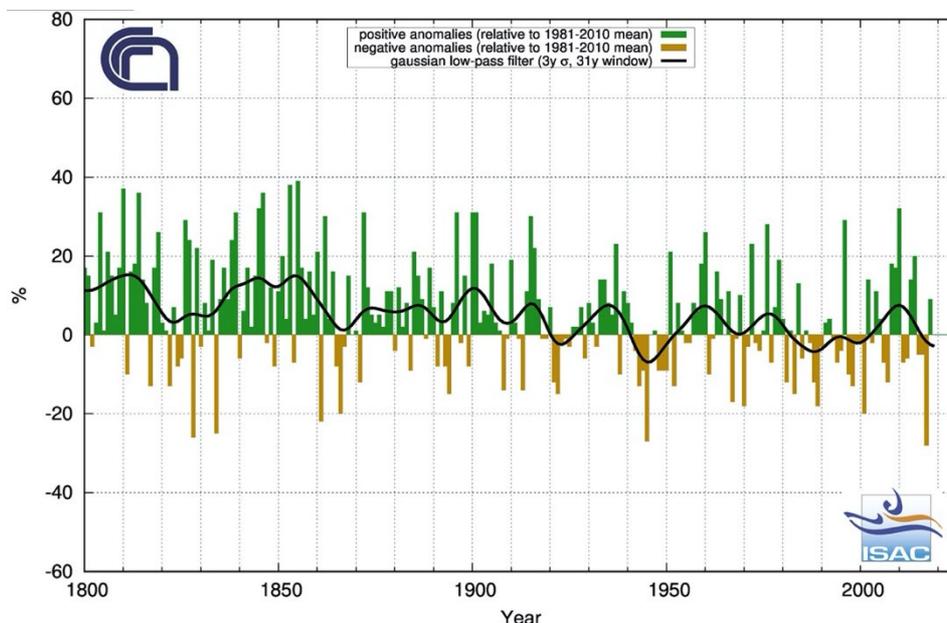


Figura 2.9: Anomalie della precipitazione annuale sull'Italia dal 1800 al 2010. Analisi basata su dati elaborati dal Gruppo di Climatologia Storica dell'ISAC-CNR (Brunetti et al 2006), aggiornati con i dati del "Global Surface Summary of Day" - NCDC-NOAA. Fonte: http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html#long-term

Restringendo ulteriormente il focus dell'analisi delle temperature sulla penisola Italiana, Figura 2.8, vediamo che alcune delle caratteristiche notate per il riscaldamento del continente Europeo si accentuano ulteriormente. In particolare, il segnale di riscaldamento sull'Italia (curva rossa), dagli anni '90 in poi appare essere sistematicamente maggiore rispetto al riscaldamento globale (curva blu) e negli ultimi 10 anni della serie la temperatura del Paese è stabilmente oltre 1°C più calda rispetto alla media del periodo di riferimento 1961-1990.

La precipitazione media annuale sull'Italia, Figura 2.9, mostra un trend molto meno marcato e, sebbene la prima parte del periodo considerato sembra essere caratterizzata da anni mediamente più piovosi, la seconda metà del 20mo secolo non mostra tendenze evidenti.

Le cose cambiano, però, quando invece di considerare la media annuale su tutto il Paese, si considerano le medie regionali per il nord, il centro e il sud della penisola. Come mostrato in Figura 2.10, infatti, mentre il nord mostra un'evidente variabilità multi-annuale (o decennale), per la quale periodi di diversi anni caratterizzati da maggiori e minori precipitazioni si alternano, il centro e il sud sembrano essere soggetti a una sistematica diminuzione delle piogge annuali nel corso degli anni.

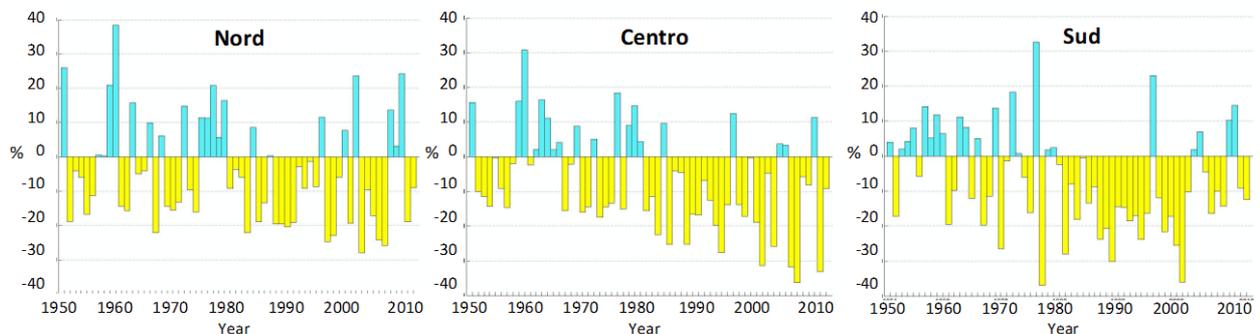


Figura 2.10: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, espresse in %, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1951-1980. Fonte: ISPRA.

2.5 Cambiamenti delle caratteristiche degli eventi estremi

Nella Sezione 2.2 abbiamo già detto che un cambiamento climatico, implicando il cambiamento della distribuzione della probabilità con la quale gli eventi meteorologici si verificano, non determina solo un cambiamento nei valori medi di temperatura e precipitazione ma anche dei valori che si registrano più raramente, vale a dire quelli estremi.

Figura 2.11 mostra le serie temporali dei giorni di ondata di calore (pannello a sinistra) e delle notti tropicali (pannello a destra) negli ultimi sessant'anni, vale a dire l'andamento di due indicatori di eventi estremi di temperatura, particolarmente impattanti per i loro effetti su importantissimi settori quali salute e domanda di energia.

I risultati indicano un sostanziale aumento del numero di giorni caratterizzati da ondate di calore, con picchi particolarmente pronunciati tra i quali si distinguono gli eventi eccezionalmente intensi delle estati 2003, 2007, 2010 e 2015.

Un esempio di cambiamento degli eventi intensi di pioggia e ancora più generalmente dei regimi di precipitazione, è presentato in Figura 2.12. In particolare questa figura mostra, per ogni anno dal 1880 al 2000, le anomalie del numero di giorni di pioggia per anno (pannello a sinistra) e le anomalie delle intensità delle precipitazioni nei giorni di pioggia e, come si vede chiaramente, entrambi questi indicatori mostrano trend significativi.

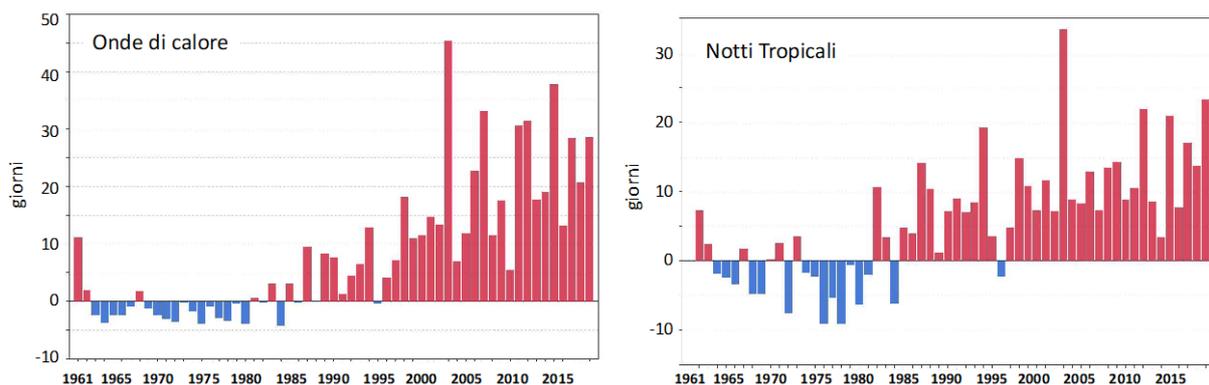


Figura 2.11: serie delle anomalie dell'indicatore WSDI (Warm Spell Duration Index, uno degli indicatori di eventi estremi definito dall' Expert Team on Climate Change Detection and Indices - <https://www.wcrp-climate.org/etccdi> - dell'Organizzazione Mondiale della Meteorologia) che esprime il numero di giorni soggetti ad ondate di calore per anno (pannello a sinistra) e notti tropicali nei quali la temperatura non scende al di sotto dei 22°C (pannello a destra) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990. Fonte: ISPRA, 2019.

Confrontando l'andamento degli indicatori rappresentati in Figura 2.12 con quello delle precipitazioni medie annuali in Figura 2.9 e Figura 2.10, si evince che, la diminuzione dei giorni di pioggia combinata con l'aumento dell'intensità delle precipitazioni ha prodotto un piccolo, se non marginale, cambiamento della quantità di acqua precipitata mediamente in un anno. C'è stato però un significativo cambiamento nei regimi di precipitazione, o meglio della distribuzione degli eventi di pioggia. Quindi, è cambiato il "modo in cui piove": piove meno frequentemente, ma quando piove precipita più acqua, il che, ovviamente, comporta importanti effetti sul ciclo idrologico.

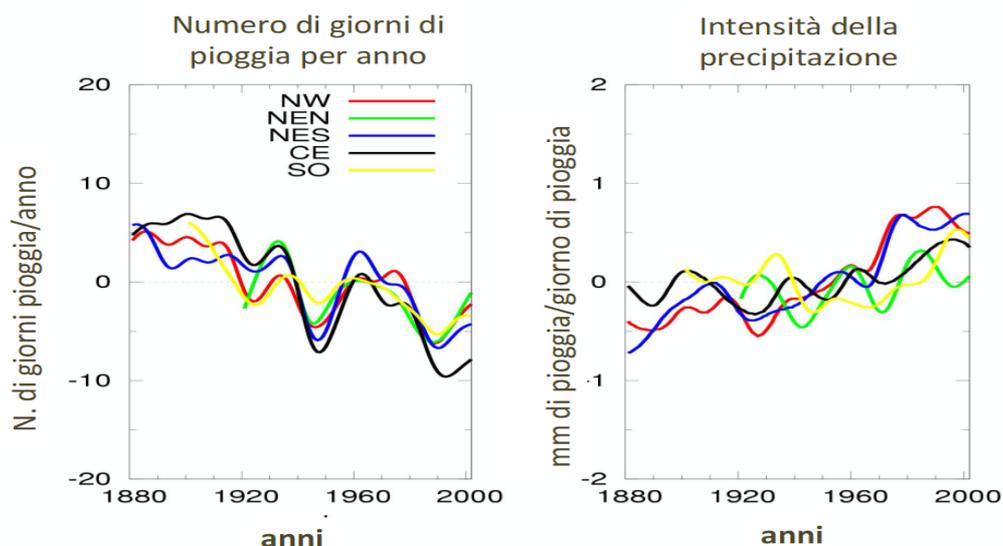


Figura 2.12: Serie annuali del numero di giorni piovosi e dell'intensità delle precipitazioni per le cinque macro-regioni NW (nord ovest), NEN (nord est-nord), NES (nord est-sud), CE (centro) e SO (sud). Le serie sono rappresentate mediante un filtro gaussiano con deviazione standard pari a 5 anni. Figura modificata da Lionello et al. (2009).

È facilmente intuibile come il cambiamento nelle caratteristiche degli eventi estremi, abbia diretti impatti sulla società e sulla vita delle persone. Considerando, per esempio, i cambiamenti degli eventi estremi di precipitazione, in riferimento all'aumento delle precipitazioni intense, queste possono indurre un aumento della probabilità di alluvioni in aree urbane, con conseguenti distruzioni di abitazioni, luoghi di lavoro e infrastrutture, determinando perdite al patrimonio immobiliare, danni al patrimonio culturale, perdite di posti di lavoro e fonti di reddito. Allo stesso tempo, siccome i cambiamenti degli eventi estremi comportano anche un aumento delle condizioni siccitose per molte aree del Paese, questi, a loro volta, possono determinare danni all'agricoltura e problemi di disponibilità della risorsa idrica.

Analogamente, i cambiamenti negli eventi estremi della temperatura e, in particolare, l'aumentata frequenza e intensità delle ondate di calore, può portare a gravi impatti sulla salute delle persone e degli animali, perdita di biodiversità, aumento dei costi dovuti a una ridotta produttività lavorativa, aumento della domanda energetica per il raffrescamento degli edifici che, in combinazione a una ridotta disponibilità idrica può portare a una riduzione o mancata erogazione di energia per problemi di raffreddamento delle centrali.

La produzione e la discussione della lunga lista di possibili impatti che i cambiamenti negli estremi di temperature e precipitazioni comportano per i vari settori socio-economici, va molto oltre gli scopi del presente documento. Qui, ci siamo limitati a menzionarne alcuni, principalmente allo scopo di ricordare quanto i cambiamenti climatici che sono qui illustrati e discussi, riguardano concretamente e materialmente le vite delle persone.

Per una più estesa analisi e discussione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici ed in particolare agli impatti determinati dai cambiamenti nelle frequenze e nelle intensità degli estremi, rimandiamo il lettore al Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNAC, 2017), al rapporto "Planning for Adaptation to Climate Change - Guidelines for Municipalities" di Giordano et al. (2013) e a quello più recentemente pubblicato dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) e intitolato "Analisi del Rischio - I cambiamenti climatici in Italia", Spano et al. (2020) ed alla letteratura in essi riportata.

3. Perché il clima cambia?

3.1 Cambiamenti climatici nel passato

Nel capitolo precedente sono stati discussi alcuni dati osservativi dai quali si evince che il clima del pianeta sta cambiando. Le evidenze osservative del cambiamento climatico in corso sono numerose e ormai unanimemente ritenute inconfutabili dalla comunità scientifica.

Il fatto che il clima della Terra non sia una condizione statica e immutabile, d'altra parte, è ben noto da tempo. Già nei primi decenni dell'800, il geologo svizzero Jean de Charpentier propose l'idea che nel passato il pianeta fosse ricoperto da ghiacciai molto estesi che poi si sono ritirati. Pertanto che il clima della Terra potesse essere molto più freddo, quindi diverso, da quello presente.

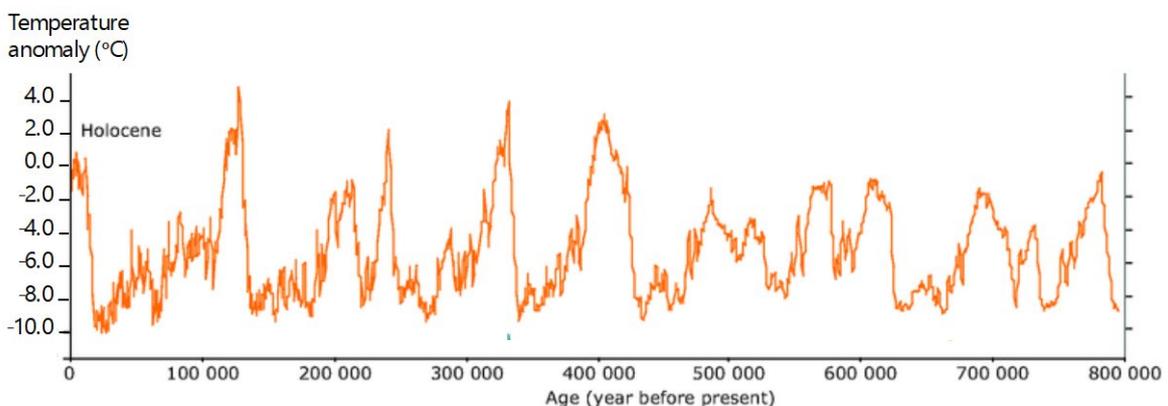


Figura 3.1: ricostruzione della temperatura dell'atmosfera terrestre nel corso degli ultimi 800,000 anni. I valori di temperatura atmosferica sono stati derivati dall'analisi di diversi carotaggi del ghiaccio condotti in Antartide nel corso del progetto EPICA (<https://www.nature.com/collections/xrrdzjdblm>; Lüthi et al. 2008). Le anomalie della temperatura sono state calcolate rispetto al clima presente.

Oggi, le analisi dei carotaggi di ghiaccio in Groenlandia e in Antartide ci permettono di ricostruire le condizioni generali del clima del pianeta, e in particolare della sua temperatura, indietro nel tempo, fino a un passato molto remoto. Figura 3.1, per esempio, mostra la ricostruzione della temperatura dell'atmosfera terrestre negli ultimi ottocentomila anni ottenuta dall'analisi della composizione chimica delle particelle d'aria intrappolate nel ghiaccio all'atto della sua formazione. I carotaggi in luoghi dove lo spessore del ghiaccio è molto grande (oltre 3 km), come nel centro del continente Antartico, permettono di esaminare il ghiaccio dei sedimenti più profondi di questi enormi ghiacciai, formatosi parecchie centinaia di migliaia di anni fa. L'analisi delle particelle d'aria intrappolate nel ghiaccio all'atto della sua formazione, pertanto, rende possibile la ricostruzione delle condizioni climatiche del pianeta susseguitesesi nel corso di centinaia di migliaia di anni.

L'andamento delle temperature mostrato in Figura 3.1 indica chiaramente che il clima del pianeta è cambiato anche in modo notevole nell'ultimo milione di anni della sua storia, con l'alternarsi di periodi nei quali la Terra era oltre 8°C più fredda del clima presente (ere glaciali), a periodi relativamente caldi, come quello del clima attuale (ere interglaciali).

È però importante notare come i cambiamenti climatici corrispondenti alle oscillazioni tra ere glaciali ed interglaciali che vediamo in Figura 3.1 sono avvenuti nell'arco di migliaia, se non

decine di migliaia di anni. Quindi il riscaldamento (o raffreddamento) di circa 8-10°C che osserviamo nei dati paleoclimatici è avvenuto in tempi dell'ordine delle decine di migliaia di anni. Mentre il riscaldamento di oltre 1°C che osserviamo oggi rispetto a qualche decennio fa è avvenuto in un tempo enormemente più breve (appunto qualche decina di anni) e quindi l'intensità del cambiamento climatico al quale stiamo assistendo sembra essere più elevata rispetto ai precedenti cambiamenti avvenuti nell'ultimo milione di anni.

Se è vero che il clima della Terra sta cambiando e se è vero che, come abbiamo appena visto, cambiamenti climatici importanti sono già avvenuti anche in passato, è naturale a questo punto porsi la domanda del perché il clima può cambiare. Quali sono i meccanismi che possono portare a un cambiamento climatico?

3.2 Possibili meccanismi di cambiamento climatico

Nella Paragrafo 2 e in Figura 2.1 abbiamo descritto il sistema climatico e spiegato come il clima del pianeta (o di una parte di esso) è determinato dalle condizioni di equilibrio di questo sistema, condizioni di equilibrio descritte dalla statistica degli eventi meteorologici. Quindi un cambiamento climatico può essere determinato da processi od eventi che portano ad una perturbazione consistente e duratura del sistema, tale da spingerlo verso una nuova condizione di equilibrio.

Inoltre abbiamo anche visto che il funzionamento del sistema climatico è alimentato e sostenuto principalmente dall'energia che esso riceve dal Sole. Con un flusso di energia di circa 1361 W/m², in un solo giorno il Sole fornisce alla Terra una quantità di energia pari all'intero consumo umano mondiale di un anno. Quindi i meccanismi che più facilmente potrebbero perturbare l'equilibrio del sistema, determinando un cambiamento climatico, sono quelli in grado di provocare un cambiamento nella quantità di energia che il sistema riceve dal Sole, oppure un cambiamento nel modo in cui l'energia ricevuta si distribuisce sulla superficie terrestre.

Quest'ultimo aspetto in particolare, cioè le fluttuazioni della distribuzione della radiazione solare sulla superficie della Terra al variare delle stagioni, dovute alle lentissime oscillazioni dei parametri orbitali del pianeta, è alla base della teoria di Milanković che spiega il lento susseguirsi delle ere glaciali e interglaciali (vedi Berger A., 1988 per una review).

Le oscillazioni dei valori dei parametri orbitali terrestri della teoria di Milanković, però, avvengono su scale temporali lunghissime, decine di migliaia di anni, quindi se da un lato possono spiegare il raffreddamento e il riscaldamento del pianeta corrispondente alle ere glaciali e interglaciali, dall'altro non possono essere invocate per spiegare il veloce riscaldamento osservato nei passati decenni e tuttora in corso.

D'altra parte abbiamo consolidate evidenze che l'energia solare che la Terra riceve dal Sole non è solo modulata nella sua distribuzione tra gli emisferi in conseguenza alle fluttuazioni dei parametri orbitali, ma varia anche a causa di cambiamenti nell'attività solare stessa. Da oltre un paio di secoli, sappiamo che anche il Sole non è costante nella sua attività di irraggiamento di energia, ma vi sono cicli piuttosto regolari, di circa 11 anni di periodo, durante i quali vi è una modulazione dell'energia solare che arriva al pianeta che, tra valore massimo e valore minimo del ciclo, può variare di approssimativamente ± 1 W/m².

In Figura 3.2 le osservazioni di irradianza solare dal 1880 in poi sono riportate insieme alle anomalie della temperatura globale. Le misura di irradianza (curva blu sottile) esibiscono i cicli di 11 anni, con un trend di crescita dei valori che va dalla fine dell'ottocento a metà del 20mo secolo. Ma dal 1950 circa in poi, l'irradianza non mostra più evidenti trend di crescita, al contrario della temperatura che proprio nella seconda metà del '900 e nei primi anni 2000 mostra il trend più marcato.

L'andamento delle curve riportate in Figura 3.2 suggerisce che molto probabilmente il riscaldamento globale osservato negli ultimi decenni non è attribuibile alla variabilità dell'attività solare.

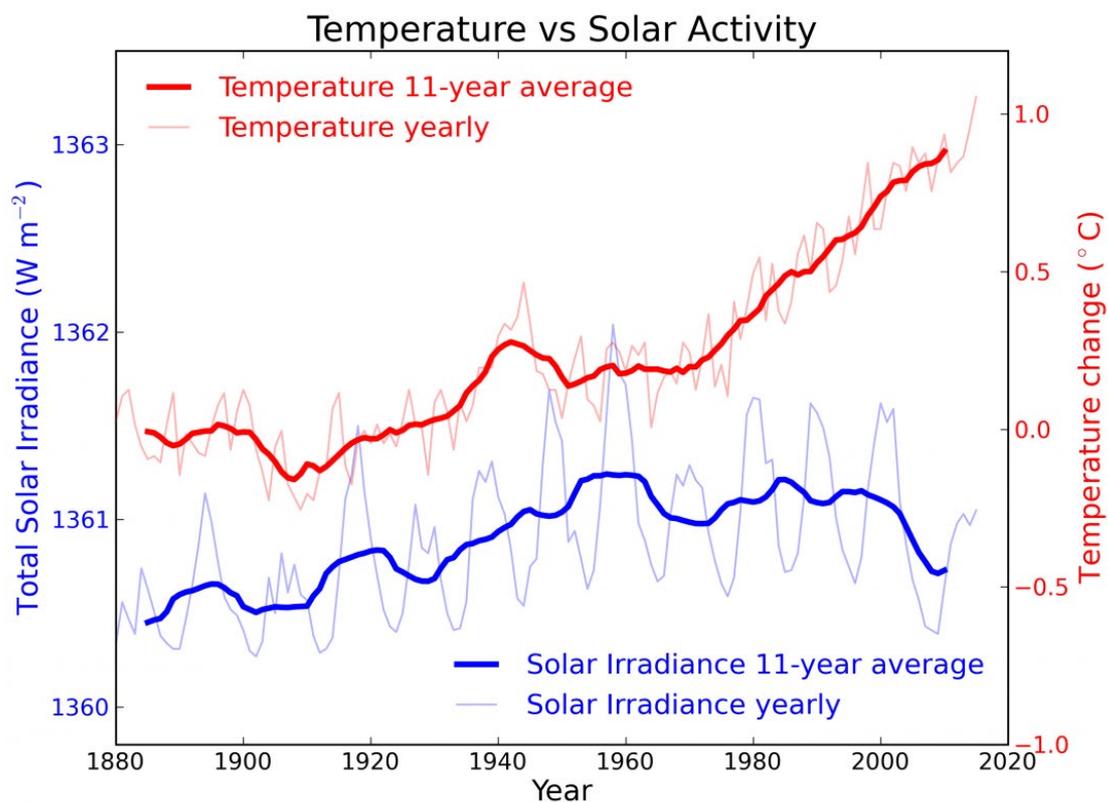


Figura 3.2: Variazione annuale della temperatura globale della Terra (curva rossa sottile) e la sua media mobile calcolata con una finestra mobile di 11 anni (curva rossa spessa). Irraggiamento solare totale (TSI) annuale (curva blu sottile) la sua media mobile di 11 anni (curva blu spessa). TSI dal 1880 al 1978 da Krivova et al (2007). TSI dal 1979 al 2015 prodotta dal World Radiation Center. Dati e grafici di irraggiamento solare aggiornati possono essere trovati presso il sito del Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LISIRD).

Una componente del sistema climatico che, soprattutto negli ultimi due secoli, ha visto crescere progressivamente il proprio peso e rilevanza, fino al punto, come vedremo, di influenzarne gli equilibri, è rappresentata dalle attività umane. Alcune delle attività industriali alla base della crescita economica di almeno una parte delle società dal 1850 in poi, hanno raggiunto scale che non sono più trascurabili dalla fisica del pianeta. La deforestazione, l'urbanizzazione e, più generalmente il cambio della natura di estese porzioni del suolo terrestre, uniti all'immissione in atmosfera di enormi quantità di gas a effetto serra e aerosol in grado di interagire con l'assorbimento della radiazione solare e i processi di formazione delle nubi, sono ormai di dimensioni tali che i loro effetti sul sistema climatico sono diventati dominanti sugli altri fattori di perturbazione.

Per meglio capire l'effetto della pressione che le attività umane esercitano sul clima, consideriamo l'immissione in atmosfera di gas serra e come questi interagiscono con i processi radiativi nel sistema climatico. A questo scopo ci serviamo dello schema illustrato in Figura 3.3

Come abbiamo detto, l'energia che alimenta il pianeta e, con esso, il sistema climatico, viene dal sole in forma di radiazione solare (la luce del sole). Questa energia viene assorbita dalla Terra che, in questo modo, aumenta la propria energia interna (scaldandosi), diventando essa stessa emettitrice di energia radiativa. Ma la radiazione emessa dalla Terra (radiazione terrestre) è caratterizzata da una lunghezza d'onda diversa da quella solare, molto più lunga e meno energetica: la radiazione infrarossa, quella emessa dai corpi caldi, che non vediamo ma possiamo percepire appunto in forma di calore.

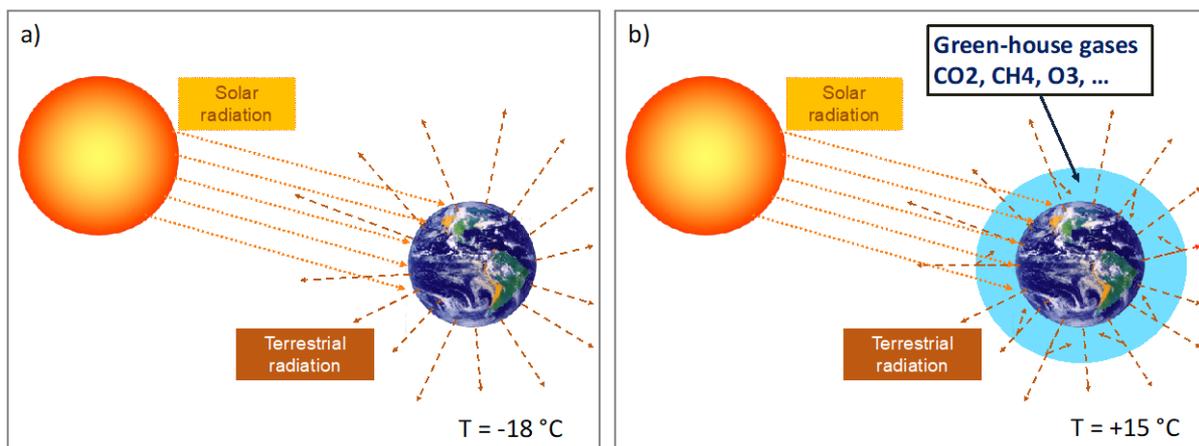


Figura 3.3: schema che illustra l'assorbimento da parte del sistema climatico dell'energia solare in forma di radiazione solare, successivamente riemessa dalla Terra in forma di radiazione terrestre (infrarossa). Nel pannello a) si immagina la Terra senza atmosfera, che raggiunge una temperatura di equilibrio di circa -18 °C ; nel pannello b) si immagina la Terra con l'atmosfera e il suo "effetto serra" in grado di trattenere parte dell'energia emessa dalla superficie terrestre, portando la nuova temperatura di equilibrio a circa $+15\text{ °C}$.

Il sistema composto da Sole, Terra e il loro scambio di energia radiativa, raggiunge l'equilibrio quando l'energia emessa dalla Terra in forma di radiazione terrestre (infrarossa) eguaglia quella solare assorbita.

Se, come si immagina nel pannello a) di Figura 3.3, la terra fosse una roccia "nuda" nello spazio, come è per esempio la Luna, si può facilmente calcolare la temperatura che caratterizzerebbe l'equilibrio del sistema in figura e questa temperatura sarebbe di circa -18 °C . Quindi, in assenza di atmosfera, la temperatura della superficie della Terra sarebbe molto più fredda di quello che in realtà è e soprattutto non permetterebbe l'esistenza dell'acqua in forma liquida sul pianeta e, quindi, della vita.

Fortunatamente, la Terra è circondata da una pellicola di gas, appunto l'atmosfera, che, come schematicamente illustrato nel pannello b) di Figura 3.3, ha la proprietà di assorbire e riemettere verso la superficie una parte della radiazione terrestre. Questo fa aumentare la temperatura fino al valore, che conosciamo, di approssimativamente $+15\text{ °C}$, permettendo la presenza di acqua liquida e con essa lo sviluppo della vita sul pianeta. Questa proprietà dell'atmosfera è chiamata "effetto serra".

L'atmosfera è una miscela di gas, di cui i componenti principali sono l'azoto (circa 78%), l'ossigeno (circa 20%) e l'argon (circa 1%). Oltre a questi, vi sono poi numerosi altri gas

componenti presenti in minima quantità (in traccia) come, per esempio, vapore acqueo, diossido di carbonio, metano, ozono, ecc. Sono proprio questi gas in traccia a rendere l'atmosfera in grado di fare l'effetto serra e per questo motivo sono denominati "gas serra".

Tra tutti i gas serra quello che sicuramente ha attirato la maggiore attenzione come possibile responsabile del cambiamento climatico in corso è il diossido di carbonio (CO₂) e questo soprattutto perché esso viene rilasciato in atmosfera in conseguenza all'utilizzo di combustibili fossili, quali, carbone, derivati del petrolio, metano, ecc. In altre parole, tutte le volte che viene utilizzato un combustibile che contiene carbonio (come appunto quelli fossili) vengono rilasciate molecole di CO₂ che vanno ad aggiungersi a quelle già presenti in atmosfera. Questo ha fatto sì che lo sviluppo delle attività industriali, con il massiccio utilizzo di combustibili fossili, negli ultimi duecento anni ha fatto cambiare in modo considerevole la concentrazione di CO₂ in atmosfera, come si vede chiaramente dal grafico in Figura 3.4

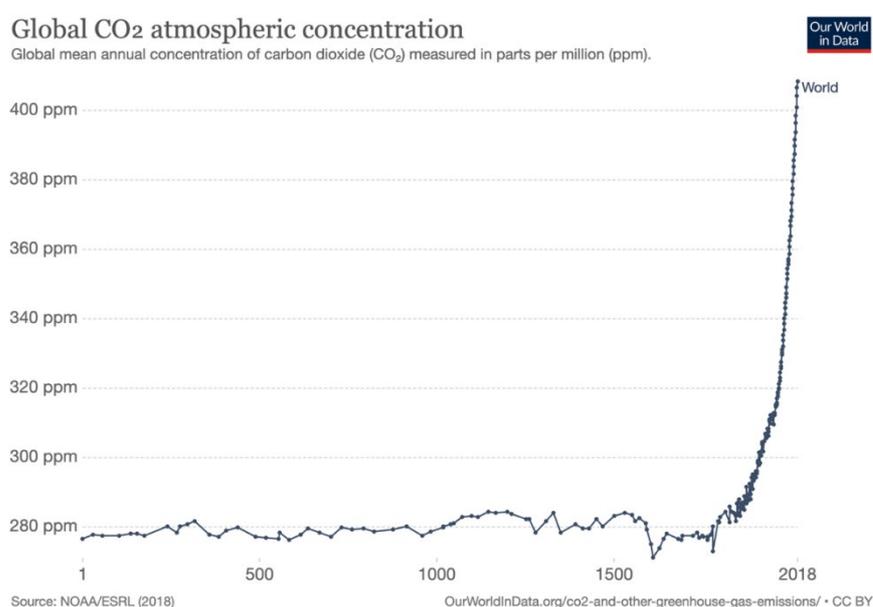


Figura 3.4: Concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica (CO₂), espressa in unità di parti per milione (ppm), negli ultimi 2000 anni, ottenute dall'analisi dell'aria intrappolata nel ghiaccio antartico e nel firn (lo strato di neve compattato che alla fine forma ghiaccio solido). Fonte: NOAA Climate.gov - Bereiter et al. (2015).

L'impetuosa crescita delle emissioni globali di CO₂ negli ultimi 200 anni, conseguente all'utilizzo dei combustibili fossili, ha avuto un impatto significativo sulle concentrazioni di CO₂ nell'atmosfera terrestre. Se guardiamo alle concentrazioni negli ultimi 2000 anni in Figura 3.4, vediamo che i livelli sono rimasti sostanzialmente stabili con un valore compreso approssimativamente tra 270 e 285 parti per milione (ppm) fino al XVIII secolo. Dalla rivoluzione industriale, le concentrazioni globali di CO₂ sono aumentate rapidamente, superando stabilmente, negli ultimi anni, le 400 ppm e continuando la sua corsa verso l'alto.

Andando ancora più indietro nel tempo, di oltre 800.000 anni nel passato, Figura 3.5, vediamo che le concentrazioni odierne sono le più alte osservate in questo lunghissimo periodo. I cicli di picchi e minimi nelle concentrazioni di CO₂ seguono i cicli delle ere glaciali (bassa concentrazione di CO₂) e interglaciali (alta concentrazione di CO₂). In ogni caso, pur variando sostanzialmente, le concentrazioni di CO₂ non hanno mai superato i 300 ppm durante questi

cicli, mentre oggi sono ben oltre i 400 ppm, considerato il livello più alto degli ultimi tre milioni di anni.

Questi dati sull'aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ mostrano chiaramente che le attività umane e in particolar modo le emissioni di CO₂ (ma simili risultati sono trovati e simili considerazioni possono essere fatte anche per altri gas serra come il metano) hanno profondamente modificato le caratteristiche del sistema climatico terrestre, spingendolo verso condizioni che non hanno precedenti, almeno nell'ultimo milione di anni.

Per quanto mostrato finora, si può certamente dire che ci sono evidenti ed incontrovertibili prove, derivate da osservazioni dirette, che il clima del pianeta sta cambiando e, in particolare, da circa un secolo si sta riscaldando, con un'accentuazione della tendenza al riscaldamento negli ultimi 50-60 anni.

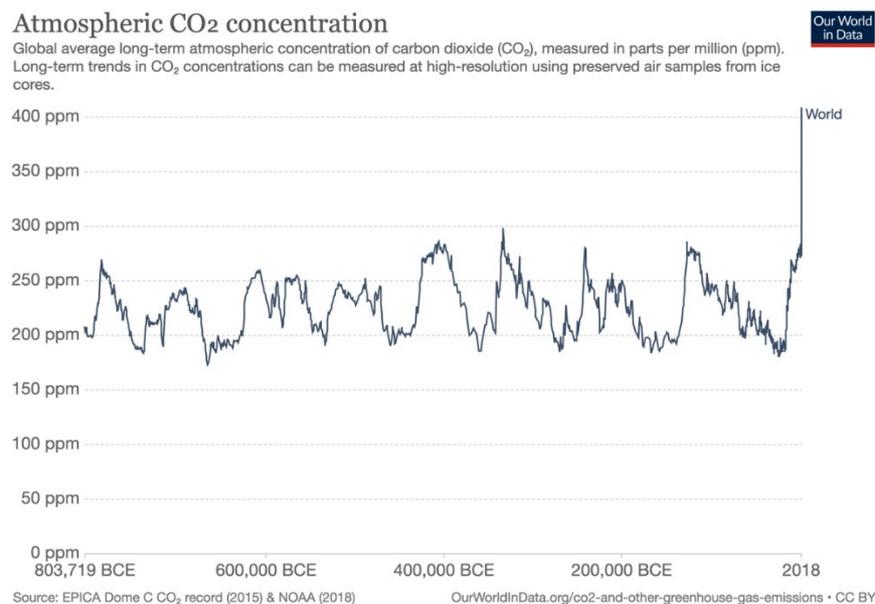


Figura 3.5: Concentrazioni globali di anidride carbonica atmosferica (CO₂) in parti per milione (ppm) negli ultimi 800.000 anni. I picchi e i minimi che si seguono rappresentano le ere glaciali (bassa CO₂) e gli interglaciali più caldi (CO₂ più alta). Durante questi cicli, la CO₂ non è mai stata superiore a 300 ppm. Sulla scala temporale geologica, l'aumento sembra praticamente istantaneo. Grafico NOAA Climate.gov basato sui dati di Lüthi, et al., 2008, prodotto nell'ambito del programma di paleoclimatologia NOAA NCEI.

Più o meno nello stesso periodo nel quale è avvenuto l'aumento delle temperature, le emissioni dovute alle attività umane hanno prodotto un marcato aumento delle concentrazioni atmosferiche di gas serra, specialmente CO₂.

Sussistono pertanto forti e fondati motivi per mettere in relazione questi diversi elementi, cercando di spiegare l'aumento delle temperature osservate sul pianeta (e il cambiamento climatico al quale il riscaldamento è associato) con l'aumento della concentrazione atmosferica di gas serra dovuto alle attività umane.

D'altra parte, per avere la prova scientifica che sono proprio le attività umane a perturbare il sistema climatico, fino al punto da alterarne gli equilibri e spingerlo verso un nuovo stato, è necessario condurre un esperimento che dimostri in modo quantitativo questa ipotesi. La difficoltà che rende problematica la conduzione di un tale esperimento risiede nel fatto che le scienze del clima, a differenza di altre discipline scientifiche, non dispongono di un tavolo

sperimentale sul quale svolgere gli esperimenti in grado di avvalorare o confutare le proprie teorie.

Per questo motivo, come vedremo di seguito, questa comunità si è dotata di diversi strumenti che l'hanno messa in condizione di compiere esperimenti quantitativi che permettessero di esplorare le dinamiche del sistema climatico e le sue risposte alle più diverse perturbazioni, incluse quelle derivanti dalle attività umane.

4. Strumenti scientifici per studiare i cambiamenti climatici

4.1 Modelli climatici

Il metodo scientifico prevede che ogni ipotesi o teoria sul funzionamento dei fenomeni osservati in natura venga verificata, avvalorata o confutata, per mezzo di esperimenti, ben definiti e replicabili. Quindi, anche nel caso del riscaldamento globale, per avere la dimostrazione scientifica che vi sia effettivamente una relazione tra l'aumento delle temperature e il contemporaneo aumento di concentrazione di gas serra, specialmente la CO₂, è necessario condurre un esperimento che dimostri quantitativamente il loro legame.

Per dotarci degli strumenti che ci permettano di condurre questo esperimento scientifico, torniamo a considerare il sistema climatico come rappresentato in Figura 2.1. Notiamo che esso è costituito da componenti come, per esempio, atmosfera, oceani, criosfera, ecc., che a loro volta rappresentano sistemi fisici, quali fluidi allo stato aeriforme (atmosfera), liquido (oceani, laghi e fiumi) oppure solido (ghiacci). Sistemi dei quali conosciamo le leggi della fisica che li governano, che sono, principalmente, le leggi che esprimono i principi fondamentali di conservazione dell'energia, della massa e della quantità di moto. Possiamo pertanto scrivere queste equazioni e cercare, per mezzo di esse, di rappresentare (simulare) il comportamento di questi sistemi e delle loro interazioni, arrivando in questo modo, a costruire un modello numerico che cerca di rappresentare (simulare) il comportamento del sistema climatico, o meglio di una sua riduzione, visto che comunque tali modelli sono necessariamente una approssimazione del sistema reale.

Qui di seguito, in Tabella 4.1, riportiamo le equazioni fondamentali che descrivono l'atmosfera e che possono essere utilizzate per studiarne il comportamento e prevederne l'evoluzione. Queste equazioni sono quelle utilizzate, per esempio, nella costruzione dei modelli numerici che vengono utilizzati per le previsioni meteorologiche.

<u>Conservazione del momento</u>	$\begin{cases} x & \frac{Du}{Dt} - fv = -\frac{\partial\phi}{\partial x} - F_x \\ y & \frac{Dv}{Dt} + fu = -\frac{\partial\phi}{\partial y} - F_y \\ z & 0 = -\frac{\partial\phi}{\partial p} - \frac{RT}{p} \end{cases}$	Bilancio idrostatico (permette di trascurare le accelerazioni verticali)
<u>Conservazione della massa</u>	$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$	$\omega = dp/dt$ = velocità verticale in coord. di pressione
<u>Conservazione dell'energia</u>	$\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} + \omega\left(\frac{\partial T}{\partial p} + \frac{RT}{pc_p}\right) = \frac{J}{c_p}$	
<u>Equazione di stato dei gas</u>	$p = \rho RT$	

Tabella 4.1: Equazioni fondamentali dell'atmosfera.

Un sistema di equazioni simile a quello rappresentato in Tabella 4.1 che descrivono il comportamento dell'atmosfera, può essere poi scritto per l'oceano, per i ghiacci, per il suolo, ecc. Ognuno di questi sistemi di equazioni rappresenta un modello numerico per l'atmosfera, l'oceano, i ghiacci, il suolo, ecc. Combinando, poi, i diversi sistemi di equazioni in modo tale che si scambino opportunamente le informazioni tra loro, rappresentando così le interazioni tra le diverse componenti viste in Figura 2.1, si costruisce un modello numerico per il Sistema Terra.

In questo modo, pertanto, possiamo costruire uno strumento (numerico) che ci permette di fare esperimenti, rappresentando il comportamento del sistema e simulando come questo risponde quando viene perturbato. Per esempio, si potrebbe cercare di capire quale sarebbe il clima della Terra se non ci fossero le montagne, oppure se gli oceani non fossero collegati tra loro attraverso gli stretti, o ancora se non ci fossero le foreste pluviali dell'Amazzonia e del bacino del Congo, e così via. Oppure, semplicemente, possiamo usare il modello per riprodurre il clima osservato negli ultimi anni e cercare di prevedere come può evolvere in futuro.

Tutto quello che si deve fare è risolvere le equazioni del sistema, come quelle rappresentati in Tabella 4.1, con le opportune modifiche che rappresentano le perturbazioni, nel caso si voglia capire come risponde il sistema quando viene perturbato.

Risolvere un sistema di equazioni come quello rappresentato in Tabella 4.1, però non è affatto semplice. Queste equazioni, infatti, sono molto complesse dal punto di vista matematico e in sostanza irrisolvibili analiticamente. Per risolverle, quindi, abbiamo solo due possibilità: semplificarle, il che permette di trovare soluzioni per casi idealizzati, perdendo molto in termini di realismo del sistema effettivamente rappresentato; risolverle numericamente, utilizzando tecniche numeriche che prevedono la "discretizzazione" delle equazioni su una griglia spaziale e risolverle per i punti della griglia. Questo secondo approccio è quello utilizzato nello sviluppo dei modelli numerici.

Soluzioni Numeriche

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

↓ Metodo delle differenze finite

$$\frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{\Delta t} = k \frac{u_{j+1}^n - 2u_j^n + u_{j-1}^n}{\Delta x^2}$$

Discretizzazione dell'atmosfera

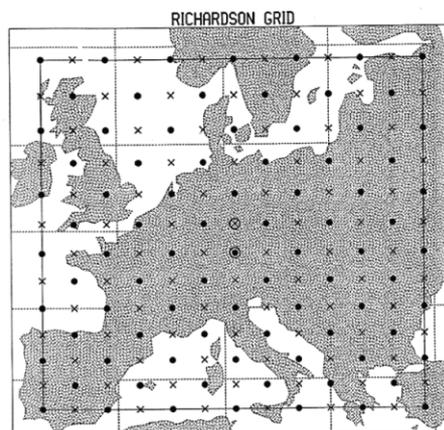


Figura 4.1: Esempio di discretizzazione di un'equazione alle derivate parziali e a destra una griglia atmosferica simile a quella utilizzata da Lewis Fry Richardson nel suo primo tentativo di risolvere le equazioni dell'atmosfera (Richardson 1922). Le derivate della variabile u , che è finzione sia del tempo che dello spazio, vengono sostituite da differenze finite di u per diversi intervalli di tempo (rappresentati dagli indici n ed $n+1$, nell'esempio in figura) e intervalli nello spazio (rappresentati dagli indici j , $j+1$ e $j-1$, nell'esempio in figura).

In pratica, nella discretizzazione di equazioni differenziali come quelle rappresentate in Tabella 4.1., cerchiamo di rappresentare le derivate in termini di differenze finite calcolate su punti di griglia, come rappresentato in Figura 4.1. In questo modo, sostituendo le derivate con differenze tra i valori nei punti griglia, trattiamo equazioni matematiche complesse (differenziali) con un elevato numero di equazioni più semplici (differenze algebriche). In altre parole, semplifichiamo la complessità, pagando il prezzo di compiere un elevato numero di operazioni elementari.

Il primo a sviluppare un metodo di discretizzazione per cercare di risolvere numericamente le equazioni dell'atmosfera fu, nel 1922, il matematico e fisico inglese Lewis Fry Richardson (Richardson, 1922), le cui tecniche di calcolo (divisione dello spazio in celle della griglia; soluzioni alle differenze finite di equazioni differenziali) sono quelle poi utilizzate per lungo tempo nello sviluppo dei modelli per l'atmosfera e per l'oceano.

Di fatto, il metodo di discretizzazione introdotto e utilizzato da Richardson ha ridotto la complessità dei calcoli richiesti a un livello tale da poter immaginare di calcolare una soluzione delle equazioni in Tabella 4.1. Tuttavia, la quantità di calcoli necessari era tale che Richardson stesso non immaginava il suo metodo come una tecnica di previsione del tempo concretamente e praticamente utilizzabile. Il suo tentativo di calcolare l'evoluzione del tempo per un periodo di otto ore ha richiesto sei settimane di calcoli e si è concluso con una previsione sbagliata. Quindi, non solo il risultato era di qualità incerta, ma arrivava anche molto tempo dopo il periodo *target* della previsione. Solo a partire dagli anni quaranta del '900, quando i primi computer resero possibile il calcolo automatico, su scale e a velocità inimmaginabili solo qualche anno prima, il metodo sviluppato e proposto da Richardson cominciò a rivelarsi come concretamente praticabile.

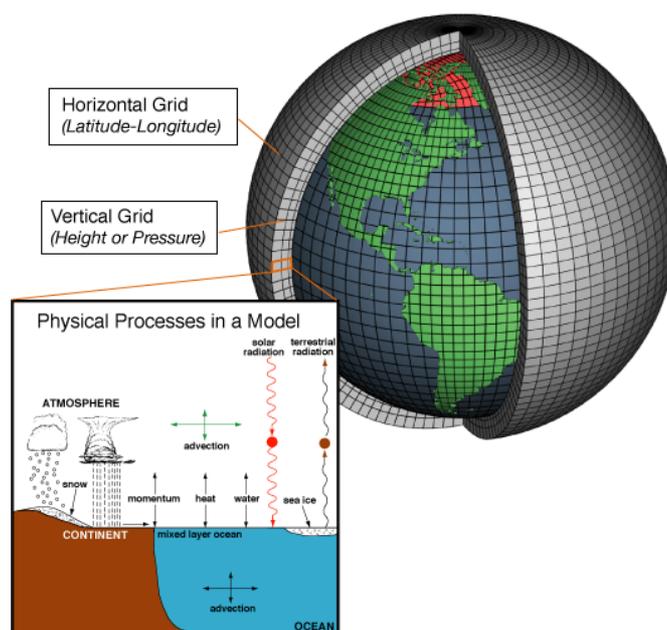


Figura 4.2: I modelli climatici sono sistemi di equazioni differenziali basati sulle leggi fondamentali della fisica, del movimento dei fluidi e della chimica. Per "creare" un modello, gli scienziati dividono il pianeta in una griglia tridimensionale e applicano le equazioni ad ogni punto griglia. Sfruttando la potenza di calcolo offerta dai super-computer, i modelli calcolano i venti, le correnti, il trasferimento di calore, la radiazione, l'umidità relativa e l'idrologia superficiale per ciascun punto della griglia e valutano le interazioni con i punti vicini. I risultati di ciascuna cella vengono poi passati alle celle adiacenti e le equazioni vengono risolte di nuovo. La ripetizione del processo di calcolo attraverso molte iterazioni temporali rappresenta il passare del tempo. Fonte immagine: NOAA.

Ancora oggi i modelli numerici utilizzati per simulare il comportamento del sistema climatico sono basati sull'approccio della discretizzazione delle equazioni proposta da Richardson, sebbene con metodi matematici diversi, utilizzando griglie tri-dimensionali che ricoprono tutto il globo, come illustrato in Figura 4.2.

Un aspetto fondamentale che caratterizza un modello numerico costruito utilizzando una griglia, sui punti della quale vengono calcolate le soluzioni delle equazioni, come quella raffigurata in Figura 4.2, è la distanza che separa due punti della griglia, o passo di griglia. Questa distanza, infatti rappresenta la risoluzione del modello, vale a dire il livello di dettaglio spaziale nella rappresentazione dei processi meteo-climatici, al quale il modello è in grado di arrivare. Tanto più è piccolo il passo di griglia del modello, tanto più piccola è la distanza tra i punti sui quali vengono calcolate le soluzioni delle equazioni, tanto più piccole sono le scale dei processi che il modello è in grado di rappresentare.

Oggi, gran parte dei modelli "stato dell'arte" che vengono utilizzati per produrre le simulazioni di possibili climi futuri della Terra, hanno una risoluzione nominale (cioè un passo di griglia) generalmente compresa tra circa 50 e 100 km. Questo significa che tutti i processi meteo-climatici che avvengono su scale spaziali più piccole, come per esempio le celle temporalesche, non sono esplicitamente rappresentati (risolti) dai modelli. Per questi processi, o almeno quelli più importanti al fine di produrre una realistica rappresentazione del sistema climatico, vengono sviluppate delle "parametrizzazioni", vale a dire dei moduli compresi nel modello che sono in grado di riprodurre la statistica del comportamento dei processi di piccola scala, non risolti, sulla base dei valori dei parametri meteorologici di larga scala, risolti. Il modello quindi, per tutti i processi che non riesce a risolvere perché di scala troppo piccola,

produce per ogni punto griglia e per ogni istante della simulazione, una statistica di questi eventi. Statistica che, per esempio nel caso degli eventi convettivi, dice per ogni cella della griglia quanti di questi eventi si verificano, con quale intensità e quanta precipitazione producono, e che viene determinata dai valori di temperatura, umidità, venti, ecc., risolti dal modello nei punti griglia intorno alla cella considerata.

Queste parametrizzazioni sono determinate da leggi fisiche e relazioni empiriche, derivate dalle osservazioni, tra i processi di piccola scala e quelli di larga scala risolti dal modello. Esse, pertanto, contengono una notevole quantità di parametri, appunto empirici, caratterizzati da notevoli incertezze circa i loro valori e la possibile variabilità di questi valori in condizioni diverse da quelle in cui sono stati derivati. Le parametrizzazioni, quindi, rappresentano uno dei punti più critici dei modelli, in quanto contengono approssimazioni e un notevole grado di incertezza e, anche, arbitrarietà.

La condizione ideale, alla quale la comunità della modellistica climatica tende, è quella per la quale un modello è in grado di rappresentare esplicitamente tutti i processi di piccola scala effettivamente importanti per produrre una simulazione realistica del clima della Terra, come, per esempio quelli dei fenomeni convettivi (celle temporalesche). Per arrivare a questo livello di risoluzione, significa avere una griglia con un passo dell'ordine di 1 km o minore, quindi un enorme numero di punti di griglia sul quale si devono fare i calcoli. Perché, ovviamente, tanto più alta è la risoluzione, tanto maggiore è il numero dei nodi della griglia e quindi il numero dei punti sui quali fare i calcoli per risolvere le equazioni.

Come detto più sopra, la modellistica numerica si è potuta sviluppare grazie alla disponibilità dei computer e dell'enorme capacità di calcolo che questi hanno progressivamente offerto. L'aumento di risoluzione, richiede sempre maggiori risorse computazionali e i modelli climatici, grazie alle nuove generazioni di computer, si stanno sempre più avvicinando alla fatidica soglia di risoluzione 1 km, mentre i modelli atmosferici per le previsioni meteorologiche sono già oggi vicini a questa soglia.

4.2 Capacità dei modelli climatici di rappresentare il clima della Terra

Una volta che un modello climatico è stato costruito, può essere valutato confrontando la sua capacità di simulare il clima del pianeta osservato negli ultimi decenni. Quindi, in pratica, si compie con il modello una simulazione, per esempio, degli ultimi cinquant'anni, fornendo ad esso tutte le informazioni sulle possibili variazioni di forzanti esterne, come attività solare, concentrazione dei gas serra o utilizzo del suolo dovuto alle attività umane avvenute nel periodo considerato. I risultati prodotti dalla simulazione vengono poi confrontati con le condizioni climatiche e meteorologiche osservate nel corrispondente periodo.

Ovviamente, il risultato di una tale simulazione non consiste in una ricostruzione della cronologia degli eventi meteorologici osservati. Il modello climatico, infatti, è pensato e realizzato per riprodurre il clima del pianeta. Quindi, se ben costruito, il modello sarà in grado di simulare una serie di eventi meteorologici che hanno proprietà statistiche idealmente uguali, nella realtà simili, alle proprietà statistiche degli eventi osservati. In altre parole, il clima del modello deve avere statistiche degli eventi meteorologici uguali o almeno confrontabili con

quelle del clima osservato, anche se queste simulazioni non possono riprodurre la cronologia degli eventi meteo osservati.

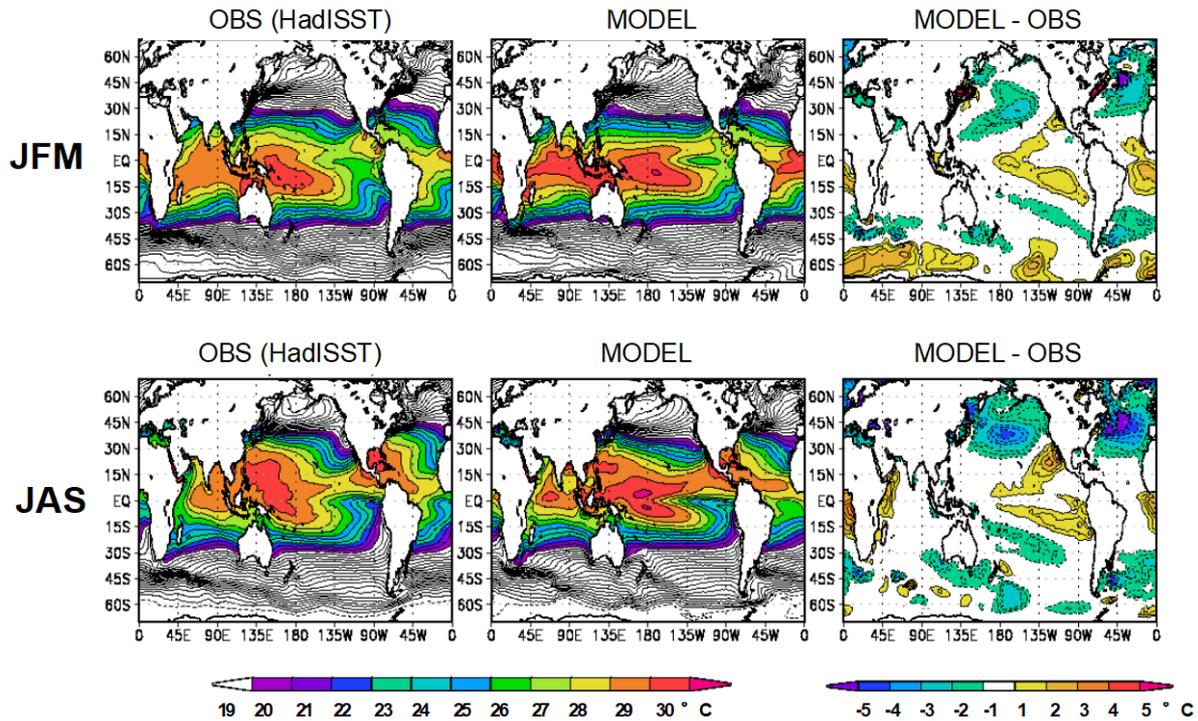


Figura 4.3: medie stagionali (pannelli superiori, JFM: gennaio–febbraio–marzo; pannelli inferiori, JAS: luglio–agosto–settembre) delle temperature superficiali marine (SST), mediate su un periodo di 30 anni (1971–2000) di osservazioni (pannelli a sinistra; HadISST, Rayner et al. 2003) e una simulazione condotta con il modello CMCC-CM (pannelli centrali; Gualdi et al. 2008) per lo stesso periodo. Nei pannelli a destra sono le differenze modello meno osservazioni.

La valutazione dei modelli per mezzo del loro confronto con le osservazioni, consente agli scienziati di verificarne l'accuratezza e, se necessario, di rivedere il modo nel quale le equazioni sono risolte e, soprattutto, ritoccare i parametri empirici contenuti nelle parametrizzazioni. I centri di ricerca e modellistica numerica del clima di tutto il mondo costantemente valutano e confrontano i risultati dei loro modelli con le osservazioni e con i risultati dei modelli degli altri centri, in un continuo scambio di informazioni e *know-how*.

A titolo di esempio, in Figura 4.3 è mostrata la temperatura superficiale marina (SST) osservata (pannelli a sinistra), simulata da un modello (pannelli al centro) e la differenza tra le due (pannelli a destra).

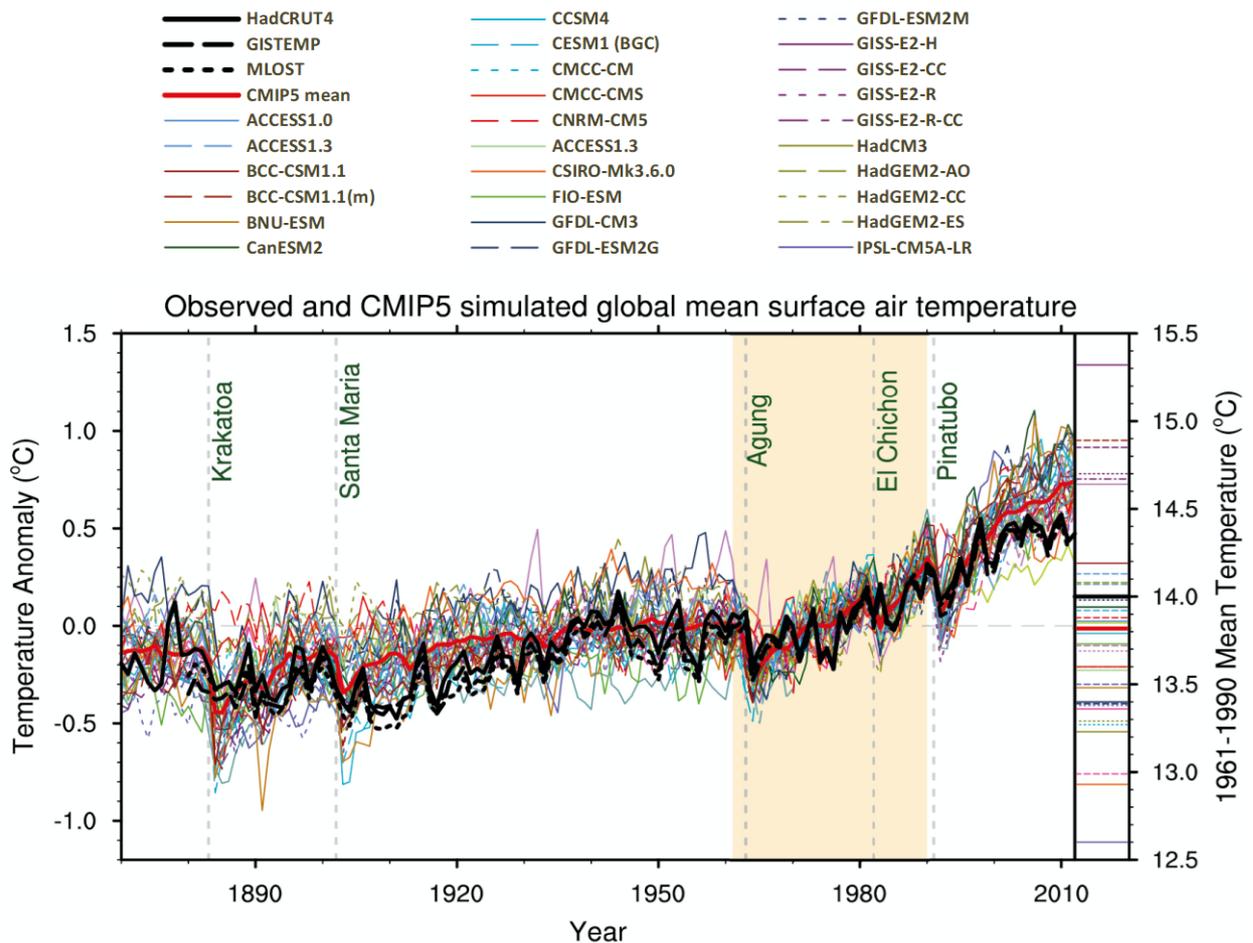


Figura 4.4: Serie storica osservata e simulata delle anomalie della temperatura superficiale media annuale e globale. Tutte le anomalie sono differenze rispetto alla media del periodo 1961-1990 di ogni singola serie temporale. Il periodo di riferimento 1961-1990 è indicato dall'ombreggiatura gialla; le linee grigie tratteggiate verticali corrispondono alle principali eruzioni vulcaniche (considerate nelle simulazioni). Le linee sottili colorate sono i risultati delle simulazioni ottenute dai 26 modelli climatici elencati nella parte superiore della figura. La media multi-modello (linea rossa spessa) è indicata con il termine "CMIP5 mean" (dove CMIP5 sta per Coupled Model Intercomparison Project fase 5). Le curve nere (continue e tratteggiate) rappresentano i risultati ottenuti da diversi dataset osservativi (linee nere spesse). I dati osservativi sono prodotti dall'Hadley Center (HadCRUT4; Morice et al., 2012), Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature Analysis (GISTEMP; Hansen et al., 2010) e National Oceanic and Atmospheric Administration (MLOST; Vose et al., 2012). Seguendo il protocollo CMIP5 (Taylor et al., 2012), tutte le simulazioni, fino all'anno 2005, utilizzano forzanti (vulcaniche, solari e antropiche) storiche, osservate e ricostruite. Per gli anni della serie successivi al 2005 è stato utilizzato lo scenario RCP4.5. Figura adattata da, IPCC-AR5, Figura 9.8.

Un modello climatico stato dell'arte, utilizzato per produrre previsioni e scenari climatici, come quello considerato in Figura 4.3, simula una distribuzione delle temperature oceaniche superficiali (SST) medie (pannelli al centro) pienamente realistiche e in generale buon accordo con le osservazioni (pannelli a sinistra). In gran parte delle regioni tropicali e subtropicali, le SST medie stagionali del modello mostrano errori di ampiezza inferiore a 1°C, mentre l'errore appare più marcato nelle aree settentrionali del Pacifico e soprattutto dell'Atlantico.

Altri risultati simili a quanto mostrato in Figura 4.3, ma per le precipitazioni o i venti o altri parametri meteo-climatici, o anche fenomeni atmosferici e oceanici che caratterizzano la variabilità del clima della Terra, sono documentati in una vastissima letteratura scientifica dedicata ai modelli climatici e della loro capacità di riprodurre le caratteristiche del clima osservato. Questa letteratura è pubblicamente disponibile e per motivi di brevità ovviamente non la consideriamo qui. È però importante sottolineare che da questi lavori si vede chiaramente

come i progressi della modellistica numerica hanno portato allo sviluppo di modelli sempre più capaci di simulare le principali proprietà del sistema climatico e del suo comportamento.

Un esempio importante della generalmente buona qualità dei modelli è riportato in Figura 4.4 che mostra la riproduzione delle anomalie di temperatura media annuale, mediata sulla superficie del globo, ottenuta da un insieme di simulazioni climatiche del 20mo secolo, condotte con 26 diversi modelli, sviluppati dai principali centri di ricerca climatica nel mondo. Le curve sottili e colorate, in questa figura, rappresentano le singole simulazioni condotte con i diversi modelli nell'ambito di un programma internazionale denominato *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP, <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>) e la curva spessa e rossa rappresenta la media di tutti i modelli. Le simulazioni sono state condotte considerando tutte le forzanti che possono influenzare il clima, come la variabilità dell'attività solare, le eruzioni vulcaniche e anche le attività umane, soprattutto per il loro impatto sulle concentrazioni dei gas serra. Le curve nere rappresentano i valori di anomalie di temperatura ottenute da diversi data set osservativi e la curva nera spessa è la loro media. Le anomalie sono calcolate rispetto alla media del periodo di riferimento 1961-1990.

Dalla figura si vede chiaramente che i modelli, nel loro insieme, quando sono utilizzati considerando tutte le forzanti climatiche, naturali e antropogeniche, riproducono ragionevolmente bene l'evoluzione della temperatura del pianeta negli ultimi 150 anni circa. In particolare, i modelli riproducono bene il trend di lungo termine di riscaldamento globale che ha portato la temperatura della Terra ad aumentare di circa 1°C nel periodo considerato.

4.3 Attività umane e cambiamenti climatici

Con i modelli climatici, quindi, disponiamo di uno strumento che ci consente di fare esperimenti quantitativi per esplorare il funzionamento del sistema climatico, le sue dinamiche interne e la sua risposta a perturbazioni esterne, prima fra tutte quella dovuta alle attività umane.

Nello specifico, possiamo ripetere le simulazioni del 20mo secolo mostrate in Figura 4.4, ma questa volta senza dare ai modelli l'informazione sui forzanti antropogenici. Questo è quanto stato fatto negli esperimenti i cui risultati sono mostrati in Figura 4.5. La figura riporta nel pannello a sinistra (pannello a) le anomalie di temperature ottenute da simulazioni del 20mo secolo condotte con un largo insieme di modelli che hanno partecipato a programmi CMIP3 (curve azzurre) e CMIP5 (curve gialle), insieme alle osservazioni (curva nera). In queste simulazioni i modelli sono stati utilizzati fornendo loro le informazioni su tutti i forzanti, naturali e antropogenici, come in Figura 4.4.

Nel pannello a destra di Figura 4.5 (pannello b), invece, le stesse simulazioni sono state ripetute, con gli stessi modelli, ma questa volta fornendo loro solo le informazioni sulle forzanti naturali, attività vulcanica e variabilità dell'attività solare. In queste simulazioni è stata eliminata l'informazione circa la forzante dovuta alle attività umane. Come risulta evidente, quando non si considerano i forzanti antropogenici e si considerano solo gli effetti dei forzanti naturali, i modelli non riproducono correttamente il trend del riscaldamento globale e in particolare non riproducono il riscaldamento osservato negli ultimi decenni. Riscaldamento (correttamente) simulato quando i forzanti antropogenici sono invece considerati. In altre parole, non è possibile spiegare il cambiamento climatico osservato se non si considerano gli effetti delle attività umane.

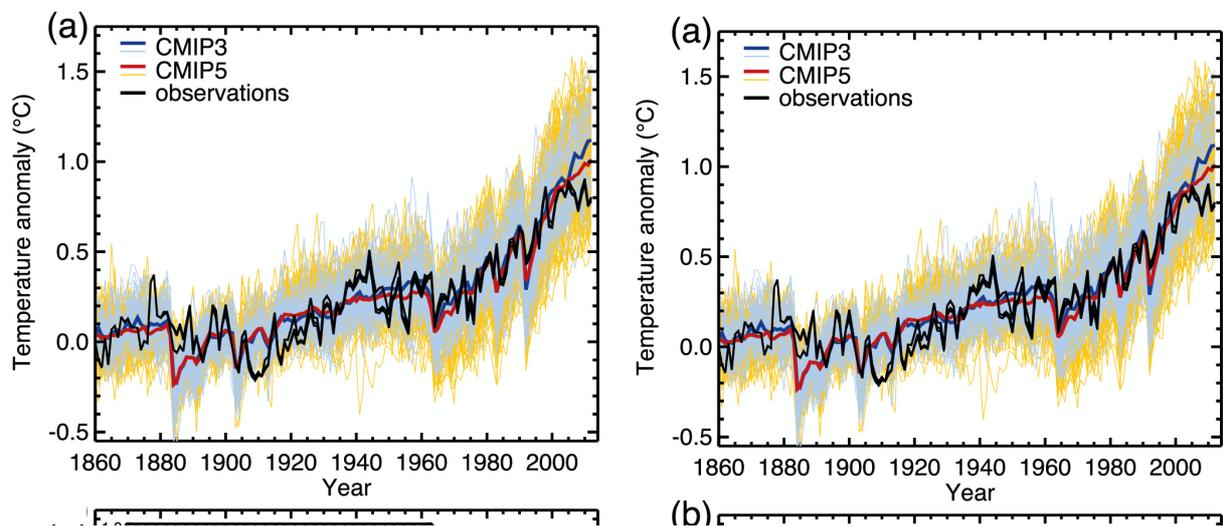


Figura 4.5: tre stime osservative della temperatura superficiale media globale (linee nere) prodotte dall'Hadley Centre (HadCRUT4), dal Goddard Institute of Space Studies (GISTEMP) e dalla National Oceanic and Atmospheric Administration (MLOST), e simulazioni da modelli numerici condotte nell'ambito del Coupled Model Intercomparison Project fase 3 e fase 5 (CMIP3, linee blu sottili; CMIP5, linee gialle sottili). Nel pannello a sinistra (a) tutte le forzanti naturali e antropiche sono considerate; nel pannello a destra (b) solo le forzanti naturali (vulcani e variazioni dell'attività solare) sono considerate. Le linee rosse e blu spesse sono le medie tra tutte le simulazioni CMIP5 e CMIP3 rispettivamente. Le anomalie medie sono mostrate rispetto al periodo 1880-1919. Figura adattata da, IPCC-AR5, Figura 10.1.

I risultati mostrati in Figura 4.5 rappresentano quella che è stata considerata la prova più evidente, la "pistola fumante", della responsabilità delle attività umane nel cambiamento

climatico. Prova che ha portato le comunità delle scienze del clima a concludere che *“It is extremely likely that human influence has been the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century.”* (IPCC-AR5, SPM).

4.4 Scenari di emissione

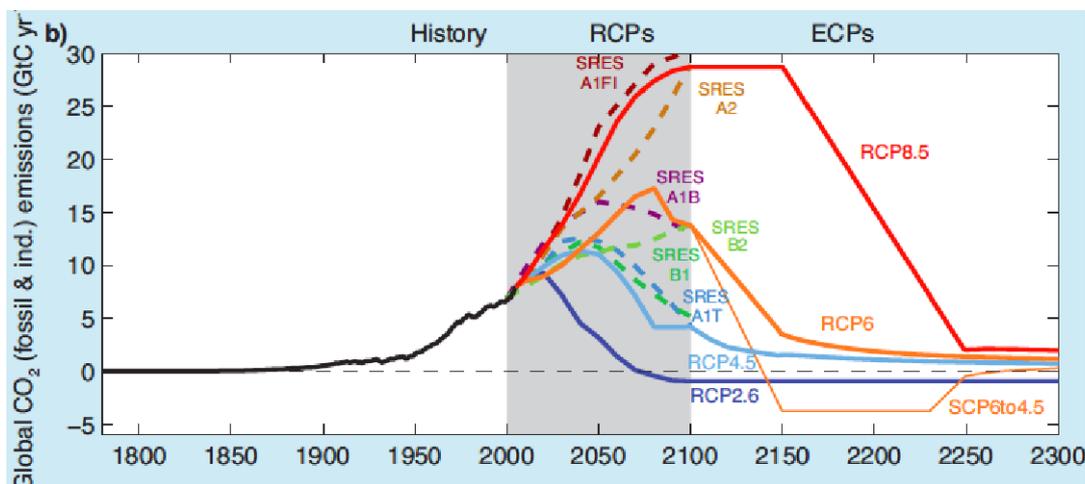
I modelli numerici, abbiamo visto, possono essere utilizzati per simulare il clima presente, allo scopo di investigarne i meccanismi dinamici, oppure ricostruire l'andamento del clima passato, per cercare di attribuire le cause dei cambiamenti e dei trend osservati. Essi, però possono essere anche usati per cercare di capire come il clima del pianeta potrà eventualmente evolvere nel futuro.

Come detto, però, è ormai evidente che le attività umane hanno un ruolo fondamentale nel determinare nuovi equilibri climatici, in quanto la forzante che esercitano sul pianeta e il suo sistema climatico non è trascurabile. Tali influenze, quindi, devono essere debitamente considerate se si vuole cercare di capire come potrà evolvere il clima nel futuro.

Pertanto, per condurre simulazioni dell'evoluzione del sistema climatico nel futuro, che permettano di anticipare quali potranno essere i possibili nuovi equilibri climatici, dobbiamo prima di tutto fare degli scenari di possibili (plausibili) sviluppi delle società umane nei prossimi decenni. Questi scenari, ipotizzando diverse strategie e percorsi di sviluppo demografico, economico e sociale, tra loro coerenti, permettono di quantificare l'intensità della forzante antropogenica, principalmente espressa in termini di emissioni di gas serra, aerosol e utilizzo del suolo. Quindi, per mezzo dei modelli climatici, potremo cercare di simulare nuovi climi, ognuno dei quali consistenti con le attività umane e i relativi forzanti climatici associati a questi scenari di sviluppo socio-economico.

Figura 4.6 mostra gli scenari di emissione (pannello superiore) e i relativi scenari di concentrazione (pannello inferiore) di gas serra, espressi in termini CO₂ equivalente, corrispondenti a diversi scenari di sviluppo. In breve, in tali scenari vengono descritte diverse strategie di sviluppo economico, approvvigionamento energetico, crescita demografica, livello di globalizzazione e altri parametri socio-economici che caratterizzano le diverse possibili società future in termini di diversi fabbisogni energetici e tipologia di produzione energetica (fossili o rinnovabili) e, più in generale, di utilizzo delle risorse naturali (vedi Tabella 4.1).

EMISSIONI



CONCENTRAZIONI

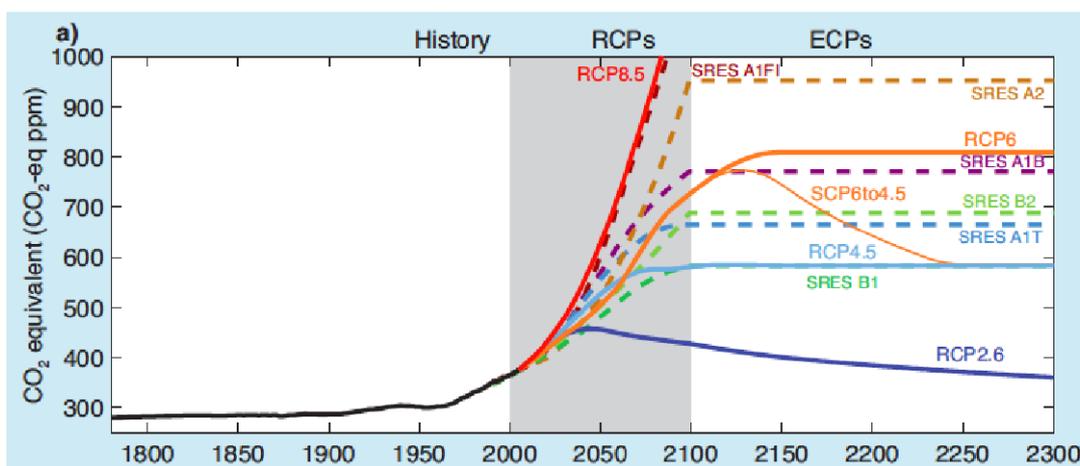


Figura 4.6: andamento delle emissioni (pannello superiore) e delle relative concentrazioni di gas a effetto serra, espresse in termini di CO₂ equivalente, ricostruite per il periodo storico (curva nera) e per i diversi scenari socio-economici immaginati per il futuro (curve colorate). Fonte: Figura modificata dall' IPCC-AR5, 2013.

A questi diversi scenari socio-economici corrisponderanno diverse intensità della forzante climatica antropogenica, rappresentata in termini di emissioni di CO₂. Così, per esempio, le curve rosse, nel pannello delle emissioni in Figura 4.6, corrispondenti a scenari fortemente emissivi, indicati con le sigle A1FI, oppure A2, oppure RCP8.5 che, nel gergo della comunità scientifica sono indicati col il nome di scenari "business as usual" e che corrispondono a scenari socio-economici nei quali le attività industriali, per esempio, continuano ad essere energeticamente poco efficienti e fortemente basate su fonti di origine fossile.

All'opposto, le curve blu, per esempio quella indicata con la sigla RCP2.6, riflettono scenari emissivi fortemente mitigati da decise politiche di riduzione delle emissioni. Quindi, corrispondono a scenari socio-economici che prevedono una rapida ed efficace transizione energetica, con l'abbandono di fonti fossili e con l'implementazione di tecnologie che conducano non solo a emissioni zero nei prossimi decenni, ma che portino a emissioni negative, ottenute con la rimozione dei gas serra dall'atmosfera e il loro sequestro in siti di stoccaggio. Tra gli

scenari rossi e quelli blu, vi sono gli scenari intermedi, come per esempio l'RCP4.5, RCP6 oppure l'A1B, nei quali la riduzione delle emissioni è più lenta.

Agli scenari emissivi, poi, corrispondono quelli di concentrazione dei gas serra in atmosfera (Figura 4.6, pannello inferiore). Vale a dire, la quantità (espressa in concentrazione "parti per milione") di gas serra che si accumulano in atmosfera, in conseguenza al bilancio tra quanta ne viene emessa dalle attività umane, che si somma a quella prodotta nei cicli naturali, e quanta ne viene rimossa dai "pozzi" naturali (vegetazione terrestre e oceano, i più importanti di tutti). Dal punto di vista della fisica del sistema climatico, è la concentrazione quella che veramente risulta importante, perché, come abbiamo detto nei paragrafi precedenti, è dalla concentrazione dei gas serra in atmosfera che dipende la capacità di quest'ultima di "fare effetto serra".

È importante sottolineare che anche se il mondo raggiungesse una stabilizzazione delle emissioni di CO₂, ciò non si tradurrebbe automaticamente in una stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche. Questo perché la CO₂ si accumula nell'atmosfera in conseguenza a quello che viene definito "tempo di permanenza", vale a dire il tempo necessario affinché la CO₂ emessa venga rimossa dall'atmosfera attraverso processi naturali del ciclo del carbonio terrestre. La durata di questo tempo varia in modo anche significativo: parte della CO₂ può essere rimossa in meno di 5 anni attraverso processi di ciclo veloce, mentre altri processi, come l'assorbimento attraverso la vegetazione terrestre, il suolo e i cicli di assorbimento da parte di microorganismi nell'oceano profondo, possono richiedere da centinaia a migliaia di anni.

Quindi, anche se smettessimo di emettere CO₂ oggi, ci vorrebbero decine d'anni perché la sua concentrazione si stabilizzi e poi diverse centinaia di anni prima che la maggior parte delle emissioni umane venisse rimossa dall'atmosfera, facendo calare nuovamente la concentrazione di CO₂ atmosferica.

Pertanto, è importante notare che anche nello scenario più mitigato tra quelli considerati, l'RCP2.6, nel quale si immagina che l'implementazione di drastiche politiche di mitigazione porti a un drastico e relativamente repentino calo delle emissioni, la concentrazione non diminuisce in egual misura, ma molto più lentamente.

Gli scenari che sono alla base delle più recenti proiezioni di cambiamento (quelle utilizzate per il 5° Rapporto, AR5, dell'IPCC pubblicato nel 2013, e quelli utilizzati per il 6° rapporto, AR6, di imminente pubblicazione) sono quelli denominati RCP (*Representative Concentration Pathways* - Percorsi Rappresentativi di Concentrazione), espressi in termini di andamento delle concentrazioni di gas serra (il risultato delle emissioni) che portano a diversi livelli di forzante radiativo dovuto alle attività umane, alla fine del secolo. In Tabella 4.1 sono riassunte le principali caratteristiche degli scenari.

SCENARIO RCP	CARATTERISTICHE
RCP 2.6 fortemente mitigato. 2.6 W/m ² al 2100	assume strategie di mitigazione “aggressive” per cui le emissioni di gas serra iniziano a diminuire dopo circa un decennio (~2020) e si avvicinano allo zero più o meno in 60 anni a partire da oggi (~2080). Secondo questo scenario è improbabile che si superino i 2°C di aumento della temperatura media globale rispetto ai livelli pre-industriali (1850).
RCP 4.5 4.5 W/m ² al 2100	assume che si intraprendano alcune iniziative per controllare le emissioni di CO ₂ che scendono al di sotto dei livelli attuali entro il 2070 portando la concentrazione atmosferica a stabilizzarsi a un valore circa doppio di quella pre-industriale entro la fine del secolo.
RCP 6 6.5 W/m ² al 2100	assume che le emissioni continuino ad aumentare fino al 2080 per poi diminuire negli ultimi anni del secolo. Le concentrazioni impiegano più tempo a stabilizzarsi rispetto all’RCP4.5 e, rispetto a questo scenario, raggiungono valori che sono circa il 25% superiori.
RCP 8.5 “business-as-usual” 2.6 W/m ² al 2100	assume un approccio cosiddetto “business-as-usual”, nel quale lo sviluppo economico continua ad essere fondamentalmente basato sul massiccio utilizzo di combustibili fossili, come avvenuto negli ultimi decenni. Le emissioni continuano a crescere ai ritmi attuali ed entro il 2100, la concentrazione di CO ₂ nell’atmosfera terrestre risulta più che triplicate rispetto ai livelli pre-industriali (1850).
SCENARIO SRES	CARATTERISTICHE
A1 mondo più integrato	famiglia di scenari con rapida crescita economica, popolazione globale che raggiunge i 9 miliardi nel 2050 per poi diminuire gradualmente, rapida diffusione di nuove ed efficienti tecnologie, reddito e stile di vita convergono tra le regioni, con ampie interazioni sociali e culturali. <u>Sottoinsiemi:</u> A1FI , enfasi sui combustibili fossili (Fossil Intensive); A1B , enfasi equilibrata su tutte le fonti di energia; A1T , enfasi sulle fonti energetiche non fossili.
A2 mondo più diviso	scenario caratterizzato da un mondo di nazioni che operano in modo indipendente e autosufficienti. Popolazione in continuo aumento. Sviluppo economico orientato a livello regionale. Elevate emissioni
B1 mondo più integrato e più rispettoso dell'ambiente.	rapida crescita economica (come in A1) ma con rapidi cambiamenti verso un'economia dei servizi e dell'informazione, popolazione che sale a 9 miliardi nel 2050 per poi diminuire. Riduzione dell'intensità dei materiali e introduzione di tecnologie pulite ed efficienti. Enfasi sulle soluzioni globali per la stabilità economica, sociale e ambientale.
B2 mondo più diviso, ma più rispettoso dell'ambiente	popolazione in continuo aumento, ma a un ritmo più lento che in A2; enfasi sulle soluzioni locali piuttosto che globali per la stabilità economica, sociale e ambientale. Livelli intermedi di sviluppo economico. Cambiamento tecnologico meno rapido e più frammentato rispetto ad A1 e B1.

Tabella 4.1: descrizione sintetica degli scenari RCP (Representative Concentration Pathways - Percorsi Rappresentativi di Concentrazione) e degli SRES (Special Report on Emissions Scenarios) principalmente utilizzati nelle proiezioni di cambiamento climatico.

5. Proiezioni di cambiamento climatico

I diversi scenari di concentrazione discussi nella sezione precedente, sono forniti ai modelli climatici per simulare l'evoluzione del clima terrestre in risposta ai forzanti antropogenici corrispondenti e quantificare, per esempio, il riscaldamento globale ad essi associati. Figura 5.1 mostra l'andamento delle temperature ricostruite dalle simulazioni numeriche del 20mo secolo, curva nera (media delle 38 simulazioni rappresentate dall'area grigia), e proiettate per il 21mo secolo dai modelli in risposta ai diversi scenari di forzante antropogenico, curve colorate.

Lo scenario più emissivo, RCP8.5, quello nel quale le emissioni di gas serra continueranno ad aumentare nel 21mo secolo praticamente con lo stesso tasso di crescita osservato negli ultimi decenni, produce un riscaldamento, che alla fine del secolo, porterà la temperatura media globale ad essere tra i 4 e i 6 °C più calda rispetto al periodo riferimento, 1850–1900 (curva rossa e ombreggiatura rossa).

Lo scenario più mitigato, RCP2.6, da parte sua porterà il riscaldamento del pianeta a valori di temperatura compresi tra 1 e 2.5 °C più alti rispetto al periodo di riferimento (curva blu e ombreggiatura blu).

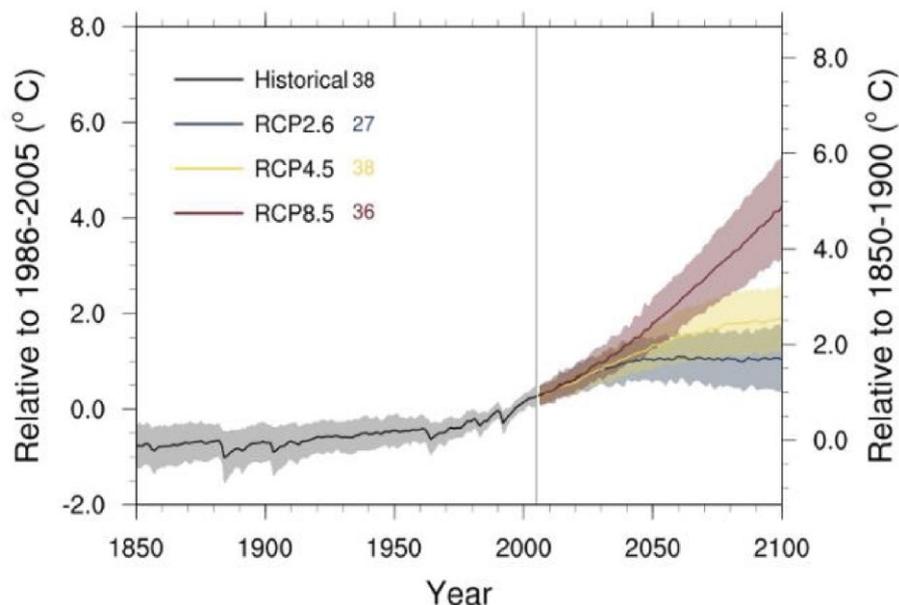


Figura 5.1: Andamento della temperatura atmosferica alla superficie (TAS) mediata globalmente. La curva nera rappresenta la TAS simulata dai modelli nel corso del 20mo secolo mentre le curve colorate rappresentano le proiezioni dei modelli per la TAS durante il 21mo secolo corrispondenti a tre diversi scenari emissivi: RCP8.5 (curva rossa), RCP4.5 (curva gialla) e RCP2.6 (curva blu). Le aree ombreggiate in grigio, per il periodo osservato e con i diversi colori, per il periodo delle proiezioni, rappresentano le aree del grafico coperte da tutte le curve corrispondenti alle simulazioni condotte con i modelli numerici nei diversi centri internazionali di ricerca sul clima che hanno contribuito alle simulazioni. Il loro numero complessivo è indicato in figura: 38 simulazioni del periodo storico e 27, 38 e 36 per gli scenari RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5 rispettivamente.

In mezzo, per un riscaldamento compreso tra i 2 e i 3 °C, si trovano le proiezioni ottenute in risposta allo scenario intermedio RCP4.5 (curva gialla e ombreggiatura gialla).

Quindi, anche nello scenario più mitigato, quello nel quale si prevede una immediata, decisa ed efficace implementazione di politiche che riducano le emissioni a zero per poi portarle a valori negativi, la risposta del sistema climatico proiettata dai modelli indica un aumento della temperatura media del pianeta. Aumento che, ovviamente, si attesta a valori molto inferiori

rispetto allo scenario RCP8.5 (oppure anche RCP4.5), ma che rappresenta comunque un sensibile cambiamento nelle caratteristiche climatiche del pianeta rispetto al periodo pre-industriale. Cambiamento che si riflette su un numero di diversi altri parametri meteorologici, i cui effetti ed impatti sono poi visibili e rilevabili in numerosi settori, comportando serie e non trascurabili conseguenze.

Una delle conseguenze più importanti, per la portata dei suoi effetti e della loro persistenza nel tempo, riguarda l'innalzamento del livello dei mari. L'aumento della temperatura, come già discusso in precedenza, è accompagnato dal riscaldamento degli oceani che ne provoca l'espansione del volume, con il conseguente innalzamento di livello. Oltre a ciò, come facilmente intuibile, il riscaldamento globale provoca la fusione dei ghiacci presenti sul pianeta, sia marini, come quelli che ricoprono l'oceano Artico, che continentali, come i ghiacciai alpini oppure gli enormi ghiacciai della Groenlandia e del continente Antartico.

La fusione dei ghiacci marini ha enormi ripercussioni per gli effetti retroattivi che la loro scomparsa provoca nel sistema climatico stesso e per le implicazioni che essa ha sugli ecosistemi e sull'intero ambiente degli oceani polari (soprattutto quello Artico), ma non contribuisce all'innalzamento del livello dei mari. La fusione dei ghiacciai terrestri, invece, ha un'ovvia rilevanza per il livello dei mari, in quanto le enormi quantità d'acqua attualmente immagazzinate in questi ghiacciai, verrebbero riversate negli oceani con il risultato di innalzarne significativamente il livello.

In Figura 5.2 sono riportate le proiezioni dell'innalzamento medio del livello dei mari per tutto il globo, negli scenari RCP2.6 e RCP8.5. Come al solito, le aree colorate rappresentano la distribuzione delle stime dell'innalzamento degli oceani prodotte utilizzando le simulazioni condotte con diversi modelli, mentre le linee in grassetto indicano la media delle stime derivate dai modelli. Inoltre, le barre al lato destro dei grafici, mostrano l'ampiezza (l'incertezza) della distribuzione delle stime ottenute nell'ultimo rapporto IPCC su ghiacci, oceani e aree polari (IPCC-SROCC, 2019) a confronto con la distribuzione delle stime ottenute nel rapporto AR5 dell'IPCC (IPCC-AR5, 2013).

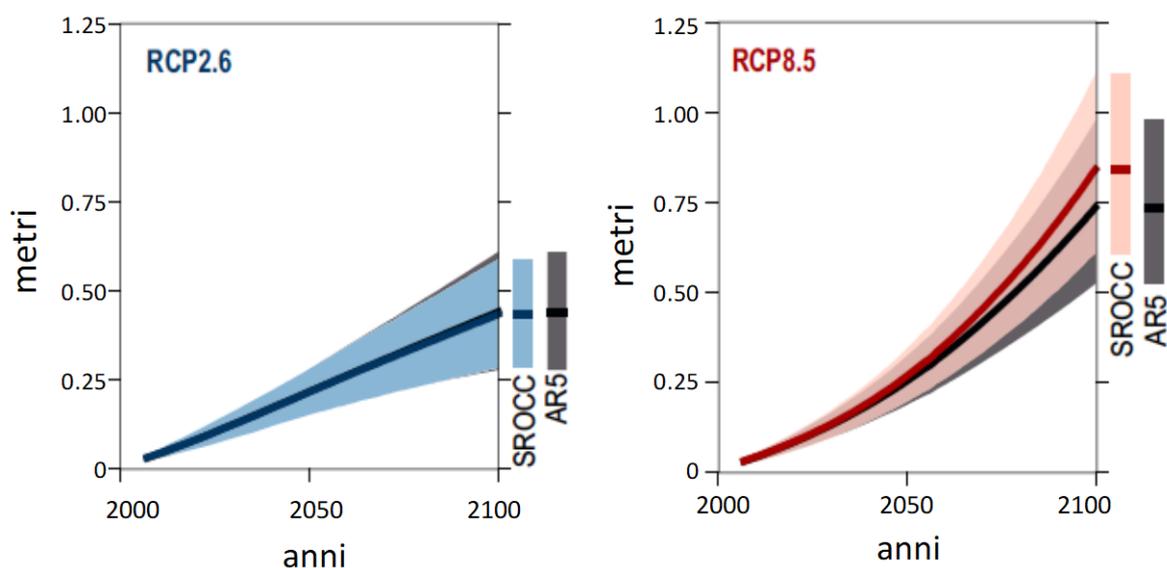


Figura 5.2: Variazione globale del livello medio del mare relativa al periodo di riferimento 1986-2005, Modificato da IPCC-Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC, 2019).

Nello scenario RCP2.6, Figura 5.2 pannello a sinistra, le proiezioni stimano un innalzamento degli oceani che alla fine del secolo sarà compreso approssimativamente tra 25 e 60 cm, con una media stimata in poco meno di mezzo metro. Sostanzialmente in linea con le stime che erano state pubblicate con il rapporto IPCC-AR5. Nello scenario RCP8.5, pannello a destra, l'aumento del livello è compreso tra i 50 cm e oltre 1 m, con le stime più recenti pubblicate nel rapporto SROCC del 2019, tendenzialmente maggiori rispetto a quelle del rapporto AR5 e una media delle stime che si attesta oltre gli 80 cm.

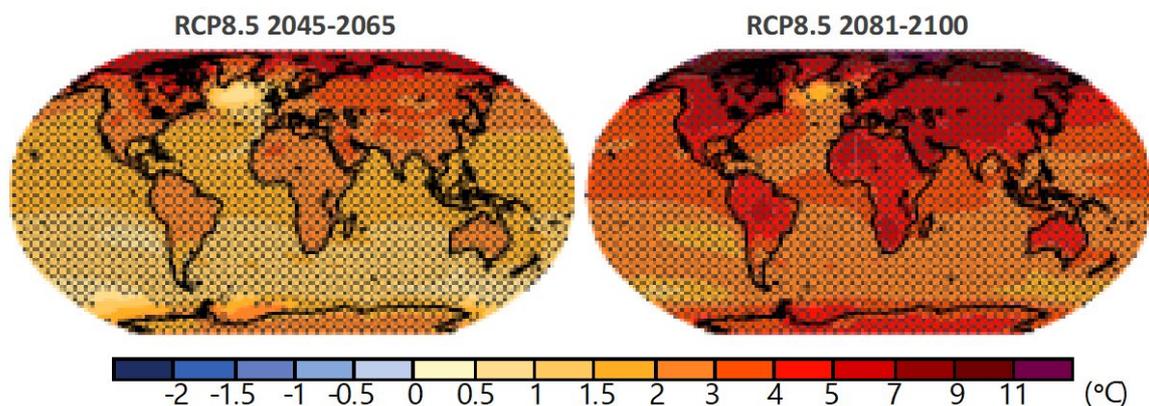


Figura 5.3: Variazione annuale della temperatura media dell'aria superficiale rispetto al periodo di riferimento 1986-2005 Modificato da IPCC-AR5, 2013

Queste proiezioni di innalzamento del livello dei mari inducono a ritenere che già nei prossimi decenni molte aree costiere, oggi densamente abitate e urbanizzate e nelle quali si concentra una parte consistente della ricchezza economica della nostra società, saranno sempre più esposte a severi eventi pericolosi ed impattanti quali mareggiate e inondazioni.

Generalmente, si è portati a rappresentare il cambiamento climatico prima di tutto in termini di riscaldamento medio globale (*global warming*), come in Figura 5.1, oppure in innalzamento medio globale del livello del mare, come in Figura 5.2. Ma, ovviamente, l'aumento della temperatura media globale del pianeta o l'innalzamento medio globale degli oceani, non sono gli unici effetti o gli unici segnali del cambiamento. E i modelli climatici, come abbiamo avuto modo di vedere, danno una rappresentazione tri-dimensionale del sistema climatico nello spazio (oltre che della sua evoluzione nel tempo), quindi le proiezioni in risposta agli scenari dei forzanti antropogenici che questi modelli forniscono, sono in realtà delle mappe tri-dimensionali dei parametri meteo-climatici come temperatura, precipitazioni, venti, umidità, ecc. ecc.

La Figura 5.3 mostra come l'aumento della temperatura ottenuto dalle proiezioni nello scenario RCP8.5 sia appunto globale, il pianeta si riscalda praticamente ovunque, ma non nella stessa misura. In altre parole, il riscaldamento non è omogeneo. Le aree continentali dell'emisfero settentrionale, per esempio, si riscaldano in modo più pronunciato rispetto alle superfici oceaniche. Questo succede perché gli oceani hanno una capacità termica maggiore del suolo terrestre e, pertanto, a parità di calore ricevuto aumentano in misura minore la propria temperatura.

Quello che i risultati in Figura 5.3, quindi, ci dicono chiaramente è che in uno scenario RCP8.5 (*"business as usual"*, BAU) alla fine del secolo il pianeta è proiettato aumentare la propria

temperatura media di un valore compreso tra i 4 e i 6 °C circa (vedi Figura 5.1), ma localmente, in particolare sulle aree continentali, tale riscaldamento può essere anche di gran lunga superiore a questi valori. Con le gravi implicazioni che un riscaldamento di questa portata potrebbe avere in termini di impatti sugli ecosistemi e sulle società.

Inoltre, come accennato più sopra, i modelli e le proiezioni di cambiamento climatico da essi prodotte in risposta agli scenari di emissione, forniscono informazioni non solo in termini di temperatura, ma di un grande numero di parametri meteorologici utilizzati per caratterizzare il clima.

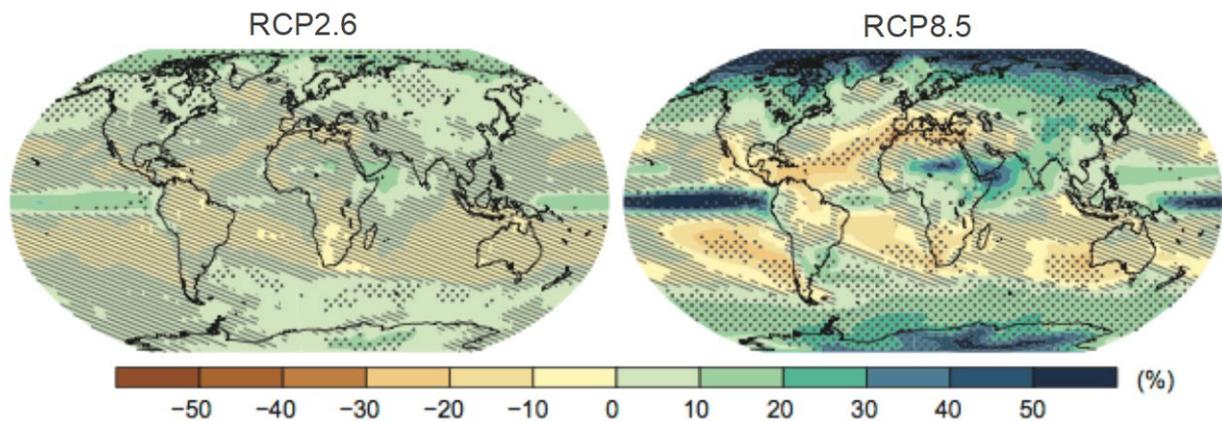


Figura 5.4: Variazione media annua delle precipitazioni 2081-2100 rispetto al periodo di riferimento 1986-2005. Modificato da IPCC-AR5, 2013

Figura 5.4, per esempio, mostra la proiezione di cambiamento della precipitazione media alla fine del 21mo secolo (media del periodo 2081-2100) rispetto alla media del periodo di riferimento, 1986-2005, nello scenario più fortemente mitigato RCP2.6 (pannello a sinistra) e nello scenario RCP8.5 (pannello a destra).

La principale differenza che si nota rispetto a quanto visto per il cambiamento in temperatura è che la precipitazione, in entrambi gli scenari, non cambia nello stesso modo su tutto il pianeta. Infatti, vi sono regioni dove in entrambi gli scenari la precipitazione è proiettata diminuire, come per esempio l'area del Mediterraneo oppure la parte meridionale del continente Africano. Altre regioni, come la sponda occidentale dell'Oceano Indiano, la parte più settentrionale dell'Eurasia e del Nord America, dove invece le proiezioni indicano un aumento della precipitazione.

Questi risultati, quindi, indicano una redistribuzione delle precipitazioni medie, alle quali, ovviamente, corrisponderà una redistribuzione delle risorse idriche disponibili. Per le regioni che, come il Mediterraneo, già nel clima attuale vedono notevoli porzioni della propria area soggette a condizioni di stress idrico, le proiezioni di cambiamento climatico suggeriscono un possibile ulteriore acuitizzarsi dei problemi legati alla disponibilità d'acqua in futuro.

In Figura 5.5 sono mostrate le proiezioni di cambiamento climatico della precipitazione secondo lo scenario RCP8.5 in termini del cambiamento del valor medio annuale (pannello a sinistra) e della media stagionale estiva (pannello a destra), per il continente Europeo, alla fine del 21mo secolo (periodo 2071-2100) rispetto al periodo di riferimento 1971-2000. Questi risultati sono ottenuti per mezzo di un "downscaling" delle proiezioni mostrate in Figura 5.4 per il continente Europeo e, come già osservato, mostrano una riduzione delle precipitazioni per la parte più

meridionale del continente e l'area del Mediterraneo, mentre sulle regioni del nord Europa è proiettato un sensibile aumento delle precipitazioni medie.

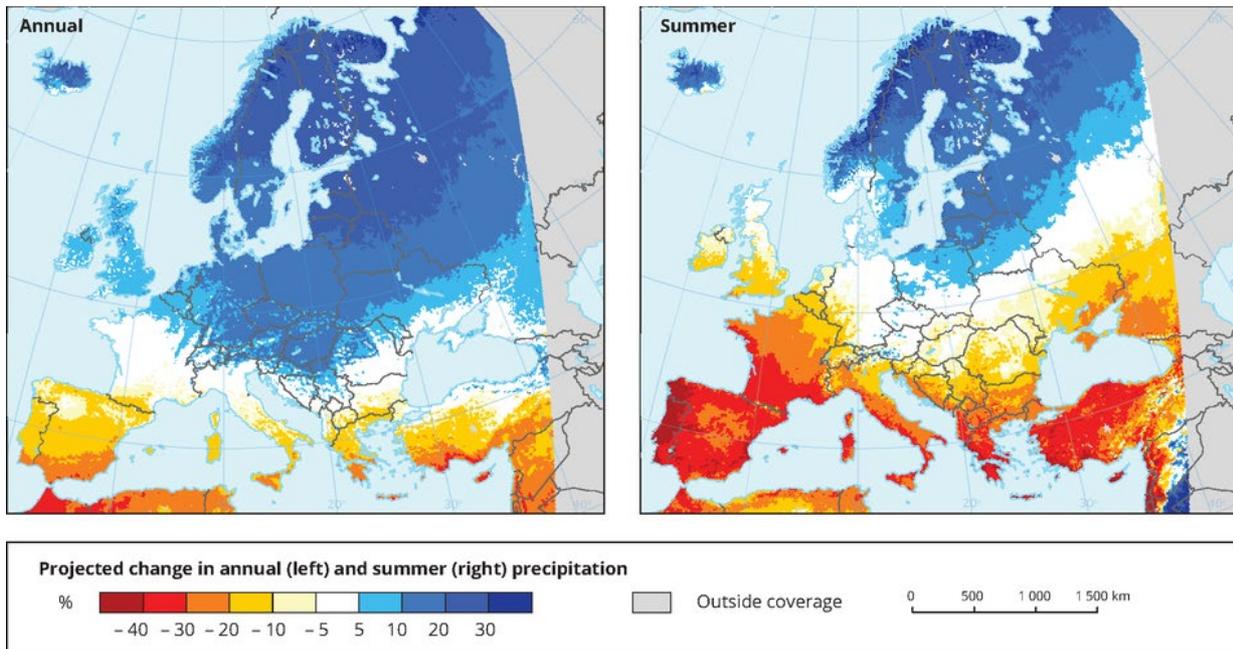


Figura 5.5: Cambiamento delle precipitazioni medie annuali (pannello a sinistra) e medie estive (pannello a destra) proiettate per il 2071-2100, rispetto al 1971-2000, ottenute dalla media di un insieme multi-modello forzato con lo scenario ad alte emissioni RCP 8.5. Tutti i cambiamenti contrassegnati da un colore (cioè non bianco) sono statisticamente significativi. Proiezioni ottenute dall'ensemble EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net/>). Sorgente European Environmental Agency (www.eea.europa.eu/themes/climate).

I modelli simulano il comportamento e l'evoluzione del sistema climatico attraverso una riproduzione degli eventi atmosferici meteorologici (oppure oceanici o relativi ai ghiacci ed alla superficie terrestre), della loro sequenza e della loro evoluzione nell'arco delle ore, delle giornate, delle settimane, dei mesi e degli anni. Essi, quindi, riproducono il clima del pianeta, attraverso la simulazione di tutti gli eventi, meteorologici, marini, ecc., che si verificano e si susseguono nell'arco temporale (lungo) simulato. È la statistica di questi eventi, calcolata sul tempo (lungo) considerato a produrre, come risultato, il clima simulato. In altre parole, un modello climatico è una specie di rappresentazione digitale, ridotta e approssimata, del pianeta vero. Ridotta e approssimata perché la nostra capacità di rappresentare completamente e interamente la complessità del sistema vero (cioè il sistema Terra) è limitata.

Questo per dire che i modelli con i quali vengono condotte le proiezioni di cambiamento climatico non producono solo informazioni sullo stato medio del sistema, cioè risultati relativi ai valori medi di temperatura, precipitazione, correnti oceaniche, copertura nuvolosa, ecc. ecc. Altresì, essi simulano i singoli fenomeni come cicloni, ondate di calore, vortici oceanici, ecc., dalla loro genesi al loro esaurimento, nel loro susseguirsi giorno dopo giorno. Questi fenomeni, come nel modo reale producono, giorno dopo giorno, condizioni meteorologiche caratterizzate da valori di temperatura, precipitazione, venti, ecc., le cui caratteristiche considerate su periodi lunghi definiscono le condizioni climatiche.

Nelle proiezioni condotte con i modelli, quindi, possiamo ad esempio studiare come, eventualmente, cambiano le caratteristiche dei cicloni tropicali, oppure delle perturbazioni delle medie latitudini. Analogamente, possiamo analizzare come si modificano le precipitazioni

intense, o estreme o quelle molto deboli. Figura 5.6, per esempio, mostra il cambiamento delle precipitazioni intense nello scenario RCP8.5, per il periodo 2071-2100, rispetto al periodo di riferimento 1971-2000.

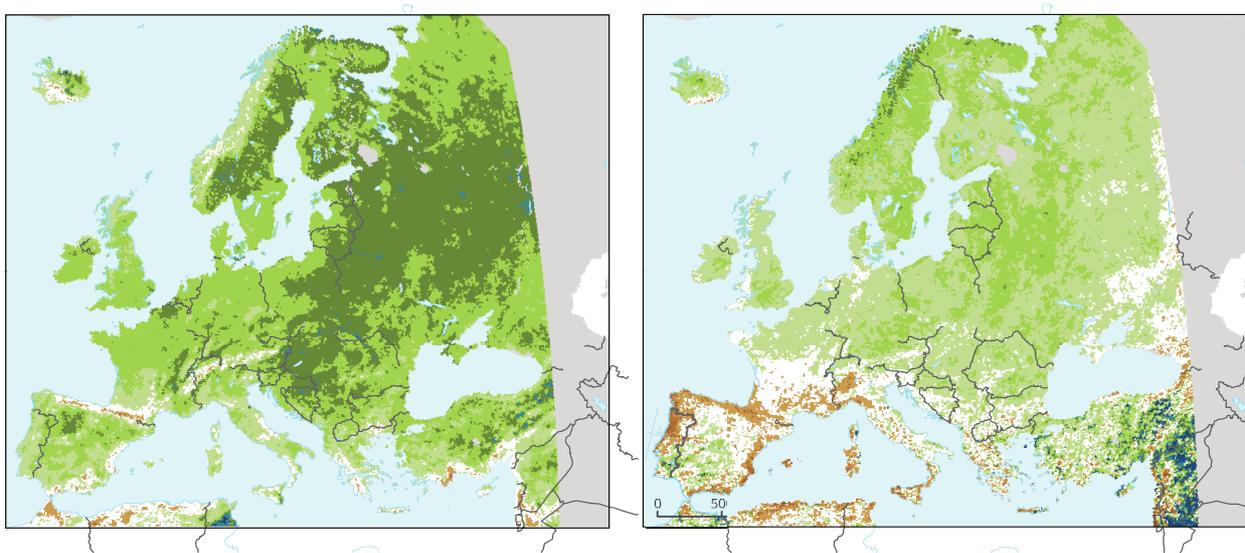


Figura 5.6: Cambiamento delle precipitazioni intense (in %) in inverno (pannello a sinistra) ed estate (ed estate) nel periodo 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1971-2000, per lo scenario RCP8.5. I valori mostrati in figura sono ottenuti come media dell'insieme di diversi modelli climatici regionali (RCM) annidati in diversi modelli di circolazione generale (GCM). <http://www.euro-cordex.net/>. Sorgente: European Environmental Agency (www.eea.europa.eu/themes/climate).

Come risulta evidente le precipitazioni intense sul continente europeo sono proiettate aumentare, praticamente ovunque, in inverno e in buona parte del continente anche d'estate. Le precipitazioni intense, in particolare, aumentano anche laddove la quantità di pioggia media caduta in un anno (o nella stagione) tende a diminuire, come le regioni meridionali dell'Europa (Figura 5.5), indicando che il cambiamento climatico determina una vera e propria mutazione dei regimi di precipitazione, che possiamo riassumere in questo modo semplice: anche laddove mediamente piove meno, quando piove tende ad aumentare la quantità d'acqua precipitata.

La tendenza a un cambiamento dei regimi di precipitazione come quello sopra descritto, nel nostro Paese è già in atto e visibile nelle osservazioni, come discusso in Sezione 2.5. In passato ci si è riferiti a questo cambiamento come alla "tropicalizzazione" del nostro clima, termine, quest'ultimo, non completamente corretto scientificamente, ma molto efficace dal punto di vista comunicativo.

I diversi scenari di cambiamento climatico, come quelli relativi al riscaldamento del pianeta (Figura 5.1) o all'aumento del livello degli oceani (Figura 5.2), evidenziano una grande incertezza sulla stima di quello che potrebbe essere il clima della Terra alla fine del secolo. La principale fonte di questa incertezza, ovviamente, viene dai diversi scenari di emissione e di forzante radiativo (da RCP2.6 a RCP8.5) che le attività umane potrebbero arrivare ad esercitare

sul sistema climatico alla fine del secolo. Nessuno, può prevedere come sarà la società umana in un futuro così lontano nel tempo, quindi questi scenari non sono previsioni, ma rappresentano possibili sviluppi futuri, considerando un vasto spettro di plausibili condizioni e percorsi di sviluppo.

A questa incertezza nei risultati, poi, si aggiunge quella dovuta ai modelli climatici che, come detto, rappresentano in modo approssimato un sistema molto complesso, e pertanto sono lontani dall'essere perfetti. Tutti i modelli contengono imprecisioni, se non errori, ma al momento essi rappresentano lo strumento migliore di conoscenza del funzionamento del sistema climatico che abbiamo a disposizione per cercare di capire cosa ci può riservare il futuro. Al momento, non esistono altri strumenti più attendibili dei modelli numerici utilizzati nella produzione di proiezioni di cambiamento climatico. Inoltre, questi modelli sono regolarmente e sistematicamente aggiornati e migliorati nelle loro capacità di simulare il clima della Terra.

Così come i modelli che producono le previsioni del tempo sono incredibilmente migliorati negli ultimi decenni, anche i modelli climatici (che come abbiamo visto sono, nella sostanza, gli stessi usati per le previsioni meteo) lo sono. Oltre a ciò anche la capacità di produrre scenari socio-economici, e con essi scenari di emissioni, sempre più raffinati e in grado di riflettere plausibili sviluppi futuri della società e dell'utilizzo delle risorse del pianeta è aumentata.

Quindi, gli scenari climatici che i decisori politici ed economici possono utilizzare nei loro processi decisionali vengono regolarmente aggiornati e migliorati, producendo informazioni costantemente riviste e monitorate, attraverso il confronto con le osservazioni che via via diventano disponibili, per verificare la qualità delle previsioni e delle proiezioni climatiche.

6. Le proiezioni di cambiamento climatico per la penisola Italiana

Nel capitolo precedente abbiamo discusso alcuni risultati riguardanti le proiezioni di cambiamento climatico prodotte dai principali centri di ricerca internazionali, nell'ambito di programmi come il *Coordinated Model Intercomparison Project* (CMIP, <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>), e utilizzati nei rapporti IPCC (<https://www.ipcc.ch>). In particolare, abbiamo discusso alcuni risultati riguardanti le proiezioni a livello globale e per il continente Europeo.

In questo capitolo, analizzeremo più specificamente cosa le proiezioni globali, precedentemente discusse, indicano come possibili cambiamenti climatici per la penisola Italiana, una volta opportunamente rifinite spazialmente, per mezzo di tecniche di "downscaling". Il *downscaling*, praticamente, consiste nel riprodurre le proiezioni su aree di specifico interesse, per mezzo di simulazioni eseguite con modelli ad alta risoluzione, cioè in grado di risolvere meglio processi fisici di piccola scala, ma su un'area limitata, ai bordi della quale vengono specificate le condizioni determinate dalle proiezioni globali (condizioni al contorno).

Il *downscaling*, quindi, permette di riprodurre le proiezioni globali, che generalmente hanno una risoluzione spaziale di ordine 100 km circa, ad una risoluzione molto più alta, per esempio di 10 km circa, ma su un'area più piccola. Sempre considerando cli scenari di forzanti antropogeniche (per es., RCP2.6 oppure RCP8.5), in termini di concentrazioni di gas serra, cambiamento di utilizzo del suolo, ecc. ecc.

La disponibilità di proiezioni di cambiamento climatico a più alta risoluzione permette una migliore caratterizzazione spaziale dei fenomeni climatici e dei loro cambiamenti, fornendo informazioni a scale spaziali molto più utili per chi deve valutarne gli impatti e prendere decisioni mirate all'implementazione di azioni di adattamento.

6.1 Cambiamenti dei valori medio di temperatura e precipitazione

In questa sezione mostreremo alcuni risultati ottenuti da un'analisi di proiezioni di cambiamento climatico sulla penisola Italiana condotta dall'Istituto per Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, 2015). In particolare, in questo studio vengono analizzate le proiezioni in due scenari emissivi: lo scenario *business as usual* RCP85 e lo scenario intermedio RCP4.5. Le proiezioni sono state prodotte utilizzando quattro modelli regionali diversi (Aladin, CMCC-CLM4, GUF-CLM4, LMDZ4), con condizioni al contorno provenienti da proiezioni prodotte con diversi modelli globali, nell'ambito del programma internazionale MedCORDEX (per maggiori dettagli sui modelli e sulle simulazioni vedi: Ruti et al., 2016; Cavicchia et al., 2018; www.medcordex.eu).

In Figura 6.1 sono mostrate le proiezioni di cambiamento della temperatura in tre orizzonti temporali successivi (2021–2050, 2041–2070, 2061–2090), rispetto al periodo di riferimento 1971–2000, nello scenario RCP8.5. Sulla penisola Italiana, tutti i modelli indicano, in risposta allo scenario più intensivo in termine di forzanti antropogenici, un riscaldamento, praticamente omogeneamente distribuito sull'intera penisola, che cresce progressivamente nei tre orizzonti temporali considerati, raggiungendo alla fine del secolo valori compresi tra i 3 e i 5 °C.

Risultati analoghi si ottengono per lo scenario RCP4.5 (che, per brevità, non mostriamo). Consistentemente a quanto mostrato per l'RCP8.5, anche per lo scenario intermedio i quattro modelli prevedono un aumento della temperatura media su tutto il territorio nazionale, con andamento crescente nel tempo e valori di aumento della temperatura che nel periodo 2061-2090 sono compresi tra 1.25 e 3.5 °C.

È interessante notare che sebbene vi siano differenze tra l'entità del riscaldamento proiettato dai diversi modelli, nello scenario RCP8.5 tutti i modelli e con essi la media di ensemble, mostrano una penisola più calda di 2 °C, rispetto al periodo di riferimento, già a cavallo della metà del secolo. Questo è importante, in quanto la soglia di 2 °C (peraltro misurata rispetto al periodo pre-industriale e non rispetto alla fine del 20mo secolo, come nell'analisi qui mostrata) è considerata una soglia critica per l'intensità degli impatti che tale cambiamento può determinare in un vasto ventaglio di settori.

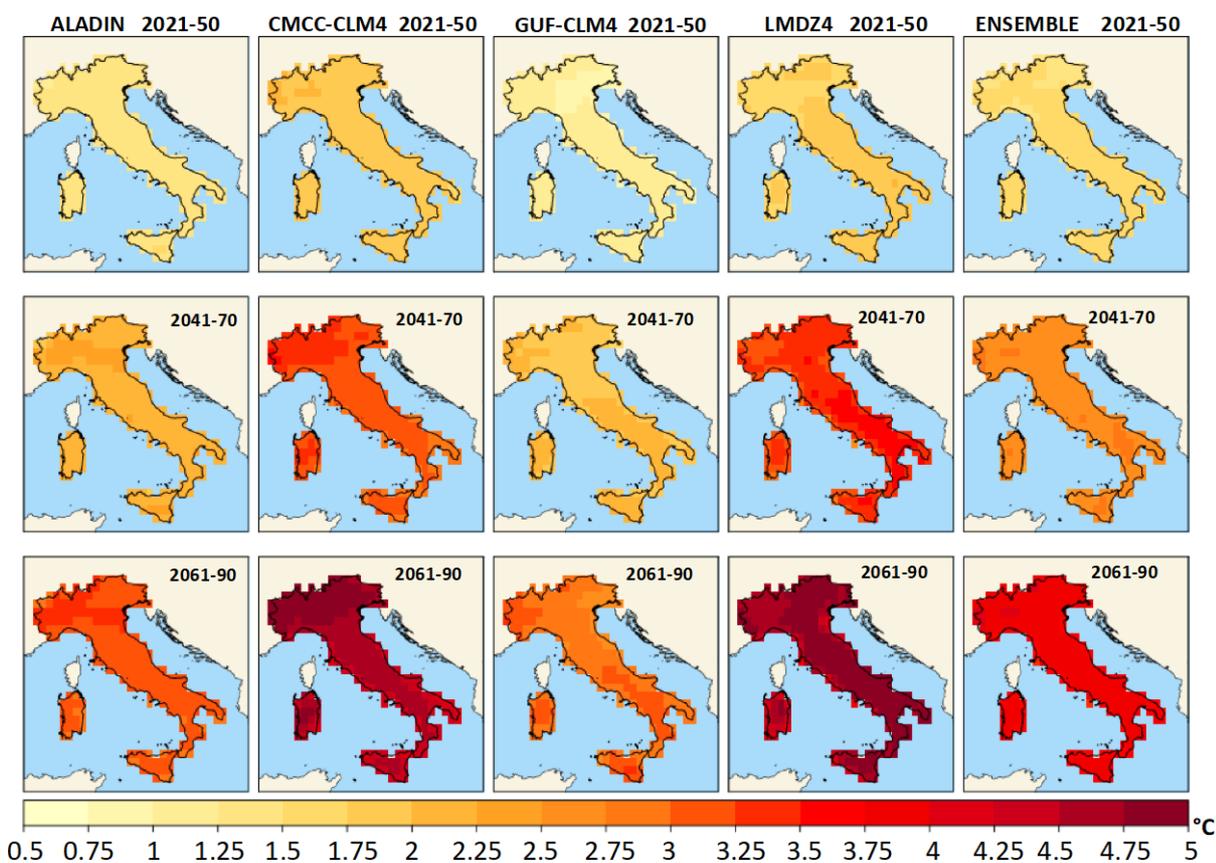


Figura 6.1: Cambiamento delle temperature medie annuali (°C) per diversi periodi nel futuro, in uno scenario RCP8.5: 2021-2050 (pannelli superiori), 2041-2070 (pannelli centrali) e 2061-2090 (pannelli inferiori) rispetto al periodo di riferimento 1971-2000. Proiezioni ottenute da un set di 4 modelli regionali ad area limitata prodotte nell'ambito del programma MedCORDEX (www.medcordex.eu). L'ultima colonna a destra mostra la media dell'ensemble di modelli. Sorgente ISPRA, 2015.

La Figura 6.2 mostra i cambiamenti della media annuale della precipitazione accumulata ottenuta dai diversi modelli e dalla loro media di ensemble, nello scenario RCP8.5.

In netto contrasto con quanto visto per la temperatura (Figura 6.1), l'andamento nel tempo e le distribuzioni spaziali dei cambiamenti delle precipitazioni cumulate annuali sono piuttosto diversificati da modello a modello. Particolarmente nella prima parte del periodo delle proiezioni (2021-2050), le risposte tra i modelli differiscono tra loro in modo marcato. Dove

alcuni modelli indicano aree di aumento delle precipitazioni medie annuali, altri mostrano una riduzione. È importante notare però che queste differenze diminuiscono progressivamente man a mano che le proiezioni avanzano nel tempo. Per cui, alla fine del secolo, quasi tutti i modelli mostrano una chiara tendenza ad una riduzione delle precipitazioni medie annuali diffusa su gran parte del territorio nazionale, con aree che vedono una diminuzione della precipitazione media annuale di oltre 200 mm. Rimane solo un modello, tra i quattro considerati, che indica un cambiamento di segno tendenzialmente opposto su gran parte del territorio nazionale, con un aumento delle precipitazioni sul versante adriatico e ionico e una leggera diminuzione sul versante tirrenico della penisola.

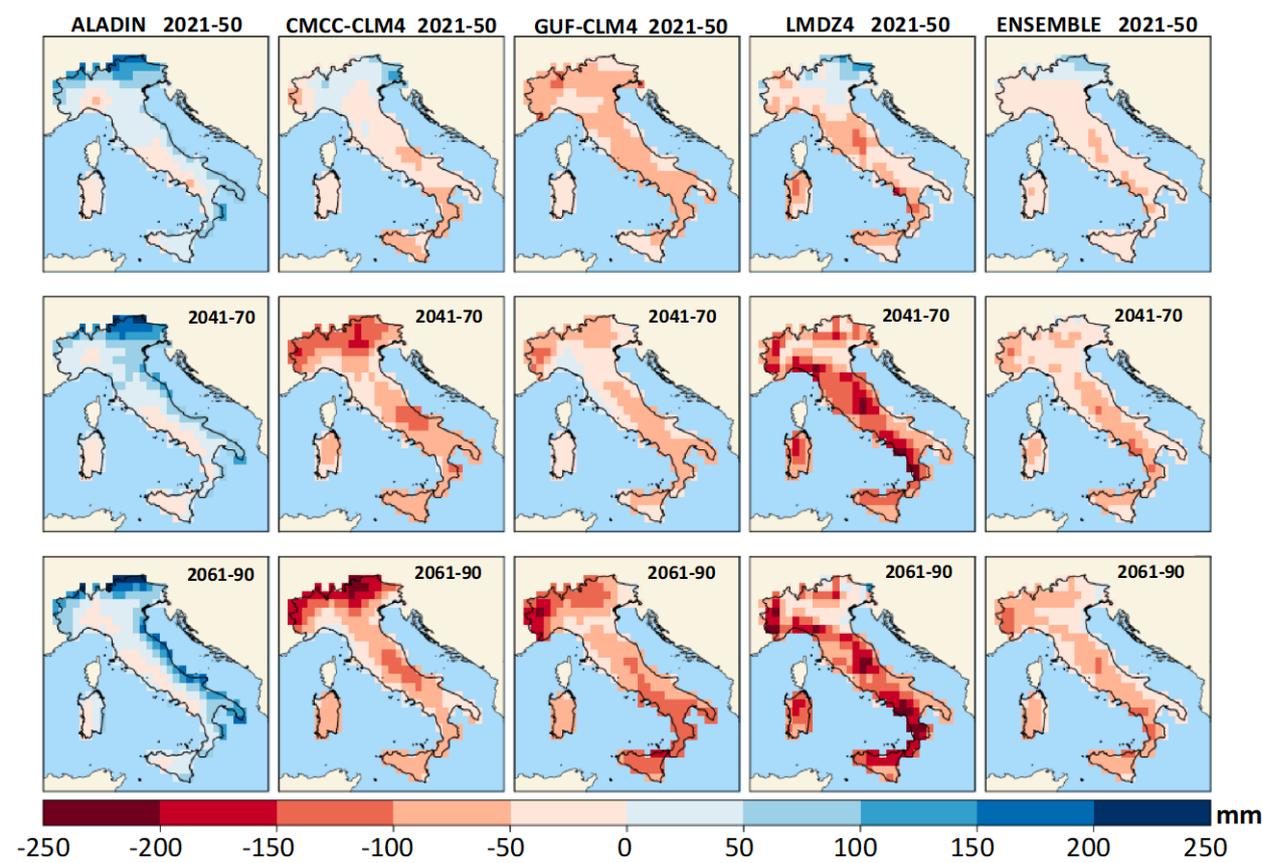


Figura 6.2: Come in Figura 6.1 ma per la media annuale della precipitazione accumulata (mm). Sorgente ISPRA, 2015.

I cambiamenti di precipitazione media proiettati dagli stessi modelli per lo scenario RCP4.5, che qui non mostriamo ma possono essere trovate nel rapporto ISPRA (2015), indicano sostanzialmente un andamento simile a quello descritto in Figura 6.2 per l'RCP8.5. La principale differenza consiste nel fatto che nello scenario RCP4.5, essendo il forzante antropogenico considerevolmente meno intenso, la risposta dei modelli è più moderata e spazialmente coerente. Rimane, comunque, un comportamento medio che indica una tendenza alla riduzione della precipitazione media annuale, soprattutto in alcune aree del centro e sud del Paese e, per un modello, una marcata riduzione della pioggia nel nord est. Anche nello scenario più mitigato, il modello francese Aladin continua a produrre un aumento delle precipitazioni nel nord e nel versante adriatico e ionico e una leggera riduzione nel versante centrale tirrenico.

Le proiezioni di cambiamento climatico per la penisola Italiana espresse in termini di temperature e precipitazioni medie, riportate nelle Figure 6.1 e 6.2, mostrano un segnale

piuttosto chiaro per quanto riguarda la tendenza al riscaldamento, che caratterizza tutta la penisola, con un limitato grado di incertezza sull'entità dell'aumento delle temperature. L'incertezza tra le risposte mostrate dai modelli, invece, diventa più marcata quando si tratta di quantificare il possibile cambiamento della precipitazione media annuale. Sebbene la maggior parte dei modelli indicano comunque una sensibile riduzione delle precipitazioni su gran parte del Paese, nello scenario RCP8.5. Nel caso dello scenario intermedio (RCP4.5) il risultato è meno chiaro e, in ogni caso, in entrambi gli scenari un modello suggerisce un andamento differente della pioggia simulata in risposta all'azione dei forzanti antropogenici sul clima.

La precipitazione è un parametro meteo-climatico la cui rappresentazione nei modelli e nelle simulazioni è molto più problematica rispetto ad altri parametri come, per esempio, la temperatura. Questo perché le piogge, il loro verificarsi e le loro caratteristiche, dipendono da molti e diversi fenomeni e processi fisici, alcuni dei quali avvengono a scale spaziali molto piccole (ordine 1km o anche meno), e sono fortemente influenzati da fattori locali. I modelli, pertanto, possono rappresentare questi processi di piccola scala e il loro effetto sulle precipitazioni solo in modo approssimato. Questo, oltre a rendere la pioggia uno dei parametri più difficili da simulare, fa anche sì che i cambiamenti in precipitazione, simulati in risposta a una perturbazione del sistema climatico (come i forzanti antropogenici), possono mostrare differenze anche notevoli tra modello e modello. Come mostrato in Figura 6.2.

6.2 Cambiamenti in alcuni indicatori di eventi estremi

Nella sezione precedente abbiamo discusso le proiezioni di cambiamento climatico per la penisola Italiana in termini di cambiamento delle temperature e delle precipitazioni medie annuali. Abbiamo però già più volte messo in evidenza che il cambiamento climatico non significa semplicemente un cambiamento nei valori medi dei parametri meteo-climatici utilizzati per descrivere il clima di una certa regione o porzione del pianeta, bensì che tale cambiamento riguarda tutti gli aspetti delle proprietà statistiche di quei parametri. Di particolare rilevanza, poi, sono i cambiamenti nelle caratteristiche degli eventi estremi, per gli importanti impatti che questi possono avere sulla vita delle persone ed il funzionamento delle società.

In questo paragrafo mostreremo e discuteremo alcuni aspetti dei cambiamenti di alcuni indicatori di eventi estremi, sia legati alle temperature che alle precipitazioni, proiettati dai modelli regionali sull'Italia.

In Figura 6.3, sono mostrate le mappe di cambiamento di un indicatore, denominato *Warm Spell Duration Index* (WSDI), della durata delle ondate di calore, nelle proiezioni di cambiamento climatico con lo scenario RCP8.5. Un'onda di calore è qui definita come un evento durante il quale, per almeno 6 giorni consecutivi, la temperatura massima è superiore al 90° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere, nello stesso periodo dell'anno, sul trentennio climatologico. L'indicatore WSDI, quindi, conta il numero dei giorni nell'anno, nei quali la temperatura massima è superiore al 90° percentile della distribuzione climatologica normale per almeno 6 giorni consecutivi.

Dalle mappe mostrate in Figura 6.3 risulta evidente che tutti i modelli indicano un consistente aumento della durata delle ondate di calore nello scenario rispetto al valore medio di riferimento

1971–2000, su tutto il territorio nazionale, con un andamento crescente nel tempo. Gli incrementi dell'indice WSDI sono particolarmente elevati nello scenario RCP8.5, mostrato in figura, dove nel trentennio 2061-2090 i valori medi nazionali previsti dai quattro modelli variano da +76 a +182 giorni. Nello scenario RCP4.5 (non mostrato), l'aumento del numero di giorni soggetto ad onde di calore varia da +30 a +93 giorni, a seconda del modello.

La distribuzione geografica del proiettato aumento del numero di giorni soggetti ad onde di calore è abbastanza omogenea su tutto il territorio nazionale, anche se, per tutti gli orizzonti temporali, tre modelli su quattro (e la media dell'ensemble) indicano che il nord e il versante occidentale della penisola potrebbe essere soggetti ad aumenti più sensibili.

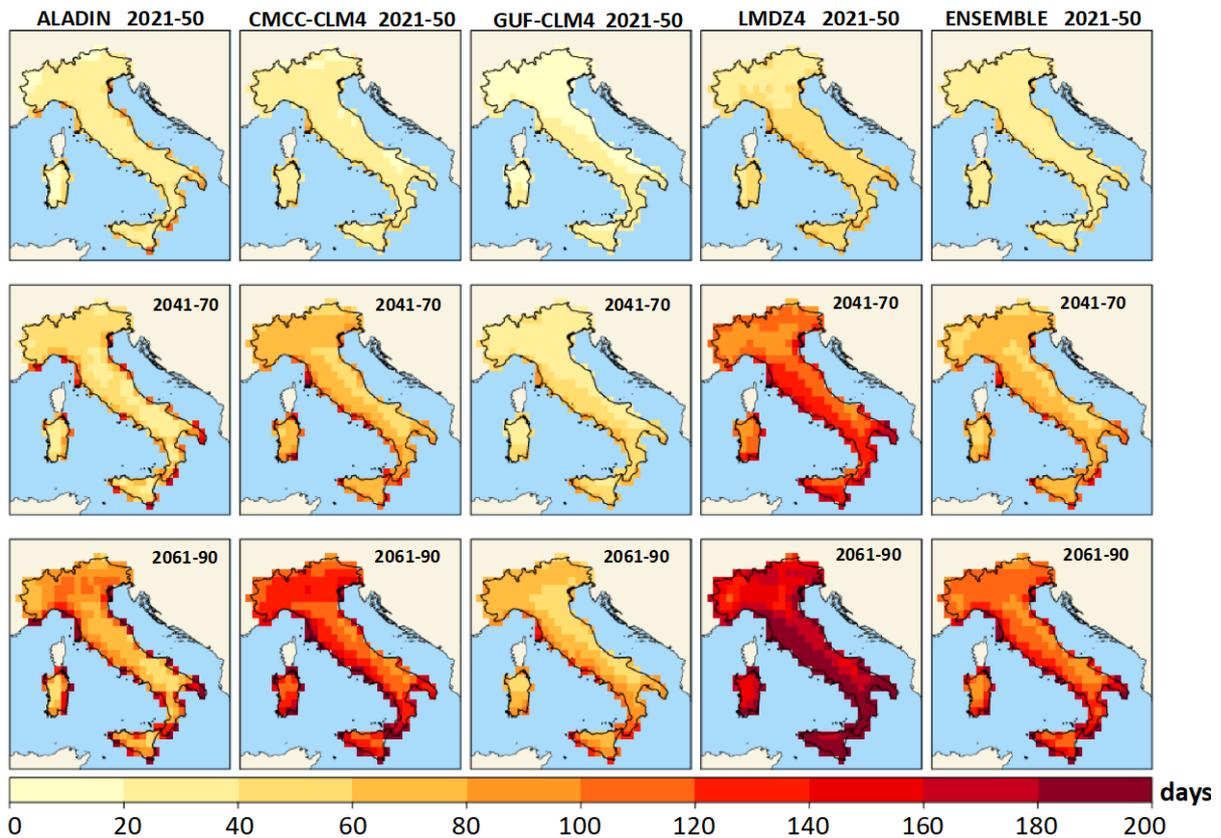


Figura 6.3: Cambiamento dell'indicatore WSDI (Warm Spell Duration Index) che esprime il numero di giorni soggetti ad ondate di calore per anno, in uno scenario RCP8.5, per diversi periodi nel futuro: 2021–2050 (pannelli superiori), 2041–2070 (pannelli centrali) e 2061–2090 (pannelli inferiori) rispetto al periodo di riferimento 1971–2000. Proiezioni ottenute da un set di 4 modelli regionali ad area limitata prodotte nell'ambito del programma MedCORDEX (www.medcordex.eu). L'ultima colonna a destra mostra la media dell'ensemble di modelli. Sorgente ISPRA, 2015.

Le proiezioni di cambiamento delle precipitazioni intense sono mostrate in Figura 6.4, dove sono raffigurate le mappe delle differenze dei valori dell'indicatore di massima precipitazione giornaliera (RX1day), per i diversi orizzonti temporali nello scenario RCP8.5. Tutti i modelli indicano una chiara tendenza ad un aumento dei valori massimi di precipitazione giornaliera su gran parte della penisola, che tende ad essere più marcato per l'orizzonte temporale più lontano (2061–2090). Sebbene, come detto, la tendenza all'aumento dell'intensità delle precipitazioni giornaliere sia abbastanza omogeneo, vi sono aree del Paese che mostrano un aumento generalmente più pronunciato, come per esempio il nord est e, almeno un paio di modelli le regioni centrali della fascia tirrenica.

Le mappe che rappresentano la media d'ensemble, colonna a destra in figura, mostrano in prevalenza un lieve incremento della precipitazione massima giornaliera, in leggero aumento dal primo al terzo orizzonte temporale, con una distribuzione abbastanza uniforme sul territorio. Nel trentennio 2061-2090, per lo scenario RCP4.5, l'aumento medio previsto è di 5 mm (circa l'8% del valore medio osservato nel periodo di riferimento 1971-2000), con variazioni che vanno dal minimo di -13 mm a +37 mm (tabella 4.6). Per lo scenario RCP8.5 si prevede un aumento medio di 7 mm (10%), con variazioni superiori a 15 mm al Nord-Est.

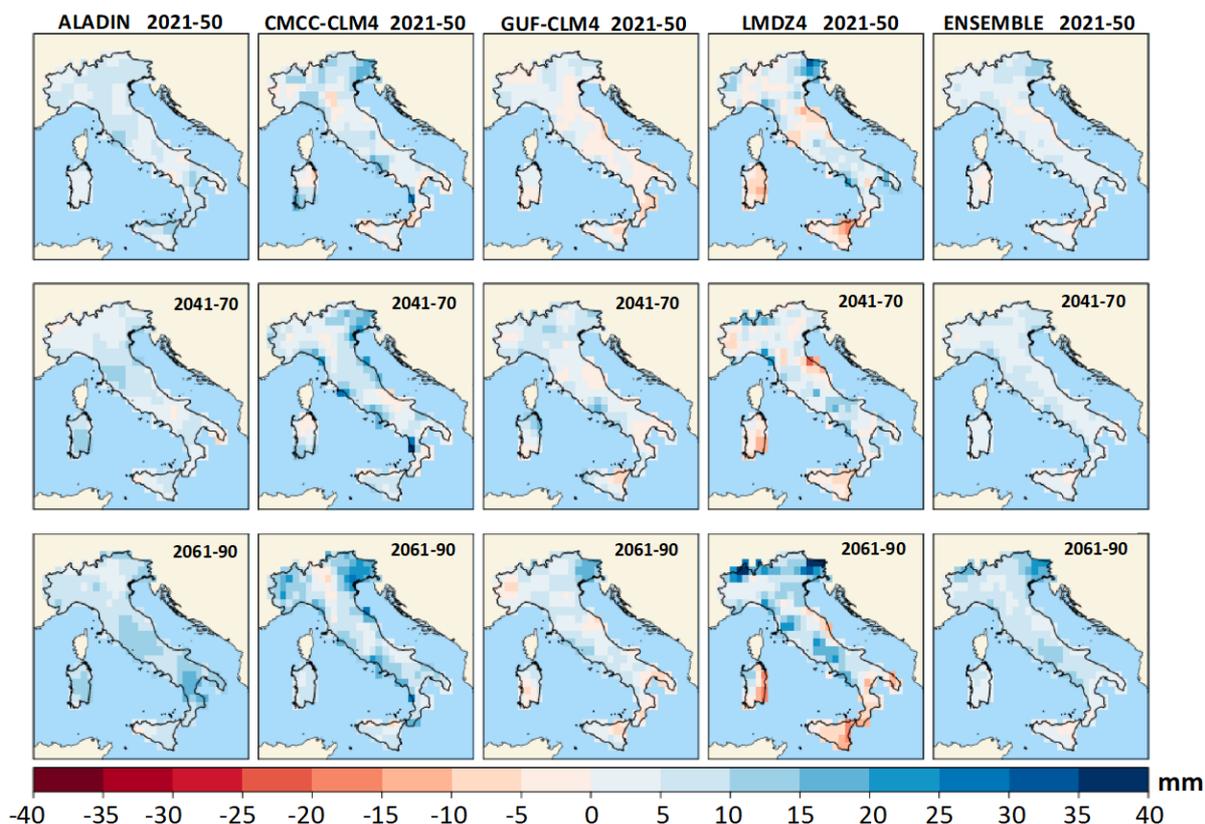


Figura 6.4: Come in Figura 6.3 ma per il cambiamento dell'indicatore RX1day, che esprime il massimo della pioggia giornaliera. Sorgente ISPRA (2015).

Se si confrontano le proiezioni di cambiamento delle precipitazioni medie in Figura 6.2 con le proiezioni di cambiamento delle precipitazioni intense rappresentate in Figura 6.4, si evince che, come già anticipato nel capitolo precedente per il continente Europeo, il cambiamento climatico può determinare un mutamento nei regimi di precipitazione. Infatti, se le proiezioni del cambiamento climatico in termini di precipitazioni medie annuali (Figura 6.2) suggerivano una condizione futura caratterizzata da una tendenza alla riduzione delle piogge medie, pur in un quadro di incertezza tra i modelli, quegli stessi modelli sembrano essere molto più concordi nell'indicare che un clima futuro, soprattutto in uno scenario *business as usual* (RCP8.5), vi potrà essere un aumento delle piogge intense.

Il cambiamento dei regimi di precipitazione e delle caratteristiche degli eventi estremi ad essi associati è ulteriormente confermato dalle mappe dell'indicatore CDD (*Consecutive Dry Days*) che rappresenta il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia, o con pioggia inferiore a 1mm/giorno (Figura 6.5).

In entrambi gli scenari, RCP4.5 (non mostrato) e RCP8.5 mostrato in Figura 6.5, solo un modello dei quattro considerati, proietta, per tutti e tre gli orizzonti temporali, cambiamenti limitati rispetto al valore medio dell'indicatore nel periodo di riferimento 1971-2000. Gli altri modelli indicano aumenti considerevoli dell'indice CDD su quasi tutto il territorio nazionale, con andamento crescente nel tempo. Come per gli altri indicatori, gli aumenti sono generalmente più marcati nello scenario RCP8.5 rispetto allo scenario RCP4.5.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale, gli aumenti più pronunciati dell'indicatore CDD si trovano principalmente nelle regioni del Sud e sulle Isole: nel trentennio 2061-2090 due modelli prevedono aumenti di oltre 25 giorni nello scenario RCP4.5 e di oltre 35 giorni nello scenario RCP8.5.

Anche le mappe dell'ensemble mean indicano gli aumenti più consistenti al Sud, dove nel trentennio 2061-2090 l'indice CDD è maggiore di 10 giorni rispetto alla media del periodo di riferimento 1971-2000 nello scenario RCP4.5 e di 20 giorni (con punte superiori a 30 giorni) nello scenario RCP8.5.

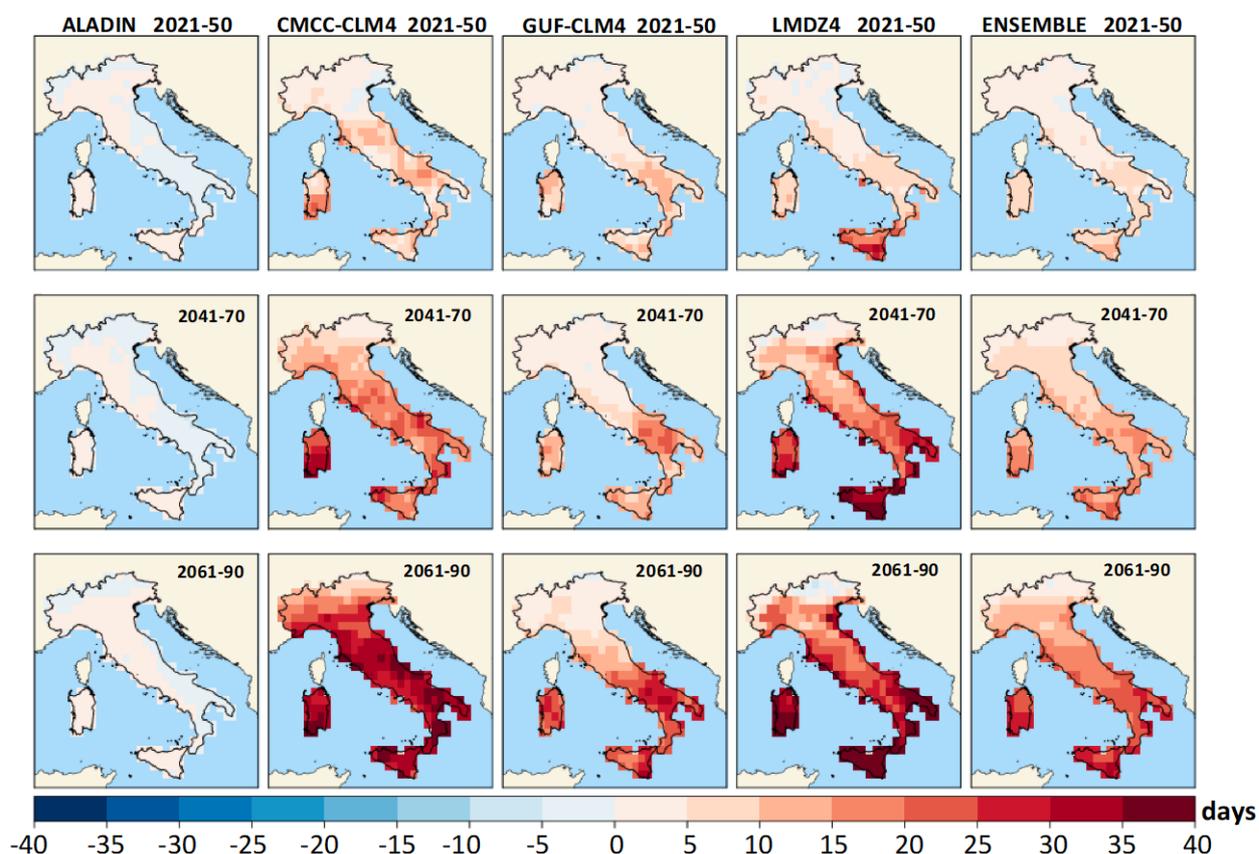


Figura 6.5: Come in Figura 6.3 ma per il cambiamento dell'indicatore CDD (Consecutive Dry Days) che rappresenta il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia. Sorgente ISPRA (2015).

7. Sommario e Conclusioni

Gli impatti che i cambiamenti climatici hanno sulla società e sulla sua economia, hanno fatto che sì che questo tema sia ben preso uscito dalle aule e dai laboratori delle accademie scientifiche, per diventare una questione di estrema importanza, analizzata e dibattuta negli ambienti economici e finanziari, oltre che politici. Il World Economic Forum (WEF, www.weforum.org), per esempio, ha recentemente pubblicato la sedicesima edizione del [Global Risks Report 2021](#), basato sull'elicitazione di centinaia di pareri qualificati di esperti e "decisori" nei vari settori dell'economia e della società, sulla percezione della probabilità e dell'impatto dei rischi a livello internazionale globale. Nonostante l'ovvia rilevanza che i problemi legati alle pandemie hanno ricevuto in questa edizione del rapporto, in conseguenza agli effetti del COVID-19, le questioni legate al clima rappresentano, secondo il WEF, uno dei maggiori elementi di rischio per l'umanità nelle valutazioni degli esperti economici.

Tra i rischi percepiti come i più probabili per i prossimi dieci anni, ci sono condizioni meteorologiche estreme, fallimento dell'azione per il clima e danni ambientali causati dall'uomo (vedi Figura I e Figura II nel [Global Risks Report 2021](#), GRR2021). Tra i rischi percepiti come quelli a più elevato impatto per l'economia del prossimo decennio, le malattie infettive sono al primo posto, seguite dal fallimento dell'azione per il clima e da altri rischi ambientali causati dall'uomo. In particolare, il "fallimento dell'azione per il clima" è il rischio identificato come più probabile e il secondo più impattante a lungo termine identificato nel GRPS (Global Risks Perception Survey).

Il ruolo di assoluta evidenza che gli eventi meteorologici e gli impatti dei cambiamenti climatici hanno tra i principali fattori di rischio per l'economia globale è un elemento che si ripete ormai regolarmente da diversi anni nei rapporti del WEF (vedi Figura IV nel GRR2021). Il che rende evidente come il cambiamento climatico e i suoi effetti non sono più solo un rilevantissimo e importantissimo problema accademico, ma si è appunto consolidata la profonda consapevolezza che essi rappresentino un serio problema per l'economia e il benessere della società nel suo complesso.

È quindi necessario che la comunità scientifica renda disponibili agli altri settori della società, le conoscenze e gli strumenti sviluppati (e tuttora in corso di continuo sviluppo), per cercare di anticipare condizioni di criticità, contribuendo ad individuare le soluzioni che una volta implementate permetteranno di mitigare i rischi climatici e gli associati danni economici e sociali.

7.1 Cambiamento climatico a livello globale

Le temperature dell'atmosfera alla superficie della Terra, su quasi tutto il globo terrestre, sono oggi più elevate di quanto non fossero 100 anni fa e i tre passati decenni sono più caldi di ogni decennio dal 1850 a oggi. Tra il 1880 e il 2019, le temperature medie globali sono aumentate di quasi 1°C e larghe porzioni della popolazione del pianeta vive in aree dove la temperatura è oggi mediamente oltre 1.5°C più calda rispetto al periodo pre-industriale.

Le acque superficiali degli oceani sono più calde rispetto a 100 anni fa. Il riscaldamento è maggiore per le acque più vicine alla superficie. Il livello più superficiale degli oceani si sta riscaldando a un ritmo di circa 0.1°C per decennio.

Negli ultimi 50 anni si sono verificati cambiamenti in molti eventi estremi meteorologici e climatici. In alcune aree si stanno verificando più ondate di calore e/o più episodi di piogge intense che in passato.

Fatte salve alcune eccezioni, i ghiacciai si stanno ritirando in tutto il mondo. Questo è quello che sta accadendo anche ai ghiacci della Groenlandia e dell'Antartide. Il ritmo della fusione dei ghiacci è in aumento.

Sia l'estensione, che lo spessore dei ghiacci che ricoprono l'oceano Artico sono diminuiti negli ultimi trent'anni. L'area oceanica coperta dai ghiacci è diminuita a un tasso del 3,5-4,1% per ogni decennio nel periodo 1979-2012. La riduzione dell'estensione del ghiaccio marino appare più rapida nei periodi estivi, 9,4-13,6% ogni decennio, il che potrebbe portare nei prossimi decenni ad avere un oceano Artico praticamente privo di ghiacci nel periodo estivo.

L'area coperta da neve nell'emisfero settentrionale è diminuita nel corso degli ultimi 50 anni, soprattutto in primavera. Il permafrost sta fondendo in molte regioni.

Il livello globale medio degli oceani è cresciuto di circa 0.19 m. nel periodo 1901-2010. La causa principale dell'aumento del livello globale del mare nell'ultimo secolo (escludendo gli effetti locali di subsidenza della costa) è il riscaldamento degli oceani (l'acqua si espande quando si riscalda). Dopodiché vi è un crescente contributo (che diventerà particolarmente importante nel futuro) dovuto alla fusione dei ghiacciai, soprattutto quelli della Groenlandia e dell'Antartide.

La concentrazione atmosferica dei principali gas serra, CO₂, metano e protossido d'azoto, è aumentata rispettivamente di oltre il 48%, il 133% e il 20% rispetto all'era pre-industriale (fonte: <https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2019/greenhouse-gas-concentrations>). Questi livelli di concentrazione di gas serra non hanno precedenti nel corso degli ultimi 800.000 anni almeno nella storia del pianeta.

C'è ormai unanime consenso nella comunità delle scienze del clima, che le attività umane abbiano causato la maggior parte dell'incremento di temperatura registrato a partire dalla seconda metà del '900 e che questo riscaldamento rifletta un cambiamento climatico globale.

Il crescente livello di gas a effetto serra e in particolare di CO₂ proveniente dall'utilizzo di combustibili di origine fossile e da modifiche nell'uso del suolo, sta in larga parte guidando il cambiamento.

I cambiamenti climatici nei prossimi anni sono definiti in larga parte dai livelli di gas serra che sono già presenti in atmosfera. Le attività di mitigazione che si prendono in considerazione negli scenari, quindi, hanno un impatto molto piccolo sul breve periodo. Al contrario, la traiettoria delle emissioni di gas serra ha un impatto maggiore sui cambiamenti climatici attesi a partire dalla metà del 21° secolo.

Secondo le proiezioni climatiche disponibili, l'innalzamento della temperatura media globale alla superficie della Terra sarà, approssimativamente, compresa negli intervalli 2,6-4,8°C, per lo scenario RCP8.5; 1,4-3,1°C, per lo scenario RCP6.0; 1,1-2,6°C, nello scenario RCP4.5; 0,3-1,7°C, nello scenario RCP2.6.

Il riscaldamento è proiettato essere generalmente maggiore sul suolo rispetto alla superficie degli oceani, mentre l'Artico e in generale le aree settentrionali dei continenti dell'emisfero nord sono proiettati scaldarsi più velocemente rispetto alla media globale.

Le proiezioni indicano anche che entro la fine del 21° secolo vi sarà quasi ovunque un aumento delle giornate eccezionalmente calde e una diminuzione di quelle fredde, con ondate di calore più durature e più frequenti. Questo comunque non esclude la possibilità che occasionalmente si verifichino inverni insolitamente freddi.

In linea generale, le proiezioni indicano anche che le regioni già tendenzialmente secche diventeranno più aride, mentre le aree umide diverranno ancora più umide. Gli eventi estremi di pioggia sono, in generale, proiettati diventare più frequenti e intensi alle medie latitudini e nelle aree tropicali

Dalle proiezioni prodotte con tutti gli scenari RCP emerge un riscaldamento sensibile degli oceani che combinato con la fusione dei grandi ghiacciai continentali (Groenlandia e Antartide specialmente) potrà portare a un innalzamento del livello globale degli oceani, che nello scenario RCP8.5 può essere di quasi 1 m alla fine del 21° secolo.

7.2 Cambiamento climatico a livello locale (Italia)

Allo scopo di offrire una sintesi quantitativa dei risultati discussi e mostrati nelle Figure 6.1-5, in Tabella 7.1 sono riassunti i principali valori di cambiamento di alcuni indicatori climatici, ottenuti dalle proiezioni prodotte dal set di modelli MedCORDEX per la penisola Italiana.

Per ogni indicatore considerato sono mostrati il valore di cambiamento tra il clima proiettato alla fine del 21mo secolo secondo due scenari di emissioni (RCP4.5 e RCP8.5) ottenuto come la media del multi-modello, mentre tra parentesi sono indicati il valore minimo e il valore massimo prodotti dal set di modelli.

Le differenze sono tutte tra i valori relativi al clima del periodo 2061-2090 rispetto al clima del periodo di riferimento 1971-2000, tranne che nei casi della temperatura massima e temperatura minima, per i quali il periodo nel futuro è 2071-2100.

Ovviamente, i cambiamenti climatici proiettati e riassunti in Tabella 7.1, si traducono immediatamente in impatti fisici che, a loro volta, riversano i loro effetti in innumerevoli settori della nostra società. Uno degli ambiti più direttamente colpiti, per esempio, è quello della gestione delle risorse idriche. La combinazione dei cambiamenti di precipitazione, temperatura e, con essa, evaporazione, cambiano sostanzialmente il ciclo idrologico in molti bacini del Paese, modificando marcatamente la variazione del flusso fluviale stagionale, il ricarica delle falde e quindi la disponibilità d'acqua. Molti segnali in questo senso sono già visibili. Più specificamente, la crescente temperatura aumenterà l'evapotraspirazione e innalzerà il limite nevoso ad altitudini maggiori, riducendo le riserve nevose e glaciali con conseguente aumento del flusso invernale nei fiumi montani, e minori portate fluviali estive (EEA, 2018).

Per il fiume 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 fiume, mostrano un anticipo del picco di portata primaverile da maggio ad aprile, a causa dell'accelerata fusione della neve. Il deflusso ne risulta in diminuzione per l'intero anno ad eccezione del periodo invernale. Risultati

simili sono trovati per altri fiumi della penisola (vedere il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, PNAC 2017, e Spano et al. 2020), evidenziando per il futuro la tendenza verso una variabilità della disponibilità idrica mensile che, in alcuni casi, potrà anche determinare un aumento di disponibilità nei mesi invernali e primaverili, durante i quali la domanda idrica è più bassa, e una marcata diminuzione nei mesi in cui la domanda è più alta e crescente (anche in conseguenza all'aumento delle temperature). Questi risultati, ovviamente puntano a una rinnovata attenzione alle questioni della gestione delle risorse idriche e degli strumenti che sarà necessario mettere in atto per garantire a tutti i settori coinvolti il necessario approvvigionamento.

		Scenario RCP4.5	Scenario RCP8.5
Δ Temperatura media (°C)			
1	Annuale	+2.3 [+1.5 / +2.9]	+3.9 [+2.9 / +4.8]
2	Primavera	+1.9 [+1.1 / +2.5]	+3.2 [+2.2 / +4.1]
3	Estate	+3.0 [+2.1 / +4.0]	+4.9 [+3.6 / +6.5]
4	Autunno	+2.3 [+1.2 / +3.2]	+3.9 [+3.1 / +4.7]
5	Inverno	+2.1 [+1.5 / +2.7]	+3.4 [+2.7 / +4.3]
Δ Temperatura massima (°C)			
6	Annuale	+2.5 [+1.9 / +3.3]	+4.4 [+3.4 / +5.7]
Δ Temperatura minima (°C)			
7	Annuale	+2.6 [+1.7 / +3.0]	+4.2 [+3.4 / 5.1]
Δ Ondate di calore (giorni)			
8	Annuale	+59 [+30 / +93]	+ 124 [+ 76 / +182]
Δ Notti tropicali (giorni)			
9	Annuale	+24 [+14 / +35]	+ 42 [+23 / +59]
Δ Giorni di gelo (giorni)			
10	Annuale	-21 [-10 / -27]	-32 [-18 / -39]
Δ Precipitazione media (mm)			
11	Annuale	-20 [-46 / +50]	-56 [-106 / +52]
12	Primavera	-19 [-33 / +5]	-27 [-11 / -42]
13	Estate	-19 [-36 / +13]	-34 [-68 / +31]
14	Autunno	+1 [-30 / +21]	-8 [-30 / +11]

15	Inverno	+16 [+2 / +26]	+13 [+2 / +26]
Δ Precipitazione max giornaliera (mm)			
16	Annuale	+5 [+0 / +8]	+7 [+4 / +9]
Δ Giorni senza pioggia (giorni)			
17	Annuale	+8 [0 / +14]	+16 [0 / +27]

Tabella 7.1: righe 1-5: variazione della temperatura media annuale e stagionale (°C); riga 6: variazione della temperatura massima; riga 7: variazione della temperatura minima; riga 8: variazione del numero di giorni soggetti ad ondate di calore; riga 9: variazione del numero medio di notti tropicali per anno; riga 10: variazione del numero medio di giorni con gelo per anno; righe 11-15: variazione della precipitazione cumulata media annuale; riga 16: variazione della precipitazione massima giornaliera; riga 17: variazione del numero medio di giorni di pioggia in un anno. Le differenze sono calcolate tra il trentennio 2061-2090 rispetto al trentennio di riferimento 1971-2000, tranne che per la Temperatura massima e la Temperatura minima, per le quali il trentennio nel futuro è il 2071-2100. Fonte: ISPRA, 2015).

I risultati relativi ai cambiamenti climatici a scala globale o locale, come quello qui sopra sintetizzato per la penisola Italiana, sono il risultato di simulazioni condotte nell'ambito di programmi internazionali (per esempio Euro-CORDEX, <http://www.euro-cordex.net/>), che periodicamente e regolarmente vengono promossi per produzione di nuove e aggiornate proiezioni climatiche. Un aspetto fondamentale che deve essere ricordato, infatti, è che sia la modellistica climatica che la capacità di sviluppare scenari di sviluppo socio-economico e con esse la produzione di proiezioni dei cambiamenti climatici, migliora costantemente. Incessantemente la ricerca produce avanzamenti che ci permettono di realizzare modelli numerici sempre più avanzati e con essi proiezioni sempre più affidabili, riducendo l'incertezza e aumentando il grado di dettaglio al quale le informazioni sono utilizzabili. Inoltre, recentemente, sono stati sviluppati sistemi modellistici in grado di fornire "previsioni climatiche", vale a dire previsioni dell'evoluzione del sistema Terra nelle prossime stagioni e nei prossimi decenni. Queste previsioni permettono di aggiornare regolarmente le stime relative alla probabilità del verificarsi di situazioni anomale e potenzialmente critiche, su orizzonti temporali (dalle poche stagioni fino a circa 10 anni) rilevanti per le attività di programmazione e gestione di risorse e asset aziendali.

Quindi, idealmente, sarebbe auspicabile venisse sostenuta l'interazione e il costante scambio di conoscenze tra le comunità scientifiche dei cambiamenti climatici che regolarmente monitorano, valutano e aggiornano le proprie previsioni e i propri scenari e le comunità dei decisori politici ed economici di tutti quei settori che potrebbero trarre sostanziali benefici dalle informazioni sull'evoluzione del clima, trasferendo poi questi benefici alla società.

La necessità di una stretta collaborazione tra decisori economici, politici e comunità scientifiche dei cambiamenti climatici si rende ancora più urgente in un momento come quello attuale, nel quale un'enorme quantità di risorse economiche e finanziarie è in procinto di essere riversata per stimolare la ripresa delle economie del pianeta, dopo il rallentamento subito a causa degli effetti della pandemia di Covid-19. Secondo molti osservatori, infatti, il rischio è che le misure che si stanno pianificando in stimolo alla ripresa economica, siano in buona misura inconsistenti

con le politiche necessarie alla mitigazione degli effetti delle attività umane sul clima; si veda a questo proposito, per esempio, il rapporto “*Greenness of Stimulus Report*”, pubblicato da Finance for Biodiversity Initiative (<https://www.f4b-initiative.net/>). A questo proposito, è importante notare come il rischio che le misure di stimolo alla ripresa economica vengano riversate in scelte di sviluppo in conflitto con obiettivi delle politiche di salvaguardia climatica risulti particolarmente consistente per l’Italia (vedi Figura a pagina 5 del *Greenness of Stimulus Report*).

L’accordo di Parigi del 2015 (<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>) mira a limitare il riscaldamento globale al di sotto di 2 °C, alla fine del 21mo secolo rispetto la periodo pre-industriale, con l’obiettivo di fare il possibile per non superare 1.5 °C. A questo scopo, i paesi che hanno aderito all’accordo si sono impegnati a ridurre le proprie emissioni mediante contributi di riduzioni determinati a livello nazionale (NDC). In un recente articolo, Liu and Raftery (2021) hanno però mostrato che per molti di questi paesi, le probabilità di soddisfare questi impegni sono basse. Per esempio, attualmente per gli USA questa probabilità è solo del 2% e per la Cina il 16%. In base a questi risultati, stando alle attuali tendenze di riduzione delle emissioni, la probabilità di rimanere al di sotto dei 2 °C al 2100 è solo del 5%. Secondo lo studio di Liu e Raftery, se tutti i paesi, invece rispettassero gli impegni NDC la probabilità di rispettare il limite dei 2 °C salirebbe al 26%, mentre, per avere almeno il 50% di probabilità di riuscire a rimanere sotto al limite, il tasso di riduzione delle emissioni a livello globale dovrebbe ulteriormente aumentare dell’80%.

Questi risultati indicano quanto alto sia il livello della sfida da affrontare e ancora lontani gli obiettivi da raggiungere, per lasciare alle generazioni future un pianeta in grado di garantire equi e diffusi livelli di benessere.

Se si vuole evitare che il riscaldamento del pianeta alla fine del 21mo secolo superi la faticosa soglia dei 2°C, limite identificato dalla comunità scientifica come quello che permette mantenere gli impatti dei cambiamenti climatici entro livelli gestibili, è assolutamente necessario evitare che scelte fondamentali per lo sviluppo economico dei prossimi decenni vengano prese senza tenere presenti gli obiettivi delle politiche di salvaguardia del clima.

Sitografia

In questa appendice viene proposta una guida ragionata ai principali siti internet che permettano al lettore un diretto accesso a dati/mappe/informazioni prodotte da fonti documentate e attendibili, opportunamente presentate e regolarmente aggiornate. Ovviamente, la lista che segue non può e non intende essere esaustiva, ma vuole semplicemente fornire un'indicazione su quelli che sono attualmente i principali siti che potrebbero rilevarsi di interesse per i temi trattati in questo rapporto.

➤ [Intergovernmental Panel on Climate Change \(IPCC\)](#)

Ovviamente, parlando di cambiamenti climatici, il primo sito dal quale attingere le più autorevoli informazioni è quello dell'IPCC, Pannello Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici, che fa capo all'Agenzia Ambientale delle Nazioni Unite e che pubblica periodicamente una serie di rapporti ("Assessment Reports", ARs). Questi rapporti comprendono un'esauriva sintesi della letteratura scientifica pubblicata nel campo del clima, cambiamenti climatici, impatti e politiche per l'adattamento e la mitigazione. Il sito dell'IPCC non rende disponibili dati.

I dati riguardanti le proiezioni di cambiamento climatico, gran parte dei quali alla base degli studi poi raccolti nei rapporti dell'IPCC, si possono accedere dalla piattaforma "[Earth System Grid Federation](#)" (ESGF). Una volta entrati nel sito ESGF, si possono poi raggiungere, per mezzo del bottone "[Nodes](#)" i diversi nodi della griglia e da uno dei nodi, previa registrazione gratuita, si può avere accesso ai dati delle proiezioni di cambiamento climatico e più generalmente a tutte le simulazioni che la comunità modellistica ha condotto in modo coordinato, al fine di investigare i cambiamenti climatici e i loro effetti. Una dettagliata documentazione di queste simulazioni può essere trovata presso il sito del programma internazionale "[Coupled Model Intercomparison Project](#)" (CMIP).

➤ [Copernicus Climate Change Service \(C3S\)](#)

Lo scopo principale di C3S è la fornitura di informazioni autorevoli sul clima passato, presente e futuro, nonché strumenti per consentire strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici da parte dei responsabili politici e delle imprese. Navigando nel sito di C3S, in particolare, si trovano 4 sezioni di grande interesse:

- [Bollettini Climatici](#): in questa sezione si trovano mappe mensili attraverso le quali vengono presentate le condizioni climatiche dell'ultimo mese, sul continente Europeo, utilizzando i principali indicatori di cambiamento climatico, estremi inclusi. Vengono fornite anche analisi delle mappe e indicazioni su come queste vengono prodotte.
- [Climate Data Store \(CDS\)](#): è un portale che offre un (unico) accesso a un'enorme quantità di dati e indicatori climatici del passato, presente e futuro. Tramite una semplice (gratuita) registrazione, permette a chiunque di accedere a dati osservati (inclusi dati satellitari), analisi, previsioni e proiezioni di cambiamento climatico. Per gli utilizzatori più avanzati, il CDS offre, oltre ai dati, anche dei pacchetti software, con relativa documentazione e istruzioni per l'uso, che consentono semplici analisi e manipolazioni dei dati e degli indicatori disponibili.

- [Data in Action](#): è la sezione del sito nella quale vengono illustrati diversi esempi di progetti prototipi di applicazioni dei dati climatici messi a disposizione dal C3S per la produzione di servizi climatici in diversi settori, principalmente, ma non esclusivamente, in Europa.
- In Focus: questa sezione presenta il rapporto annuale dello Stato del Clima in Europa (ESOTC), compilato da C3S e implementato dal Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche di Medio Termine (ECMWF) per conto della Commissione Europea. L'ESOTC comprende tre sezioni principali: "Stato Generale", "Eventi" (inclusi gli estremi) e "Riflettori su", incentrate sul clima Europeo per l'anno passato, che riassumono gli ultimi aggiornamenti degli indicatori climatici, con un'analisi dei principali impatti degli eventi più significativi.
- **Previsioni Stagionali**: un'altra attività di C3S che può essere di grande interesse è la produzione di previsioni stagionali, con la quale si rendono disponibili previsioni probabilistiche dell'evoluzione del sistema climatico nelle prossime due stagioni, cercando così di anticipare condizioni anomale che potrebbero avere impatti negativi sulla società e sulle attività economiche. La relativa sezione del sito C3S (climate.copernicus.eu/seasonal-forecasts) provvede, oltre alle previsioni in forma di dati e prodotti grafici, una dettagliata spiegazione e documentazione su come le previsioni sono prodotte.

➤ [Agenzia Europea per l'Ambiente \(EEA\)](#)

L'Agenzia Europea per l'Ambiente raccoglie dati, produce valutazioni e fornisce informazioni su un'ampia gamma di argomenti legati all'ambiente. Di particolare interesse per le questioni legate al clima e ai cambiamenti climatici sono le sezioni del sito "Air and Climate" e "[Data and Maps](#)". In quest'ultima, in particolare, è possibile navigare attraverso un vasto catalogo contenente un gran numero di dati, infografiche, indicatori, mappe statiche e mappe interattive relative al clima, ai cambiamenti climatici ed ai loro impatti sul continente Europeo. Nella sezione "[Publications](#)" del sito della EEA, poi, si possono trovare numerosi rapporti sui temi degli impatti dei cambiamenti climatici e delle politiche di adattamento e mitigazione.

➤ [Climate-ADAPT](#)

La piattaforma Climate-ADAPT è il risultato di una partnership tra la Commissione Europea e l'Agenzia Europea per l'Ambiente. La piattaforma è gestita dall'EEA con il supporto del Centro Tematico Europeo sugli impatti, la vulnerabilità e l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici (ETC-CCA). Climate-ADAPT mira a supportare le attività di adattamento aiutando gli utenti ad accedere e condividere dati e informazioni sui cambiamenti climatici in Europa, vulnerabilità attuale e futura di settori e regioni, strategie e azioni di adattamento nazionali e transnazionali, casi studio e potenziali opzioni di adattamento, strumenti che supportano la pianificazione dell'adattamento.

➤ [Climate Explorer](#)

Climate Explorer è uno strumento web sviluppato dal Servizio Meteorologico Reale Olandese (KNMI) che permette di analizzare dataset climatici, svolgendo analisi statistiche. Il sito rende disponibili molti dataset climatici accompagnati da pubblicazioni che ne documentano la fonte e fornendo collegamenti alle pagine web che ne descrivono le

caratteristiche. Questo è uno strumento principalmente rivolto a utilizzatori esperti, in grado di selezionare un dataset climatico e di immaginare una serie di analisi statistiche da compiere su di esso ed ovviamente calcolare indicatori climatici per specifiche regioni.

➤ **[Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale \(ISPRA\)](#)**

A livello nazionale non sono molti i siti che offrono una regolare e aggiornata pubblicazione di informazioni, mappe e dati relativi a parametri meteo - climatici e indicatori. L'ISPRA, per esempio, nel proprio sito ha una sezione dedicata a [Clima e Meteo](#), nella quale si possono trovare mappe e informazioni su alcuni indicatori climatici. Di particolare interesse, poi può risultare la sezione del sito riferita la "[Sistema Nazionale per l'Elaborazione e Diffusione di Dati Climatici](#)" (SCIA), attraverso la quale si può accedere ai rapporti ISPRA sugli indicatori climatici in Italia basati sulla continua attività di monitoraggio svolta dall'ente.

➤ **[Archivio Climatologico per l'Italia Centro Settentrionale \(ArCIS\)](#)**

ARCIS nasce da un accordo tra le Agenzie Regionali per la Prevenzione Ambientale (ARPA) e i Servizi Meteorologici Regionali delle regioni del nord e centro Italia. Questo accordo prevede la condivisione di dati meteo-climatici acquisiti da serie storiche e dal continuo monitoraggio che le agenzie svolgono, per la costruzione di un database di alta qualità che copra il centro-nord della penisola. A partire da settembre 2019, il sito del progetto rende disponibile un aggiornamento a cadenza mensile dell'analisi storica di precipitazioni giornaliere. L'analisi ottenuta a partire dai dati osservati e della rete di monitoraggio climatologico mantenuta dai Servizi Meteorologici Regionali e/o dai Centri Funzionali Regionali. Le mappe delle analisi e i dati stessi possono essere scaricati, dalla pagina [prodotti](#) del sito, previa registrazione.

Bibliografia

- Berger A., 1988: Milankovitch Theory and climate. *Review of Geophysics*, 26, 624-657. <https://doi.org/10.1029/RG026i004p00624>.
- Bereiter B., S. Eggleson, J. Schmitt, C. Nehrbass-Ahles, T. F. Stocker, H. Fischer, S. Kipfstuhl and J. Chappellaz. 2015. Revision of the EPICA Dome C CO₂ record from 800 to 600 kyr before present. *Geophysical Research Letters*. Doi: 10.1002/2014GL061957.
- P. Brohan, J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett and P.D. Jones, 2006: Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophys. Res.*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Brunetti M., M. Maugeri, F. Monti and T. Nanni, 2006: Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series *Int. J. Clim.*, 26, 345-381. <https://doi.org/10.1002/joc.1251>.
- Cavicchia L., E. Scoccimarro, S. Gualdi, P. Marson, B. Ahrens, S. Berthou, D. Conte, A. Dell'Aquila, P. Drobinski, V. Djurdjevic, C. Dubois, C. Gallardo, L. Li, P. Oddo, A. Sanna and C. Torma, 2018: Mediterranean extreme precipitation: a multi-model assessment. *Clim. Dyn.*, 51, 901-913, DOI 10.1007/s00382-016-3245-x.
- Coppola E. et al., 2014: Changing hydrological conditions in the Po basin under global warming. *Science of The Total Environment*, 493, pp. 1183-1196, doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.003.
- Giordano F., Capriolo A., Mascolo R.A. (2013) 'Planning for Adaptation to Climate Change' Guidelines for Municipalities. Life Project No LIFE08 ENV/IT/000436, pp 222 <https://base-adaptation.eu/sites/default/files/306-guidelinesversionefinale20.pdf>
- Gualdi S., E. Scoccimarro and A. Navarra, 2008: Changes in Tropical Cyclone Activity due to Global Warming: Results from a High-Resolution Coupled General Circulation Model. *J. Climate*, 21, 5204-5228.
- Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo, 2010: Global surface temperature change. *Rev. Geophys.*, 48, RG4004, doi:10.1029/2010RG000345.
- IPCC - AR5, 2013, disponibile presso il sito <https://www.ipcc.ch/report/ar5>
- IPCC-SROCC, 2019, Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, disponibile presso il sito: <https://www.ipcc.ch/srocc/>
- ISPRA, 2015: Il Clima Futuro in Italia: Analisi delle Proiezioni dei Modelli Regionali. Rapporto ISPRA Stato dell'Ambiente 58/2015. ISBN 978-88-448-0723-8. Pp. 64.
- ISPRA, 2019: Gli Indicatori del Clima in Italia. Rapporto ISPRA Stato dell'Ambiente 88/2019. ISBN 978-88-448-0955-3. Pp. 76.
- Liu, P.R., Raftery, A.E. Country-based rate of emissions reductions should increase by 80% beyond nationally determined contributions to meet the 2 °C target. *Commun Earth Environ* 2, 29 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00097-8>

Krivova, N. A. Balmaceda, L., and S. K. Solanki, 2007: Reconstruction of solar total irradiance since 1700 from the surface magnetic flux. *Astronomy & Astrophysics*, 467, 335–346 DOI:10.1051/0004-6361:20066725

Lionello, P., Baldi, M., Brunetti, M., Cacciamani, C., Maugeri, M., Nanni, T., Pavan, V. & Tomozeiu R. (2009). Eventi climatici estremi: tendenze attuali e clima futuro sull'Italia, pp. 81-106. In: Castellari S. & Artale, V. (Ed.) (2009). I cambiamenti climatici in Italia: evidenze, vulnerabilità e impatti. Bononia University Press, Bologna. ISBN: 978-88-7395-484-2.

Lüthi D., M. Le Floch, B. Bereiter., T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, T. F. Stocker, 2008: High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. *Nature* 453, 379–382. doi:10.1038/nature06949.

Morice, C.P., Kennedy, J.J., Rayner, N.A. and Jones, P.D., 2012: Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: the HadCRUT4 dataset. *Journal of Geophysical Research*, 117, D08101, doi:10.1029/2011JD017187

Peterson, T.C., D.M. Anderson, S.J. Cohen, M. Cortez-Vázquez, R.J. Murnane, C. Parmesan, D. Phillips, R.S. Pulwarty, J.M.R. Stone, 2008: Why Weather and Climate Extremes Matter in *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands*. T.R. Karl, G.A. Meehl, C.D. Miller, S.J. Hassol, A.M. Waple, and W.L. Murray (eds.). A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, DC. Available at: <https://downloads.globalchange.gov/sap/sap3-3/sap3-3-final-all.pdf>.

PNAC 2017: Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, Allegato Tecnico-scientifico: impatti, vulnerabilità e azioni di adattamento settoriali, www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/allegato_2_impatti_e_azioni.pdf.

Rayner, N. A.; Parker, D. E.; Horton, E. B.; Folland, C. K.; Alexander, L. V.; Rowell, D. P.; Kent, E. C.; Kaplan, A. (2003) Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century *J. Geophys. Res.* Vol. 108, No. D14, 4407 10.1029/2002JD002670.

Richardson F. R., 1922: *Weather prediction by numerical process*. Cambridge University Press, pp. xii + 236.

Ruti P.M., S. Somot, F. Giorgi, C. Dubois, E. Flaounas, and co-authors, 2016: MED-CORDEX initiative for Mediterranean climate studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 97, 1187-1208.

Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M., Chiriaco M. V., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J., Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V., Zavatarelli M., 2020. "Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia". DOI: 10.25424/CMCC/ANALISI_DEL_RISCHIO

Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485-498. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/4/bams-d-11-00094.1.xml>

Vose, R. S., Arndt, D., Banzon, V. F., Easterling, D. R., Gleason, B., Huang, B., Kearns, E., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Peterson, T. C., Reynolds, R. W., Smith, T. M., Williams, C. N., Jr., & Wuertz, D. B. (2012). NOAA's Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(11), 1677-1685. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/11/bams-d-11-00241.1.xml>

Gli effetti del cambiamento
climatico sui risultati economici e
finanziari delle società

A cura di

Massimo Buongiorno

Saverio Maria Bratta

Introduzione

Il cambiamento climatico costituisce ormai da tempo un argomento di ampio interesse sul piano ambientale e sociale. Meno frequente è invece l'esame delle sue implicazioni economiche.

In questo ambito, il cambiamento climatico è sovente evocato in occasione di eventi estremi, che causano o accentuano preesistenti condizioni di dissesto idrogeologico dalle quali derivano danni materiali e morali.

Sul piano economico, di fatto, il cambiamento climatico è studiato a livello macroeconomico e discusso tipicamente dopo la manifestazione degli eventi (estremi).

Obiettivo di questo lavoro è invece quello di esaminare gli effetti del cambiamento climatico a livello di singola impresa (dunque, a livello microeconomico) e in logica *ex-ante*, piuttosto che *ex-post*.

Il primo capitolo è dedicato alla identificazione degli effetti prodotti dal cambiamento climatico e dagli eventi ad esso connessi a livello reddituale, patrimoniale e finanziario.

Il focus adottato è volto a verificare gli effetti complessivamente prodotti dal cambiamento climatico sulle aziende, effetti non necessariamente riconducibili agli eventi estremi e ai relativi impatti.

L'analisi sarà condotta facendo riferimento specifico al macro-settore dei servizi pubblici (energia, gas, acqua, ambiente) e, ove rilevante, alle specifiche filiere industriali, strutture dei costi e dei ricavi, sulle quali possono registrarsi effetti differenti.

Conclusa l'illustrazione delle principali implicazioni economiche indotte dal cambiamento climatico a livello di singolo operatore, il secondo ed il terzo capitolo illustreranno il recepimento di tali implicazioni nel bilancio di esercizio analizzando, in particolare, il grado di *disclosure* e le valutazioni di *impairment* nella prospettiva dei principi contabili nazionali e internazionali.

Il capitolo conclusivo analizzerà le possibili implicazioni di quanto analizzato, sia in termini di rapporti col mercato finanziario, sia con riguardo al modello di business.

1. Le voci reddituali, patrimoniali e finanziarie impattate dal cambiamento climatico

1.1 Una mappa logica di riferimento

Nell'accezione comune, il cambiamento climatico è ricondotto pressoché esclusivamente agli eventi estremi (allagamenti, trombe d'aria, ondate di calore, siccità, alluvioni, esondazioni, ecc.) dei quali sono evidenti le implicazioni economiche, in termini di danni materiali oltre che morali.

Questa lettura del cambiamento climatico sottovaluta la pervasività dei suoi effetti e risulta dunque del tutto parziale e insoddisfacente.

L'effetto del cambiamento climatico infatti, non è solo riscontrabile in presenza di eventi estremi, sebbene in questi casi gli effetti distruttivi siano immediatamente percepibili; il cambiamento climatico modifica infatti, le variabili di "base" sulle quali i sistemi aziendali sono progettati e realizzati e modella un nuovo contesto operativo.

Ciò risulta facilmente percepibile, ove si pensi che al cambiamento climatico possono essere ricondotte le variazioni nella distribuzione ed intensità delle piogge, nella frequenza di giorni soleggiati e/o ventosi, nelle temperature medie e nella loro variabilità nel corso dell'anno/i, mesi e settimane, ecc.

Il cambiamento climatico modifica pertanto le condizioni "ordinarie" di operatività e produce effetti rilevanti anche in assenza di eventi estremi; questi rappresentano solo la fase parossistica di un cambiamento strutturale, la cui criticità si accentua in rapporto alla sua progressività e pervasività, in termini di territori, popolazioni e attività coinvolte.

Per tali ragioni, dal cambiamento climatico discendono effetti di lungo termine sulle aziende, di natura economica, patrimoniale e finanziaria, che contribuiscono a forgiarne l'assetto operativo e ne condizionano il valore aziendale.

La prospettiva del cambiamento climatico adottata in questo scritto è coerente con le raccomandazioni della *Task Force on climate related financial disclosures*¹ (nel prosieguo indicata anche come Task Force o TCFD) e ne rappresenta al contempo un'evoluzione.

Il Final Report della Task Force classifica infatti, i "rischi fisici" connessi al cambiamento climatico in "acuti" e "cronici", riconducendo rispettivamente i primi a quelli connessi ad eventi meteorologici estremi e i secondi ai cambiamenti di più lunga durata negli scenari climatici.

Questi ultimi, in quanto "cronici" e quindi tendenzialmente strutturali, devono essere inclusi nello scenario "base" e diventarne parte integrante.

Gli effetti complessivi del cambiamento climatico sulle singole aziende dipendono quindi dai rischi e dalle opportunità da esso derivanti e dalle strategie e scelte adottate per gestire il rischio climatico e coglierne le opportunità.

¹ *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Final Report*, giugno 2017. Sul documento si tornerà in dettaglio nel secondo capitolo.

Considerata la varietà degli eventi indotti dal cambiamento climatico, risulta efficace uno schema di analisi che ne consenta una lettura complessiva e una correlata interpretazione in termini economici (in senso lato); questa logica si propone di ricondurre ad unitarietà i molteplici eventi indotti dal cambiamento climatico e di rileggerli ed interpretarli in chiave economica, nella prospettiva del valore d'impresa integrato dalle variabili *Environmental Social Governance* (ESG).

Per questa ragione, si prescinderebbe dalle analisi economiche dei singoli fenomeni climatici, siccitosi piuttosto che alluvionali, dalle ondate di calore piuttosto che dal freddo estremo, ecc.

La mappa logica utilizzata può essere così sinteticamente declinata:

1. il cambiamento climatico produce effetti pervasivi e progressivi, già ad oggi evidenti;
2. gli effetti prodotti dal cambiamento climatico si possono sintetizzare in:
 - a. un differente scenario "base", caratterizzato da mutate condizioni rispetto al passato e da una maggiore variabilità degli eventi;
 - b. una più frequente manifestazione di eventi estremi;
3. il nuovo scenario operativo condiziona e modifica strutturalmente:
 - a. gli assetti aziendali esistenti, con impatti differenziati sulle singole componenti economiche (di costo e ricavo), patrimoniali e finanziarie;
 - b. la definizione dei nuovi assetti operativi;
4. il cambiamento climatico produce pertanto effetti:
 - a. sulle componenti economiche, patrimoniali e finanziarie dei bilanci aziendali (cap. 1);
 - b. sulla disclosure delle informazioni rilevanti sull'effetto in bilancio del cambiamento climatico (cap. 2);
 - c. sulle rilevazioni contabili e in particolare, sulle variabili utilizzate nei processi di stima (*impairment test*) effettuati per i bilanci aziendali (cap. 3);
 - d. sulle valutazioni del mercato finanziario e sul modello di business (cap. 4);
5. gli effetti economici cambiano profondamente in funzione dello specifico settore di operatività e delle strategie e scelte aziendali in tema di governo del rischio climatico.

Prima di iniziare la distinta trattazione degli effetti indotti dal cambiamento climatico a livello economico, patrimoniale e finanziario, è opportuna una precisazione con riguardo al rapporto tra cambiamento climatico e principi contabili nazionali ed internazionali, più volte citati e richiamati nel corso della trattazione con riferimento alle singole poste contabili.

Non esiste uno specifico principio contabile elaborato per il cambiamento climatico, elemento che ha contribuito inizialmente ad una limitata trattazione nell'informativa societaria e, successivamente, una difficile comparabilità delle informazioni fornite, tanto più evidente quanto più le aziende hanno iniziato progressivamente ad inserire gli obiettivi di gestione del rischio climatico nelle proprie strategie e scelte operative e formalizzato gli obiettivi agli *stakeholders*.

Ciononostante, sarebbe gravemente erroneo ritenere che non esistano già oggi degli obblighi contabili e di informativa ("*disclosure*") connessi al cambiamento climatico, ove acquisiscano rilevanza per gli utilizzatori primari del bilancio. Questi aspetti saranno esaminati in dettaglio nel secondo capitolo.

1.2 L'impatto del cambiamento climatico sul conto economico

Pur nella varietà delle strutture operative, il processo produttivo può genericamente ricondursi alle fasi di acquisto, trasformazione (fisica e/o economica) e vendita; ad esse, con riferimento allo specifico macro-settore dei servizi pubblici, si riferirà l'analisi sugli impatti prodotti dal cambiamento climatico sulle strutture dei costi.

Con riguardo alla fase di approvvigionamento, il cambiamento climatico può determinare, agli estremi:

- in negativo, il venir meno dell'opportunità/possibilità di sfruttamento di una determinata fonte, anche solo per ragioni economiche, oltre che normative, ambientali, ecc.;
- in positivo, la possibilità di utilizzo di nuove fonti, anche per effetto di tecnologie innovative, o l'accresciuta competitività e disponibilità di fonti già utilizzate.

L'esempio migliore di quanto il cambiamento climatico possa modificare e, in realtà, abbia già cambiato alcune delle consolidate scelte precedenti, riguarda il settore della generazione elettrica, nel corso del quinquennio 2015-2019, pienamente interessato dagli effetti dell'“Accordo di Parigi”².

In questo periodo, la produzione nazionale lorda di energia elettrica (in GWh) è rimasta sostanzialmente stabile, come evidente dalla tabella 1:

Tabella 1. Produzione totale di energia in Italia (2015-2019)

Fonte	2015	2016	2017	2018	2019 ³
Produzione termoelettrica	172.658	179.915	190.106	173.578	175.132
Idroelettrico da pompaggi	1.432	1.825	1.826	1.716	1.723
Produzione da fonti rinnovabili	108.904	108.028	103.898	114.415	114.838
PRODUZIONE TOTALE	282.994	289.768	295.830	289.709	291.693

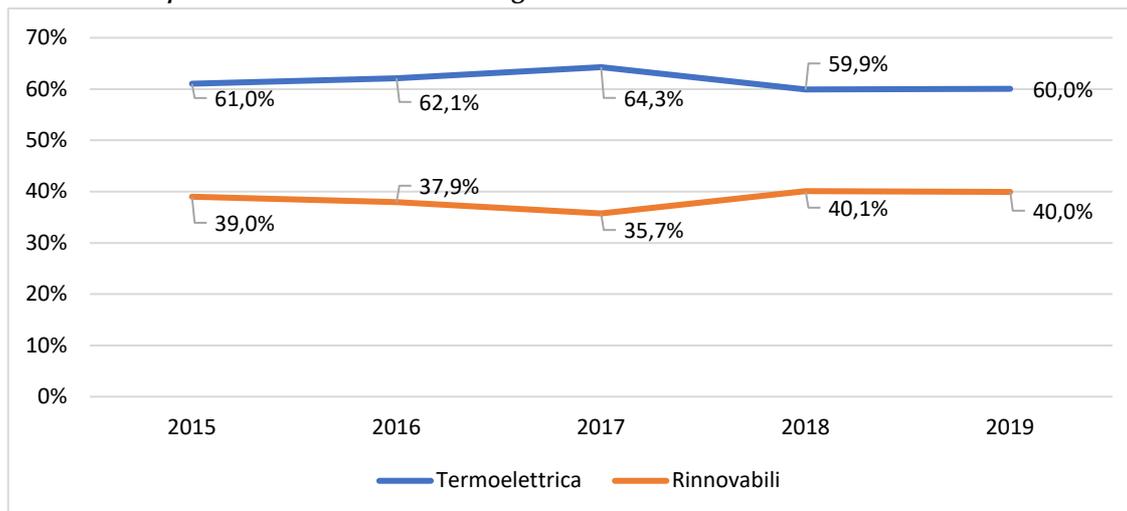
Fonte: Nostra elaborazione su dati ARERA, Relazione Annuale, Stato dei servizi 2019, Indagine annuale sui settori regolati, Volume 1

In termini percentuali, anche il contributo apportato dalle fonti termoelettriche e da quelle rinnovabili è rimasto sostanzialmente invariato, rispettivamente intorno al 60% - 40%, sebbene in un confronto 2015 - 2019 si possa rilevare come l'incremento produttivo complessivo, pari a 8.699 GWh, sia stato coperto per quasi il 72% dalle rinnovabili (incluso l'idroelettrico da pompaggi).

² L'Accordo di Parigi adottato alla conferenza di Parigi sul clima (COP21) nel dicembre 2015 è il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sui cambiamenti climatici. Affinché l'accordo entrasse in vigore, almeno 55 paesi che rappresentano almeno il 55% delle emissioni globali, tra le 190 parti dell'Accordo, hanno dovuto ratificarlo.

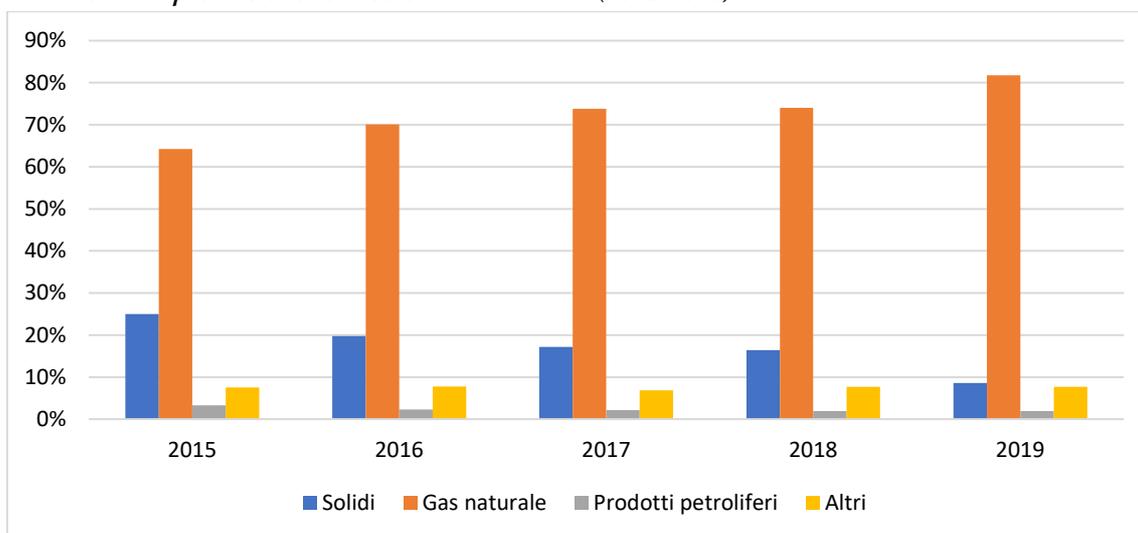
³ Dati provvisori.

Figura 1. Fonti di produzione nazionale di energia elettrica (2015-2019)



La variazione maggiore è in realtà individuabile all'interno della produzione termoelettrica (Figura 2), dove è evidente come i "solidi" riducano il loro apporto di quasi i due terzi rispetto al dato iniziale e che il gas naturale sia di gran lunga la principale fonte produttiva, con una produzione superiore a quella complessiva delle fonti rinnovabili; in una prospettiva di medio periodo, il gas sta supportando il processo di decarbonizzazione, ma i suoi consumi potrebbero essere impattati negativamente dalla prossima transizione energetica.

Figura 2. Fonti di produzione termoelettrica in Italia (2015-2019)



In tutt'altro settore, un ulteriore esempio degli effetti indotti dal cambiamento climatico sulle fonti di approvvigionamento può essere costituito dall'impossibilità o inopportunità di sfruttare delle sorgenti idriche che, per effetto di un mutato regime delle precipitazioni (nevose e piovose), possono perdere la loro capacità di ricaricarsi o semplicemente, possono mutare la loro composizione qualitativa per effetto del più accentuato dilavamento delle superfici connesso a precipitazioni più accentuate.

Tale conseguenza è un effetto tipico del "global warming" e vale più in generale per gli approvvigionamenti idrici strettamente dipendenti dall'andamento delle precipitazioni nevose e piovose, come quelli da corso idrico superficiale.

L'impatto del cambiamento climatico sulle fonti di approvvigionamento può essere interpretato, in particolare, alla luce delle modifiche indotte sulla loro disponibilità e maggiore variabilità e quindi, sul mix di fonti produttive utilizzate.

Dal cambiamento climatico possono derivare la sostituzione integrale o solo parziale di alcune fonti di approvvigionamento sia per cause ambientali, normative, economiche, sia per scelte tecnico gestionali. La maggiore variabilità della loro disponibilità, per l'instabilità della fornitura o la minore produttività, potrebbe rendere più complesso assicurare una adeguata continuità del servizio e, al limite, determinarne l'esclusione totale o parziale dalle decisioni di utilizzo, salvo che non si utilizzino sistemi di stoccaggio in grado di ridurre strutturalmente la variabilità delle fonti e ottimizzarne l'integrazione.

In generale, la variabilità delle fonti di approvvigionamento ha particolare rilievo da molteplici punti di vista, poiché incide:

- direttamente, sulle condizioni di redditività della gestione per via dei differenti prezzi di acquisizione delle singole fonti e della loro variabilità, e ciò quanto più la materia prima costituisca variabile determinante della struttura dei costi, salvo che si faccia ricorso a strumenti derivati per la copertura dei rischi, di tipologia non catastrofica, derivanti dai cambiamenti climatici;
- indirettamente, sulla dotazione di strutture aziendali e sulle procedure operative necessariamente da predisporre quali alternative in caso di indisponibilità della fonte primaria, con evidenti effetti di natura patrimoniale e finanziaria indotti dagli investimenti correlati, oltre che di natura organizzativa.

Di conseguenza, la variabilità delle fonti può divenire un elemento operativo con forte implicazione sulla qualità e sui costi del servizio e sul rispetto degli obblighi regolatori, con un complessivo impatto sulla volatilità dei profitti (prescindendo da eventuali trattamenti tariffari).

Appaiono quindi evidenti, già in prima battuta, quali siano i legami tra il cambiamento climatico e le variabili determinanti del valore d'impresa; essi derivano anche dagli effetti indiretti prodotti sul complessivo profilo di rischio d'impresa, su quello rilevante per gli investitori e sulla connessione con le fonti di finanziamento ed il relativo costo.

Questa considerazione risulta confermata e viepiù accresciuta da eventi estremi che comportino l'esclusione temporanea o addirittura strutturale di specifiche fonti di approvvigionamento e, per questa via, modifichino strutturalmente il contesto di base e le condizioni di economicità.

1.2.1 La struttura dei costi

Oltre che dai costi di approvvigionamento, nell'ambito della fase di trasformazione (fisica e/o economica), la struttura dei costi è solitamente caratterizzata dai costi fissi connessi alla "struttura" aziendale, tipicamente costituita da impianti, reti e dotazioni di variabile complessità tecnologica e rilevanza patrimoniale. Il settore dei servizi pubblici è strutturalmente caratterizzato dalla presenza delle reti e dalla loro adeguatezza ad assicurare la fornitura richiesta, sia essa di gas, energia elettrica, acqua, calore, ecc.

La presenza di una dotazione impiantistica crescente, anche per effetto del cambiamento climatico e della accresciuta sensibilità ambientale, dovrebbe interessare in prospettiva anche il servizio ambientale.

Stante la natura e tipologia dei costi appena evidenziata, il tema fondamentale messo in luce dal cambiamento climatico è rappresentato dalla adeguatezza della struttura esistente ad assicurare la continuità del servizio in un nuovo scenario "base" (determinato dal cambiamento climatico) nonché dalle soluzioni gestionali necessarie al fine di mantenere l'adeguatezza nel tempo e/o, in alternativa, dalle soluzioni utilizzabili in presenza di "picco" della richiesta.

I differenti volumi complessivi e per l'andamento temporale delle forniture determinati dal cambiamento climatico, oltre agli eventi estremi, hanno già determinato un nuovo profilo della domanda che, negli ultimi anni, ha evidenziato ad esempio:

- per il settore elettrico, la necessità di coprire picchi assoluti di consumo in estate piuttosto che in inverno e per livelli mai toccati in precedenza;
- per il settore idrico, la criticità di assicurare il fabbisogno idrico in stagioni siccitose o quella rappresentata dalle precipitazioni intense sul funzionamento delle fognature miste, degli sfioratori, degli impianti di depurazione.

Alcuni dati sul servizio idrico possono servire ad aggiornare il ragionamento, con riguardo particolare agli indicatori di adeguatezza del sistema fognario⁴, maggiormente interessato dal mutato regime di precipitazioni:

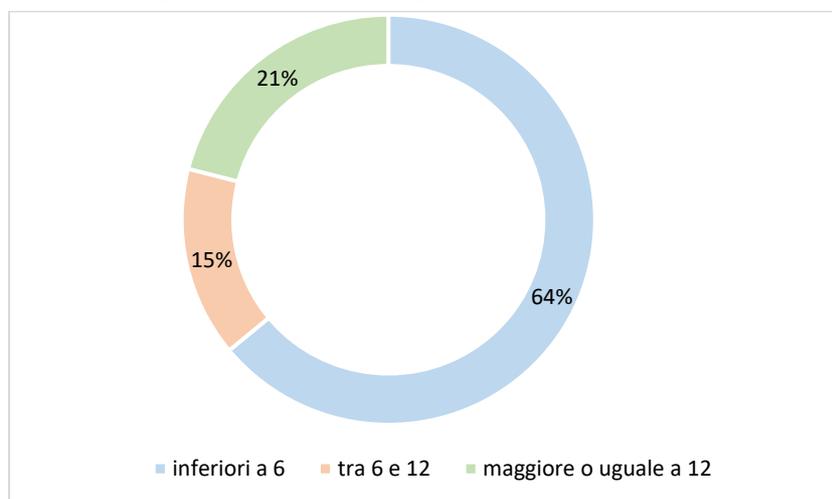
- le fognature miste rappresentano il 67% dell'estensione complessiva rilevata; le condotte destinate esclusivamente all'allontanamento delle acque bianche costituiscono il 4,5% del totale;
- gli episodi di allagamento e/o sversamento registrati mediamente a livello nazionale sono 12 ogni 100 km di rete fognaria e le rotture di rete fognaria sono 0,15 per km di rete gestita;
- il 23% degli scaricatori di piena risulta non adeguato alle normative di riferimento;
- il tasso di scaricatori di piena non ispezionati o non dotati di sistemi di rilevamento automatico delle attivazioni si attesta su valori prossimi al 31%.

⁴ I dati sono tratti ARERA, Relazione Annuale, Stato dei servizi 2019, Indagine annuale sui settori regolati, Volume 1; per il segmento di fognatura si basano sui dati comunicati da 116 gestioni, rappresentanti una copertura del 69,3% della popolazione residente italiana (42,1 milioni di abitanti).

Per il servizio di acquedotto⁵, il grafico seguente evidenzia come circa i due terzi (64%) del campione presentino una durata delle interruzioni inferiore alle 6 ore annue per utente; permane dunque, un'ampia fascia della popolazione, localizzabile geograficamente nel Sud Italia, con riferimento alla quale la stessa ARERA segnala che *“la difficoltà nel garantire la continuità del servizio si configura non tanto come evento eccezionale dovuto a interruzioni per interventi programmati o disservizi su rete e impianti, ma piuttosto come fenomeno strutturale, legato a turnazioni del servizio per significativi periodi di tempo (talvolta con andamento stagionale) e per quote rilevanti di popolazione servita”*.

A tale conclusione si arriva anche in rapporto all'ulteriore dato costituito dalla tipologia di interruzioni del servizio, rappresentato da quelle non programmate per circa i due terzi (64%); da ciò discende una maggiore frequenza di interruzioni nelle quali si debba privilegiare la rapidità dell'intervento piuttosto che il rispetto delle tempistiche minime di preavviso e/o la durata dell'intervento.

Figura 3. Durata delle interruzioni annuali di servizi idrico



Con riguardo infine, al segmento di depurazione, viene in rilievo sia per effetto di precipitazioni intense, sia come conseguenza di una riduzione delle disponibilità idriche.

In caso di precipitazioni intense, infatti, si determina la necessità di disperdere e/o *volanizzare* le acque meteoriche, impedendone l'afflusso concentrato alle reti e agli impianti che, nella migliore delle ipotesi, ridurrebbe l'efficacia ed efficienza depurativa o, in casi di elevati afflussi, potrebbe richiedere il mutamento strutturale del lay-out degli impianti.

Connessa ad un regolare funzionamento degli impianti è peraltro anche la possibilità di riutilizzare le acque reflue depurate, in modo da ridurre lo sfruttamento delle fonti di approvvigionamento, nel solco di una progressiva adozione ed estensione dell'economia circolare. Secondo i dati disponibili⁶, il 22% delle acque complessivamente depurate sarebbero

⁵ I dati sono tratti ARERA, Relazione Annuale, Stato dei servizi 2019, Indagine annuale sui settori regolati, Volume 1; per il segmento di acquedotto si basano sui dati comunicati da 91 gestioni, rappresentanti una copertura del 62,6% della popolazione residente italiana (38,0 milioni di abitanti).

⁶ I dati sono tratti da ARERA, Relazione Annuale, Stato dei servizi 2019, Indagine annuale sui settori regolati, Volume 1; per il segmento di depurazione si basano sui dati comunicati da 115 gestioni, rappresentanti una copertura del 66,1% della popolazione residente italiana (40,1 milioni di abitanti).

riutilizzabili ma solo il 4% è effettivamente riutilizzato (principalmente per uso irriguo), quasi esclusivamente nelle regioni settentrionali, dove oggi vi sono minori problemi di approvvigionamento.

I principali costi determinati dall'utilizzo di una rete sono fra le componenti più rilevanti della struttura dei costi e sono riconducibili:

- agli ammortamenti (trattati nel prosieguo, nell'ambito degli elementi patrimoniali);
- ai costi di manutenzione.

Per questi ultimi, la connessione diretta con il cambiamento climatico è rinvenibile nel maggior stress a cui sono sottoposte le reti e gli impianti in presenza di andamenti maggiormente variabili degli utilizzi; da ciò discende la possibilità che si determinino dispersioni, interruzioni, perdite nelle reti dalle quali discendono i maggiori costi di manutenzione.

Si tratta di un accadimento frequente, posto che nel 2019⁷:

- nelle reti elettriche, la media nazionale di durata delle interruzioni per utente in bassa tensione è stata pari a 86 minuti, di cui 47 minuti per responsabilità del distributore, e il numero di interruzioni senza preavviso lunghe e brevi, di responsabilità delle imprese distributrici, è stato pari a 3,53 per utente;
- nelle reti di distribuzione del gas, si sono rilevate 90.168 dispersioni localizzate a seguito di segnalazioni di terzi e 18.759 a seguito di ispezioni programmate;
- nelle reti di acquedotto⁸, si registrano perdite mediamente pari a 24,0 m³/km/gg e il 43,7% del volume immesso, con forti differenze a livello territoriale.

Stante la rilevanza di questa tipologia di costo, e la necessità di differenziare il trattamento contabile e fiscale delle manutenzioni ordinarie da quelle straordinarie, i principi contabili nazionali ed internazionali ne forniscono una puntuale definizione.

In particolare, secondo il principio contabile OIC 16 la manutenzione ordinaria *“è costituita dalle manutenzioni e riparazioni di natura ricorrente (ad esempio, pulizia, verniciatura, riparazione, sostituzione di parti deteriorate dall'uso) che vengono effettuate per mantenere i cespiti in un buono stato di funzionamento per assicurarne la vita utile prevista, la capacità e la produttività originarie”*.

La manutenzione straordinaria (interventi di rifacimento a intervalli regolari secondo lo IAS 16), invece, *“si sostanzia in ampliamenti, ammodernamenti, sostituzioni e altri miglioramenti riferibili al bene che producono un aumento significativo e misurabile di capacità, di produttività o di sicurezza dei cespiti ovvero ne prolunghino la vita utile”*. E, di conseguenza: *“I costi di manutenzione straordinaria rientrano tra i costi capitalizzabili nei limiti del valore recuperabile del bene.”*

Lo IAS 16 sostanzia tali aspetti nella locuzione più generale di *“benefici ulteriori”*.

⁷ I dati sono tratti da ARERA, Relazione Annuale, Stato dei servizi 2019, Indagine annuale sui settori regolati, Volume 1.

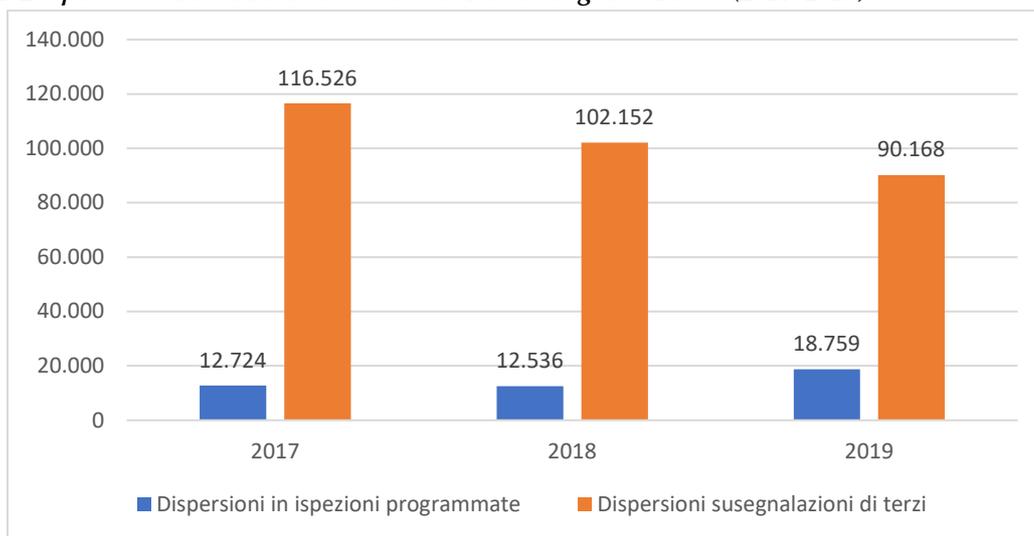
⁸ Il campione si basa sui dati comunicati da 122 gestioni, rappresentanti una copertura del 76,6% della popolazione residente italiana (46,5 milioni di abitanti).

Conseguentemente ne deriva che *“il rinnovo può tuttavia riguardare anche solo parte di un’immobilizzazione materiale per mantenerne l’integrità originaria. In questo caso i costi sostenuti a tale scopo sono costi di manutenzione ordinaria”*.

Un ultimo elemento sui costi di manutenzione riguarda infine l’eventuale pianificazione dei lavori, che consentirebbe di assicurarsi la funzionalità dell’infrastruttura soprattutto in condizioni di utilizzo variabile ed elevato, quali quelle poste dal cambiamento climatico. In tal caso, il principio contabile specifica che *“le manutenzioni ordinarie possono essere oggetto di pianificazione in funzione dei programmi di utilizzazione delle immobilizzazioni. Le riparazioni non possono essere pianificate, ma entro certi limiti possono essere ragionevolmente previste. Manutenzioni e riparazioni costituiscono un’unica classe di costi inerenti le immobilizzazioni materiali, identificata con il termine manutenzioni, che, unitamente alle quote di ammortamento, concorrono a esprimere il contributo che le immobilizzazioni producono sui risultati economici.”*

Nel grafico seguente sono riportate le dispersioni localizzate nella rete di distribuzione del gas nel triennio 2017-2019, che evidenziano una riduzione delle dispersioni rilevate su segnalazioni di terzi in presenza di un aumento delle dispersioni localizzate in ispezioni programmate.

Figura 4. Dispersioni localizzate nella distribuzione del gas in Italia (2017-2019)



Oltre ai maggiori costi di manutenzione, l’utilizzo discontinuo delle infrastrutture può influire anche sui relativi costi “accessori”, ad iniziare da quello di elettricità delle attrezzature, il cui consumo è più che proporzionale al variare dei consumi oltre determinati *range* di funzionamento, o dei prodotti chimici per gli impianti di depurazione.

Ma sono costi accessori delle infrastrutture anche i premi assicurativi sulle stesse e gli accantonamenti.

I primi sono riconducibili al cambiamento climatico da un duplice punto di vista, relativo a:

- i costi differenziali che si potrebbero sostenere per le coperture assicurative già esistenti, fino ad arrivare all’estremo dell’impossibilità di trovare una copertura assicurativa; al di là dei casi estremi, comunque, in considerazione di quanto argomentato sulle modalità di utilizzo delle infrastrutture e sugli accresciuti rischi climatici, è ragionevole che questi costi siano tendenzialmente incrementali;
- le nuove esigenze assicurative indirettamente derivanti dal cambiamento climatico.

Per queste ultime è utile la classificazione dei rischi indotti dal cambiamento climatico elaborata dalla TCFD, che distingue tra rischi fisici e di transizione e suddivide questi ultimi tra:

- politici e legali;
- tecnologici;
- di mercato;
- reputazionali.

Con particolare riguardo ai rischi politici e legali, derivanti da mutamenti normativi e/o contenziosi, potrebbe evidenziarsi un più ampio ricorso alla scelta assicurativa quale modalità di copertura del rischio.

Oltre ai costi chiaramente identificabili per “natura”, inoltre, la presenza di eventi intensi e ancor più di eventi estremi, costituisce secondo l’OIC 31 “Fondi per rischi e oneri e Trattamento di fine rapporto” una “potenzialità”, cioè *“una situazione, una condizione o una fattispecie esistente alla data di bilancio, caratterizzate da uno stato d'incertezza, che al verificarsi o meno di uno o più eventi futuri, potranno concretizzarsi in una perdita (passività potenziale), ovvero in un utile (attività potenziale)”*.

Questa definizione può essere estesa a ricomprendere anche i rischi di danni a terzi derivanti da eventi climatici.

Sulla base delle considerazioni svolte, alcune particolari tipologie di fondi per rischi ed oneri potrebbero essere maggiormente utilizzate per effetto dei cambiamenti climatici e sono specificamente trattate nel prosieguo (par. 1.3.2):

- fondi per cause in corso;
- fondi per eventuali contestazioni da parte di terzi;
- fondi per manutenzione ciclica, ammissibili secondo i principi contabili nazionali mentre sono esclusi da quelli internazionali⁹;
- fondi per manutenzione e ripristino dei beni gratuitamente devolvibili e dei beni d’azienda ricevuti in affitto;
- fondi per recupero ambientale.

Infine, con riferimento al macro-settore dei servizi pubblici sono rilevabili costi operativi “specifici” derivanti dalle normative di settore, variamente connesse al cambiamento climatico; ci si riferisce, in particolare a:

- le quote di emissione di gas ad effetto serra;
- i Titoli di Efficienza Energetica connessi agli obblighi regolamentari di efficientamento energetico;
- gli indennizzi previsti dalle normative tariffarie, tipicamente per il mancato rispetto degli obblighi di qualità del servizio.

⁹ I fondi per manutenzione ciclica possono essere iscritti solo in applicazione dei principi contabili nazionali. I principi contabili internazionali (IAS 37) ne escludono invece l’iscrivibilità poiché essa dipende dall’esistenza di un’obbligazione attuale (alla data di riferimento del bilancio) indipendente dalla condotta futura dell’impresa. Se un’azienda decidesse quindi di interrompere l’attività connessa ad un determinato impianto, non avrebbe più l’obbligo di effettuare la manutenzione.

Il principio contabile OIC 8 *“Le quote di emissione di gas ad effetto serra”* disciplina una peculiare tipologia di costo operativo, legata alle emissioni di biossido di carbonio o in generale, di gas climalteranti.

Come specificato dallo stesso documento OIC, infatti, *“la disciplina per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra mira a disincentivare economicamente l'utilizzo di tecnologie che rilasciano tali gas nell'atmosfera. Per le società che rientrano in tale disciplina, le quote di emissione rappresentano, di fatto, un sistema penalizzante che le obbliga ad acquistare sul mercato le quote necessarie all'adempimento degli obblighi normativi, comportando un aumento dei costi di produzione”*.

La finalità delle quote di emissione è di conseguire un *“abbattimento delle emissioni di gas ad effetto serra attraverso il miglioramento delle tecnologie utilizzate nella produzione di energia e nei processi industriali, nonché l'uso più efficiente dell'energia”*.

Nella medesima prospettiva, si pone l'obbligo di acquisto di Titoli di Efficienza Energetica (cosiddetti *“certificati bianchi”*) imposto dall'ARERA alle aziende operanti nel settore della distribuzione del gas che non raggiungono gli obiettivi di efficientamento energetico.

Questi obiettivi, inseriti nella più ampia prospettiva della decarbonizzazione, possono essere citati in questa relazione perché il cambiamento climatico è tra le principali cause della spinta all'efficienza energetica.

Con riferimento infine ai costi per indennizzi, sono previsti in caso di mancato rispetto degli standard di qualità e continuità del servizio; in particolare, nel 2019, sono stati erogati indennizzi per:

- il servizio di distribuzione elettrica, in misura pari a 9 milioni per il superamento degli standard di numero delle interruzioni in media tensione e per 61,1 mil. per il superamento degli standard di durata massima delle interruzioni, di cui 44 mil. circa a carico del Fondo eventi eccezionali, non essendo imputabili a responsabilità delle imprese;
- le reti di distribuzione del gas, ove si sono rilevate 21.934 casi di mancato rispetto degli standard e sono stati corrisposti agli utenti 25.069 indennizzi automatici, superiori a 1,30 milioni di euro;
- le reti di acquedotto, ove sono stati erogati indennizzi per circa 2 milioni di euro.

Per quanto riguarda il costo del personale, invece, pur costituendo una delle principali componenti in molte strutture di costo, non risulta particolarmente impattata dal cambiamento climatico, salvo che per gli aspetti attinenti alla sicurezza sul luogo di lavoro e alla formazione nei riguardi delle nuove tecnologie e normative; questa indicazione è però fortemente condizionata dalle specifiche scelte gestionali e procedurali che le aziende adotteranno, che potrebbero mutare decisamente alcune prassi operative e modificare l'attuale profilo del costo del lavoro. La digitalizzazione delle reti, ad esempio, innalzerà le competenze tecnologiche richieste e attualmente possedute dagli operatori.

Allo stesso modo, non si rilevano particolari relazioni tra i costi di natura commerciale e i rischi climatici; per tale ragione, il loro livello, come pure il rispetto degli standard di qualità commerciale, non pare essere significativamente influenzato dai rischi climatici.

In definitiva, pertanto, i principali effetti indotti dai cambiamenti climatici paiono riconducibili alle seguenti tipologie:

1. costi di approvvigionamento;
2. costi di mantenimento delle strutture, in particolare costi di manutenzione ordinaria e straordinaria e ammortamenti (questi ultimi trattati nel prosieguo nell'ambito delle immobilizzazioni materiali);
3. altri costi operativi (accantonamenti ai fondi, premi assicurativi, prodotti chimici, ecc.)
4. costi operativi specifici del macrosettore dei servizi pubblici (indennizzi, quote di emissione di gas, certificati bianchi).

1.2.2 L'impatto sui ricavi

L'impatto atteso sui ricavi è potenzialmente molto più ampio di quello prodotto sui costi e, allo stesso tempo, difficilmente stimabile e particolarmente aleatorio, per almeno due ragioni:

- le scelte del regolatore in ordine al trattamento riconosciuto agli effetti diretti ed indiretti indotti dal cambiamento climatico e ai relativi costi;
- l'estremamente ampio novero delle possibili alternative strategiche perseguibili dalle imprese.

Per quanto concerne le possibili evoluzioni tariffarie è evidente che non sono note allo stato; al fine di individuare un ragionevole indirizzo ci si può dunque provare a rifare ai principi fondamentali in materia e, in particolare, al *"full cost recovery"*.

Il mantenimento di tale principio determinerebbe ragionevolmente l'integrale copertura degli effetti indotti dal cambiamento climatico, sia nelle componenti di *"opex"*, sia in quella dei *"capex"*.

Ciò detto, e assumendo dunque, che questo permanga il principio guida fondamentale in materia tariffaria, può peraltro formularsi una ulteriore considerazione, relativa agli effetti indotti sulle aziende dalla specifica regolazione tariffaria e tecnica adottata dal regolatore.

Nell'ambito della autonomia allo stesso riconosciuta, va infatti inclusa la possibilità che le sue scelte non si propongano di essere né siano neutrali rispetto al nuovo scenario operativo e agli indirizzi formulati a livello europeo; nel concreto, se il regolatore volesse consentire o eventualmente accelerare il processo di mitigazione del cambiamento climatico e adattamento aziendale, potrebbe agire attraverso meccanismi di incentivo e/o penalizzazione tali da *"indirizzare"* le scelte aziendali verso obiettivi sostenibili più ambiziosi di quelli formulati dal settore e/o richiesti dalle istituzioni pubbliche comunitarie e nazionali e dagli investitori istituzionali, come peraltro sembrano indicare alcune scelte in materia tariffaria e di qualità del servizio evidenziate in precedenza.

Questo tema non sarà ulteriormente sviluppato in questo documento; l'analisi dei possibili impatti sui ricavi derivanti dal cambiamento climatico sarà invece svolta sulla base del rapporto elaborato dalla Task Force e, in prevalenza, delle opportunità citate dallo stesso che, unitamente ai rischi individuati, sono sintetizzate nella tabella successiva.

Tabella 2. Rischi e opportunità derivanti dal cambiamento climatico

Rischi	Opportunità
Rischi di Transizione:	Efficienza sulle risorse
• Politici e legali	
• Tecnologici	Fonti di energia
• Mercato	
• Reputazionali	Prodotti/Servizi
Rischi Fisici:	Mercati
• Acuti	
• Cronici	Resilienza

I rischi e le opportunità derivanti dal cambiamento climatico possono riguardare, in assoluto, sia le componenti negative che quelle positive della gestione; allo stesso tempo, pare innegabile che sulle attività esistenti e sulle relative strutture di costo, i rischi derivanti dal cambiamento climatico possano essere facilmente prevedibili e limitarsi a impatti non in grado di mutare significativamente l'attuale assetto dei costi.

La prevedibilità dei rischi derivanti dal cambiamento climatico permanerebbe elevata anche in caso di eventuale riposizionamento strategico, sebbene in tal caso possa invece modificarsi significativamente l'attuale struttura dei costi.

D'altro canto, il cambiamento climatico è certamente in grado di generare delle opportunità sul fronte delle componenti negative, con riguardo, ad esempio, all'efficienza energetica e ai risparmi indotti, ma anche in questo caso, le opportunità di riduzione dei costi aziendali sono in larga parte prevedibili e già sono incorporate, o almeno dovrebbero esserlo, sia nelle strategie e decisioni aziendali, sia nelle stesse valutazioni d'azienda.

Volendo quindi confrontare i rischi e le opportunità sul fronte dei costi, può ragionevolmente affermarsi che entrambe le categorie siano in buona misura prevedibili, anzi previste ed incorporate nei flussi di valutazione, e che nel complesso i rischi tendano a prevalere sulle opportunità, anche per effetto di uno scenario base modificato per tener conto dei rischi fisici ormai cronici, a cui si aggiungono i rischi acuti, con effetti spesso catastrofici.

Questo discorso pare invece mutare significativamente per le componenti positive della gestione; in questo caso esiste infatti una netta divaricazione in ordine agli effetti derivanti dai rischi o, in alternativa, dalle opportunità, sia in termini di loro prevedibilità, sia con riguardo al loro ammontare.

Mentre gli effetti dei rischi climatici sui ricavi tendono ad essere sostanzialmente prevedibili, nella manifestazione e nell'ammontare, le opportunità sono scarsamente prevedibili sotto entrambi i punti di analisi.

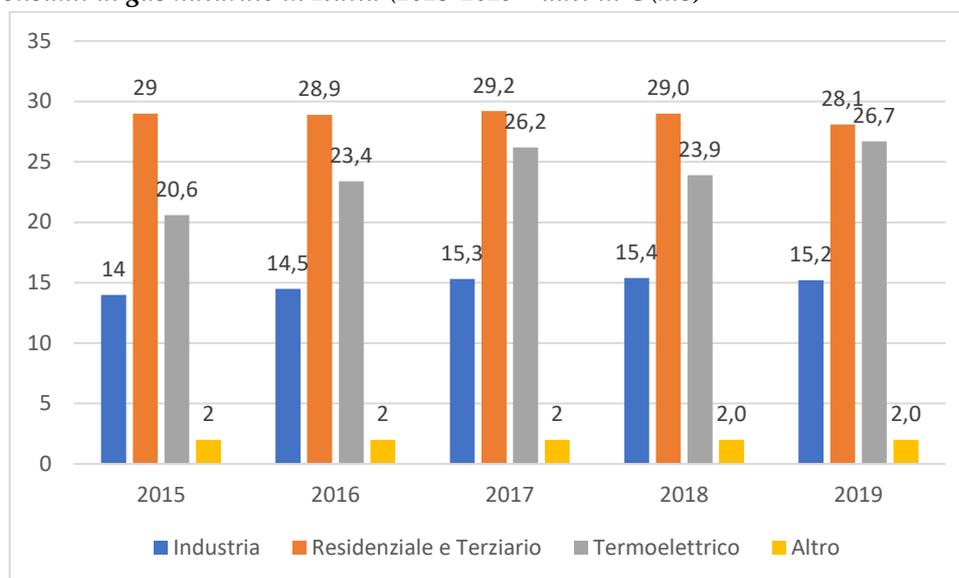
Per quanto riguarda la prevedibilità degli impatti sui ricavi, i rischi climatici sono in larga parte determinabili sulla base degli andamenti già evidenziatisi in questi ultimi anni; nel paragrafo precedente, ad esempio, si è segnalato il mutamento del mix produttivo delle fonti di energia con la progressiva sostituzione delle fonti fossili “solide” da parte del gas e delle rinnovabili.

Ebbene, non c’è dubbio che questo andamento continuerà e, nel caso specifico delle fonti “solide”, è di fatto una certezza piuttosto che un rischio, ma anche provando a generalizzare rispetto a questa fattispecie, resta il fatto che è ragionevole un consolidamento nei prossimi anni dei principali effetti indotti dal cambiamento climatico, quali ad esempio il “*global warming*”, e delle relative conseguenze economiche.

I consumi di gas ne sono un ulteriore esempio; come evidenziato dal grafico seguente, i principali utilizzi sono costituiti dalla già citata produzione termoelettrica e dalle esigenze di riscaldamento, cucina e produzione di acqua calda sanitaria dei clienti residenziali che costituiscono la principale modalità di impiego, con un’incidenza media del 41% circa, e che negli ultimi anni evidenziano un minor consumo connesso alle più elevate temperature.

In una prospettiva di medio periodo, pertanto, è ragionevole ipotizzare che questa tendenza continui, non solo per un possibile andamento climatico strutturalmente sfavorevole ma anche perché la progressiva diffusione di alcune tecnologie quali la cottura a induzione e/o il solare termico contribuiranno al processo di elettrificazione dei consumi e, nello specifico, di sostituzione del gas.

Figura 5. Consumi di gas naturale in Italia (2015-2019 - dati in G(m3))



Allo stesso modo è ragionevole che dal “*global warming*” derivino effetti anche sui consumi idrici, ma il connesso incremento sarà probabilmente soltanto in grado di limitare i minori consumi derivanti dalla migliorata efficienza nell’impiego della risorsa, dalla maggiore consapevolezza ambientale e dallo stesso recupero, già citato, delle acque reflue.

Se la prevedibilità degli effetti indotti dai rischi climatici sui ricavi è adeguata, medesimo discorso può farsi per il loro ammontare; trattandosi di effetti indotti su attività esistenti, il loro impatto non dovrebbe discostarsi sostanzialmente dal trend evidenziato negli ultimi anni.

Ben diverso è invece il possibile impatto sui ricavi delle opportunità connesse ai rischi climatici e, nella gran parte dei casi, le opportunità derivanti dal cambiamento climatico, in particolare per le aziende di servizi pubblici, sono di natura “trasformativa”, tanto che i mercati finanziari (e gli analisti) cominciano già a valutarne la fattibilità per le singole aziende; di conseguenza, sono rilevanti in termini di impatti sulle strategie e le attività aziendali e sugli stessi risultati, nonché caratterizzate da ridotta prevedibilità, comprendendo ad esempio la transizione energetica finalizzata alla decarbonizzazione, la mobilità sostenibile e l’uso dell’idrogeno.

Sulla base della classificazione proposta dalla TCFD, la prima area di opportunità con riguardo ai ricavi è rappresentata dall’efficienza nell’uso delle risorse, non esclusivamente di natura energetica, ma che certamente trova nell’efficientamento di questi utilizzi uno dei principali campi di applicazione; ne costituisce conferma la diffusa applicazione dei Sistemi di Gestione dell’Energia e il loro inserimento nell’ambito delle certificazioni aziendali¹⁰.

Scelte specifiche di efficientamento energetico sono rappresentate, ormai abbastanza frequentemente, dall’uso delle pompe di calore nei sistemi di riscaldamento e/o condizionamento, dei LED nelle reti di pubblica illuminazione, di impianti e dotazioni più efficienti, anche attraverso l’uso di inverter.

Più in generale, oltre all’efficienza energetica, in questa area possono essere inclusi tutti gli interventi riconducibili all’economia circolare e finalizzati al recupero della materia.

Nel settore idrico, ad esempio, si è già citata la possibilità di riutilizzare le acque di scarico degli impianti di depurazione, ove rispettino precisi standard qualitativi; un’ulteriore fattispecie è rappresentata dall’uso dei fanghi nella produzione di biogas e, più di recente, di biometano.

Nel 2019 il biogas ha rappresentato il 9,6% delle fonti energetiche utilizzate per la produzione di energia termica nelle centrali di teleriscaldamento¹¹ ma ha ancora un forte potenziale di sviluppo, ove si pensi che la sua produzione non avviene in tutti gli impianti e che quasi il 20% dei fanghi prodotti è tuttora conferito in discarica; i fanghi recuperati sono invece destinati prevalentemente alla produzione di compost (38%) e allo spandimento diretto in agricoltura (32%), mentre residuale risulta la destinazione al recupero energetico (7%).

Il biogas è inoltre ricavabile anche dai rifiuti solidi urbani, che certamente costituiscono un’area di particolare interesse nella prospettiva dell’economia circolare; nel 2018, la raccolta differenziata è pari al 58,1%, in ulteriore crescita rispetto al 2017, non lontana dall’obiettivo del 65% (per il 2012) previsto dal D. Lgs. 152/2006, e la frazione organica costituisce il 40,4% del totale differenziato.

¹⁰ Il Sistema di Gestione dell’Energia è disciplinato dalla norma internazionale ISO 50001, volta a definire i criteri per una analisi dettagliata dei propri consumi energetici, individuare le aree di possibile miglioramento e pianificare e realizzare gli interventi utili al raggiungimento di specifici obiettivi. Il Sistema di Gestione dell’Energia introduce criteri energetici nelle politiche di acquisto, progettazione e manutenzione al fine di un miglioramento continuo, volto ad incrementare le prestazioni energetiche e la riduzione di emissioni di CO₂.

¹¹ I dati sono tratti da ARERA, Relazione Annuale, Stato dei servizi 2019, Indagine annuale sui settori regolati, Volume 1.

L'ammmodernamento e completamento del ciclo di gestione dei rifiuti urbani e assimilati assume valenza strategica per il successo di una strategia di recupero della materia; esse consentono infatti, di recuperare e riutilizzare quei materiali di scarto che possono tornare ad alimentare i processi produttivi ove adeguatamente trattati in termini fisico/tecnici ed economici, determinando di conseguenza dei ricavi aggiuntivi che si aggiungerebbero ai minori costi di smaltimento.

Lo sviluppo di una più ampia e moderna dotazione impiantistica consentirebbe quindi, di creare una circolarità virtuosa nei servizi pubblici, dove il biogas appena citato costituisce solo uno dei molteplici esempi; il suo recupero consentirebbe infatti di poter sostituire le fonti fossili nei loro vari utilizzi finali.

In una prospettiva di lunga durata, l'avvenuta sostituzione delle fonti fossili ad alto contenuto carbonico da parte del gas sarà a sua volta seguita dalla progressiva sostituzione del gas da parte delle fonti rinnovabili, in particolare del biometano, e dell'idrogeno.

Nell'ambito degli interventi di recupero della materia possono infine essere citati quelli di recupero di calore e vapore dei processi produttivi, solitamente per lo sfruttamento in reti di teleriscaldamento, e volgendo lo sguardo oltre i servizi pubblici, le possibilità di efficientamento del patrimonio abitativo e del parco veicolare che costituiscono due tra le principali fonti di consumo energetico.

Per quanto riguarda la seconda area di opportunità derivanti dal cambiamento climatico, il rapporto della TCFD fa riferimento alla produzione da fonti rinnovabili; si tratta di un settore che, come già evidenziato, copre in Italia il 40% circa della produzione energetica, ma che presenta ulteriori prospettive di crescita in relazione a tre elementi specifici:

- le forti potenzialità offerte dal territorio italiano e lo sviluppo di nuove tecnologie, che consentano lo sfruttamento su scala industriale di fonti aggiuntive quali le maree e i biocarburanti, e la cattura e stoccaggio della CO₂;
- il potenziamento delle strutture di stoccaggio del gas o dei serbatoi idrici o, ancora, in prospettiva, dei sistemi di accumulo elettrici, così da superare i limiti posti dalla strutturale discontinuità e variabilità delle fonti rinnovabili, accentuata dal cambiamento climatico, e rilasciarle successivamente, in funzione delle richieste di mercato;
- lo sviluppo dell'idrogeno, in particolare verde, la cui produzione richiederà un ulteriore sviluppo delle fonti rinnovabili.

Sulle fonti rinnovabili peraltro, un elemento di attenzione deve essere costituito dalla progressività degli effetti del cambiamento climatico che, ad esempio, può determinare cambiamenti sulla frequenza e durata di esposizione al sole o sulle condizioni di ventosità, con un effetto diretto sulla produzione fotovoltaica o eolica.

Tali effetti potrebbero risultare anche positivi ma in ogni caso devono essere valutati con analisi di scenario che, come si dirà nel prosieguo, sono imprescindibili anche nella prospettiva di valutare gli *asset* esistenti e non solo quelli di nuova realizzazione.

Con riguardo ai prodotti e servizi erogati, opportunità potranno derivare dall'ampliamento del portafoglio aziendale basato sulla nuova sensibilità ambientale e che comprenda, dunque, prodotti/servizi con ridotte emissioni o che facciano leva sulla minore impronta carbonica;

esempi in tal senso sono costituiti dalle forniture “verdi” o dai prodotti/servizi al cui acquisto siano legati impegni in tema di sostenibilità da parte del fornitore.

Nell’ambito dei mercati, fisici e finanziari, sono invece incluse sia le opportunità di diversificazione geografica sia il supporto finanziario di investimenti sostenibili. Negli ultimi anni la crescita della sensibilità ambientale degli investitori, unitamente alla crescente informativa in materia da parte delle aziende, ha consentito lo sviluppo di uno specifico segmento del mercato finanziario caratterizzato dalla sostenibilità degli investimenti, dalla destinazione specifica dei finanziamenti a investimenti sostenibili, dal legame tra costo del finanziamento e raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità in campo ambientale, sociale e di *governance* aziendale.

La resilienza infine, implica la capacità di sviluppare una capacità di adattamento e risposta al cambiamento climatico in modo da fronteggiarne meglio i rischi e cogliere le opportunità. In questa area rientra il ridisegno dei processi di gestione aziendale finalizzato ad una maggiore efficienza o all’aumento del portafoglio prodotti; di recente si sono avviate ad esempio, delle riconversioni di alcuni impianti di termovalorizzazione o raffinazione in bioraffinerie, finalizzate ad ottenere biocarburanti dal recupero e riutilizzo degli oli.

La capacità di adattamento e risposta ai rischi climatici è tanto più necessaria quanto più estesa è la vita utile delle infrastrutture e/o delle reti di distribuzione e vendita; quanto più elevata è l’incidenza dei costi della materia prima o della sua stessa disponibilità, quanto più lunghe sono le durate dei finanziamenti, coerentemente con quelle degli investimenti.

Nella prospettiva del “global warming” ad esempio, è fondamentale valutare la possibilità di utilizzare le reti di teleriscaldamento anche per fronteggiare le crescenti richieste di “raffrescamento”; in caso positivo ciò consentirebbe di compensare almeno parzialmente i minori consumi invernali per il riscaldamento con maggiori forniture estive di raffreddamento.

La estesa vita utile delle infrastrutture, l’incidenza dei costi e della disponibilità di risorse naturali, la lunga durata dei finanziamenti sono tutti elementi riconoscibili quali caratteristiche distintive di pressoché tutte le attività di servizio pubblico; esse offrono pertanto rilevanti opportunità ma al contempo impongono una riflessione strategica sugli impatti competitivi ed economici determinati dai rischi climatici.

Nel complesso, quindi, il cambiamento climatico, con i connessi rischi ed opportunità, pare determinare un tendenziale incremento dei costi che potrebbe essere più che compensato dalle opportunità sui ricavi, oltre che da specifici trattamenti regolatori finalizzati alla decarbonizzazione e all’economia circolare.

Il potenziale incremento dei ricavi è però soggetto ad una maggiore aleatorietà rispetto a quello dei costi, pertanto alle aziende è richiesta una verifica approfondita dei modelli di business e delle scelte gestionali, basata sull’analisi degli scenari, così da valutare gli effetti delle principali azioni alternative attualmente disponibili.

1.3 L'impatto sullo stato patrimoniale

La natura pervasiva del cambiamento climatico manifesta molteplici effetti sulle componenti patrimoniali, sebbene di variabile entità; allo stato, i principali effetti determinati dal cambiamento climatico riguardano:

- le immobilizzazioni materiali e immateriali;
- i fondi per rischi ed oneri futuri.

Oltre agli effetti su queste due componenti, il cambiamento climatico determina inoltre rischi ed opportunità che possono influenzare l'andamento di ulteriori variabili aziendali; in tale prospettiva si farà quindi, brevemente riferimento agli effetti possibili su:

- i crediti e debiti commerciali;
- le imposte anticipate;
- le scorte di magazzino.

1.3.1 Le immobilizzazioni e gli effetti sulla vita utile

La componente patrimoniale maggiormente impattata dal cambiamento climatico è di gran lunga rappresentata dalle immobilizzazioni materiali e immateriali; in termini quantitativi, ciò vale a maggior ragione per un settore quale quello dei servizi pubblici nel quale essa è, solitamente, la componente più rilevante in termini di valori di bilancio.

Dal punto di vista contabile, i principi individuano e distinguono i criteri adottabili sulla base di due differenti momenti temporali costituiti da:

- la rilevazione iniziale;
- la valutazione e le rilevazioni successive, fra le quali rientrano anche le alienazioni o dismissioni.

Questa suddivisione evidenzia come gli effetti contabili derivanti dalla acquisizione e iscrizione di un'immobilizzazione non siano limitati alla fase iniziale di "rilevazione", ma perdurino fino a quando il bene risulterà di proprietà aziendale e, spesso, debbano essere gestiti con particolare attenzione più nelle fasi successive alla rilevazione iniziale che in quella di iscrizione del bene.

Questa considerazione è valida anche con riguardo ai legami tra cambiamento climatico e rilevazioni (iniziale e successiva) delle immobilizzazioni; le implicazioni indotte dai rischi climatici sono infatti potenzialmente molto più forti nella fase di valutazione e rilevazione successiva piuttosto che in quella di rilevazione iniziale.

In fase di acquisto di un bene e dunque, di rilevazione iniziale, l'unico effetto che il cambiamento climatico potrebbe produrre è quello di un mutato prezzo di acquisizione, maggiore o minore in rapporto allo specifico bene e alla fase di mercato in cui è acquistato; considerando peraltro, che le valutazioni di acquisto sono solitamente svolte in concomitanza con l'effettiva acquisizione, può ritenersi che gli effetti climatici siano già incorporati in larga parte nelle valutazioni e nel prezzo corrisposto (e iscritto a bilancio) ma determinino mutamenti tali da non peggiorare significativamente le condizioni di economicità.

Molto più rilevanti possono essere invece le implicazioni derivanti dal cambiamento climatico sulle successive fasi di valutazione e rilevazione finalizzate a verificare la persistente validità nel tempo degli elementi alla base del piano di ammortamento, costituiti da “(a) valore da ammortizzare, (b) residua possibilità di utilizzazione, (c) metodi di ammortamento”, come indicato dei principi contabili nazionali ed internazionali.

Se del rapporto tra valore da ammortizzare e cambiamento climatico si è già detto in precedenza, l’elemento “critico” tra gli altri due elementi è rappresentato in particolare, dalla “residua possibilità di utilizzazione”.

Per quanto concerne i metodi di ammortamento, infatti, la maggiore usura potrebbe portare ad ammortizzare per quote decrescenti i beni, in funzione del loro minore sfruttamento nella seconda parte di vita utile, accentuato dal cambiamento climatico; tale scelta contabile, poco frequente nel concreto, è comunque compatibile con i principi contabili internazionali e nazionali.

La “residua possibilità di utilizzazione” merita invece una più dettagliata trattazione; essa infatti, “non è legata alla “durata fisica” dell’immobilizzazione, bensì alla sua “durata economica”, cioè al periodo in cui si prevede che il cespite sarà utile alla società”.

In precedenza sono stati svolti alcuni esempi di impatti del cambiamento climatico sulle fonti di approvvigionamento o sull'utilizzo delle reti; può essere utile riprenderne alcuni per precisare le implicazioni contabili connesse all'impossibilità o difficoltà di utilizzare alcune fonti di approvvigionamento idriche (sorgenti, ma anche corsi d'acqua o pozzi) o il divieto piuttosto che l'anti-economicità di utilizzo di alcune fonti fossili, che possono determinare la dismissione o l'integrale riconversione di una centrale elettrica.

Ebbene la fattispecie dell'utilizzo discontinuo o della minore produttività di una fonte è del tutto diversa da quella della impossibilità di utilizzo; il mancato utilizzo di un *asset* costituisce infatti un indicatore di potenziali perdite di valore, che determinano la necessità di valutazioni di *impairment*, ampiamente trattate nel terzo capitolo.

La minore produttività di un *asset* o il suo utilizzo discontinuo sono invece situazioni nelle quali il bene permane “utile” per la società, ma si pone comunque la necessità di verificare se la durata della sua utilità e/o il valore da ammortizzare restino invariati.

Il cambiamento climatico può determinare ad esempio una minore vita utile per effetto di un maggiore deterioramento delle reti; in tal caso, la minore durata costituisce contabilmente un cambiamento di stime contabili, disciplinato dallo IAS 8 e dal suo omologo OIC 29.

Se dunque, dopo 2 anni di utilizzo di un *asset* con ammortamento decennale, ci si dovesse rendere conto che la vita utile residua sarà di 5 anni e non 8, il valore residuo (pari agli 8/10) sarebbe ammortizzato in 5 anni piuttosto che in 8. Due precisazioni a quanto appena affermato:

- i principi contabili specificano che “I cambiamenti di stima sono una conseguenza delle ulteriori informazioni che il trascorrere del tempo consente di acquisire in merito a presupposti o fatti sui quali era fondata la stima originaria” e che “i cambiamenti di stima rientrano nel normale procedimento di formazione del bilancio e non costituiscono correzioni di errori o cambiamenti di principi contabili”;

- soprattutto, l'esempio ha considerato un cambiamento nella vita utile ma ha assunto che il valore residuo resti invariato; quest'ultima costituisce una ipotesi "forte" e viene ampiamente sviluppata nel terzo capitolo, al quale pertanto si rinvia.

Limitando l'analisi in questo paragrafo alla sola determinazione della vita utile, è opportuno richiamare alcuni dei fattori previsti dai principi contabili per la sua stima che paiono essere maggiormente influenzati dal cambiamento climatico:

- deterioramento fisico legato al trascorrere del tempo;
- esperienza relativa alla durata economica dei cespiti dell'impresa e del settore in cui questa opera;
- obsolescenza del cespite (ricorrenza dei cambiamenti tecnologici, nuove tecnologie prevedibili al momento della stima, ecc.);
- piani aziendali per la sostituzione dei cespiti;
- fattori ambientali;
- politiche di manutenzione e riparazione: un'inadeguata manutenzione può ridurre la durata economica del cespite, una manutenzione diligente può prolungarla, ma non indefinitamente;
- fattori economici o legali che impongono limiti all'uso del cespite.

Tutti gli elementi citati sono strettamente connessi ai cambiamenti climatici che, pertanto, influenzano la vita utile dei cespiti e, per questa via, i relativi ammortamenti, così come in precedenza si era specificato potessero incidere sui costi di manutenzione.

1.3.2 La necessità di accantonamenti a fondi per rischi e oneri

Per quanto concerne i fondi per rischi ed oneri, disciplinati dallo IAS 37 e dall'OIC 31 rispettivamente per i principi contabili internazionali e nazionali, si è già evidenziata la possibilità di operare degli accantonamenti in presenza di *"passività potenziali connesse a situazioni già esistenti alla data di bilancio, ma caratterizzate da uno stato d'incertezza il cui esito dipende dal verificarsi o meno di uno o più eventi in futuro"* (fondi per rischi) ovvero *"passività di natura determinata ed esistenza certa, stimate nell'importo o nella data di sopravvenienza, connesse a obbligazioni già assunte alla data di bilancio, ma che avranno manifestazione numeraria negli esercizi successivi"* (fondi per oneri).

Le principali tipologie di fondi per rischi ed oneri correlate agli effetti dei cambiamenti climatici sono:

- fondi per cause in corso;
- fondi per eventuali contestazioni da parte di terzi;
- fondi per manutenzione ciclica, in caso di applicazione dei principi contabili nazionali, essendo esclusi da quelli internazionali (nota 9);
- fondi per manutenzione e ripristino dei beni gratuitamente devolvibili e dei beni d'azienda ricevuti in affitto;
- fondi per recupero ambientale.

Si tratta in molti casi di situazioni facilmente derivabili da condizioni di cambiamento climatico, ove si pensi alla difficoltà di rispettare in continuità gli standard qualitativi di servizio in presenza di eventi che incidano sulla disponibilità delle risorse (approvvigionamenti) o sulla loro distribuzione, come pure alla necessità di realizzare ingenti interventi sui quali ben potrebbero innescarsi delle contestazioni e/o delle cause.

I fondi per manutenzione ciclica a loro volta, iscrivibili esclusivamente secondo i principi contabili nazionali¹², si riferiscono a manutenzioni già pianificate su beni che continueranno ad essere utilizzati e che non sono sostituibili con gli annuali interventi di manutenzione ordinaria. Gli accantonamenti a tali fondi hanno l'obiettivo di ripartire in più esercizi il costo di manutenzione derivante da un'usura verificatasi anche negli esercizi precedenti a quello di esecuzione dei lavori.

I fondi per manutenzione e ripristino dei beni gratuitamente devolvibili e dei beni d'azienda ricevuti in affitto sono correlati ai costi di ripristino o sostituzione necessari per una perfetta funzionalità dei beni ricevuti in concessione in vista della loro successiva restituzione. Sulla base dei costi complessivamente ipotizzabili per la piena funzionalità dei beni, si procede ad una attribuzione annuale lunga la durata della concessione (o affitto) che rifletta la progressiva utilizzazione ed usura del bene.

Quest'ultima tipologia di fondo, così come quella legata alla manutenzione ciclica, ed i relativi accantonamenti sono quindi correlati al cambiamento climatico per via dei suoi già commentati effetti sull'utilizzo e usura delle reti.

Per quanto riguarda infine i fondi per recupero ambientale, determinati dagli oneri di ripristino dei siti e dunque frequenti ad esempio nelle operazioni di *decommissioning*, sono iscritti a seguito di modifiche legislative ambientali e rientrano pienamente nei rischi politici e legali individuati dalla TCFD e precedentemente richiamati.

Una ulteriore considerazione sui fondi riguarda infine il loro "funzionamento" contabile che dopo la rilevazione iniziale dell'accantonamento a fondo, in presenza di una passività potenziale, prevede un momento distinto e successivo di verifica della stima effettuata, poiché la "*valutazione della congruità dei fondi rientra nelle normali operazioni da effettuare alla fine di ciascun esercizio.*"

La necessità di procedere ad un riesame del valore del fondo si pone quindi anche per le variazioni gestionali indotte dal cambiamento climatico, poiché "*l'acquisizione di maggiori informazioni o esperienza in merito a presupposti o fatti sui quali era fondata la stima originaria dell'accantonamento, richiede un aggiornamento della stima stessa, con possibili rettifiche ai valori precedenti e/o al processo di stima.*"

Successivamente alla costituzione del fondo, la sua utilizzazione è effettuata in relazione ai rischi ed oneri per i quali è stato costituito e nel caso in cui l'evento determini costi superiori al fondo, affluirà a conto economico solo la differenza non coperta dal fondo.

¹² I principi contabili internazionali escludono l'iscrivibilità dei fondi per manutenzione ciclica (nota 9).

In ultimo, infine, coerentemente anche con i principi contabili internazionali, giova sottolineare nuovamente l'utilità di analisi degli scenari in presenza di andamenti climatici alternativi e correlate variabili stime.

1.3.3 Altre componenti patrimoniali

Oltre alle immobilizzazioni e ai fondi per rischi ed oneri, il cambiamento climatico e le scelte da esso indotte possono generare impatti su ulteriori componenti patrimoniali, quali:

- i crediti e debiti commerciali;
- le imposte anticipate;
- le scorte di magazzino.

I crediti e debiti commerciali sono, come noto, una variabile dipendente dal livello dei ricavi/costi e dai tempi medi di incasso/pagamento; ipotizzando che non esistano relazioni tra cambiamento climatico e dilazioni medie, il potenziale impatto sui crediti e debiti è interamente riconducibile alle strategie aziendali che saranno adottate in risposta al cambiamento climatico e che, come indicato in precedenza, spesso hanno natura trasformativa.

Se le aziende dovessero infatti ampliare la propria attività o addirittura diversificarla, ne deriverebbe inevitabilmente un impatto sui crediti e debiti; pertanto, è ragionevole che il cambiamento climatico non produca effetti rilevanti quantomeno in presenza di attività consolidate e non caratterizzate da forti variazioni delle dimensioni aziendali, dalle quali conseguirebbero correlate variazioni di crediti e debiti a parità di tempi medi di incasso e pagamento.

Un discorso parzialmente diverso può invece svilupparsi per le imposte anticipate che costituiscono imposte dovute nell'esercizio superiori a quelle di competenza rilevate in bilancio; da ciò consegue la possibilità di iscrivere in bilancio un'attività per le minori imposte che saranno pagate negli esercizi successivi.

La preconditione per l'iscrizione delle imposte anticipate è quindi rappresentata dall'esistenza di ragionevoli prospettive di redditività futura che consentano di godere delle minori imposte.

La relazione tra cambiamento climatico e imposte anticipate si basa dunque sull'effetto indotto dal primo sulla complessiva redditività aziendale e/o sulla maggiore variabilità dei profitti (in assenza di specifici trattamenti regolatori) che, in particolare in caso di operazioni trasformativa, non può che essere verificato con un'analisi degli scenari, come già indicato.

Per quanto concerne infine, le scorte di magazzino sono solitamente poco rilevanti nelle aziende di servizi pubblici e riconducibili più spesso a materiali di ricambio che non a scorte della materia prima.

La citazione in questo rapporto è però comprensibile ove si consideri che in precedenza si è commentato il possibile sviluppo di sistemi di accumulo; è ragionevole che gli importi delle scorte non costituiranno mai una delle principali componenti patrimoniali, ma da una prospettiva di totale assenza o irrilevanza della componente si passerà ad una di limitato impatto.

1.4 L'impatto sulla dinamica dei flussi finanziari

Gli effetti del cambiamento climatico si inseriscono in un trend storico contraddistinto da una crescente richiesta degli utenti di qualità, in senso lato, dei servizi erogati, interpretata ed attuata dalla regolazione tecnica e tariffaria dell'ARERA, e da una sempre più diffusa sensibilità ambientale.

La risultante di questo scenario è un impatto rilevante sulle infrastrutture e sull'operatività aziendale; ciò vale in particolare per il macrosettore dei servizi pubblici.

Sebbene lo stadio evolutivo dei singoli settori sia fortemente differenziato, sono infatti individuabili per ciascuno di essi degli obiettivi di miglioramento e adeguamento del servizio, determinati e/o accentuati dal cambiamento climatico, nonché di valorizzazione di opportunità strategiche.

Con riguardo al settore elettrico, lo sviluppo delle fonti rinnovabili e il conseguente modello di "generazione distribuita" ha già determinato effetti rilevanti sulla rete di trasmissione; lo sviluppo prevedibile per l'idrogeno verde richiederà peraltro un ulteriore incremento della produzione elettrica da fonti rinnovabili, possibile anche per l'esistente disponibilità di risorse naturali.

Per tali ragioni, sono previsti investimenti volti a bilanciare la variabilità delle fonti rinnovabili con sistemi di accumulo, migliorare gli scambi tra aree così da risolvere le congestioni di rete e aumentare le interconnessioni con l'estero, potenziare le dorsali tra i luoghi di produzione e quelli di consumo.

Sempre nel settore elettrico, sono previsti inoltre, investimenti di razionalizzazione e potenziamento nelle principali aree metropolitane e anche nel segmento di distribuzione; in questo caso, la motivazione principale è costituita dalla elettrificazione dei consumi che comprende, fra l'altro, anche la mobilità elettrica.

Nel settore del gas invece, i principali effetti del cambiamento climatico sono costituiti dall'avvio e sviluppo del mercato dell'idrogeno e dalla cattura, trasporto e riutilizzo/stoccaggio della CO₂; entrambi richiedono la necessità di verificare la possibilità di trasporto con le attuali reti e di procedere alla loro eventuale riconfigurazione.

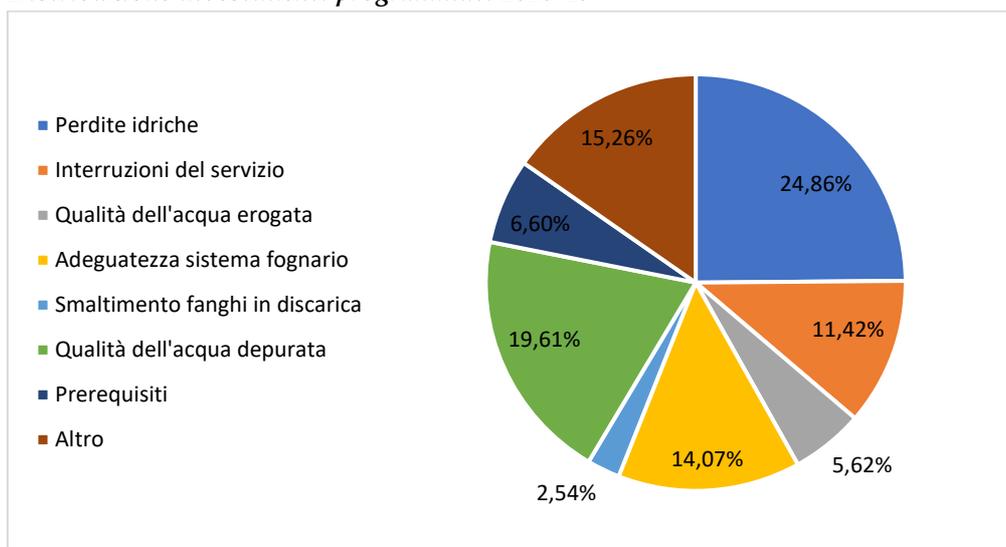
Ma per le reti di distribuzione del gas, le opportunità offerte dal cambiamento climatico si sommano agli obblighi di efficientamento energetico già imposti dall'ARERA, così come a quelli di installazione dei misuratori elettronici; alla fine del 2019, ad esempio, il 61% dei clienti domestici e il 75% dei condomini ne erano già dotati¹³.

Inoltre, non va dimenticato che il settore della distribuzione del gas dovrebbe essere vicino allo svolgimento delle gare per gli ATEM, sebbene questa previsione sia stata più volte smentita negli ultimi anni; se le gare dovessero effettivamente iniziare a svolgersi in modo più celere, potrebbero generare un ulteriore elevato flusso di investimenti, connessi sia all'acquisizione delle reti di terzi da parte degli aggiudicatari, sia agli interventi avviati successivamente all'aggiudicazione per ammodernare ed estendere le reti acquisite.

¹³ ARERA, op. cit., pag. 237.

Per le reti idriche, i cambiamenti climatici pongono la necessità in molti casi di riprogettare l'approvvigionamento della risorsa, di migliorarne l'efficacia di utilizzo, non solo attraverso l'eliminazione delle perdite ma anche attraverso il recupero a valle degli impianti di depurazione, di contribuire alla sua gestione in caso di precipitazione intense; la distribuzione degli investimenti programmati nel biennio 2018-2019¹⁴ sembra andare nella direzione di soddisfare queste esigenze.

Figura 6. Distribuzione investimenti programmati 2018-19



Ciononostante, i miglioramenti richiesti al servizio e indirettamente gli investimenti richiesti sono ancora notevoli; con riferimento alle reti di adduzione e distribuzione, ad esempio, sono geo-referenziate per circa il 77% e il loro tasso di sostituzione relativo all'anno 2016 è pari allo 0,39%¹⁵.

Considerando che la vita utile di queste infrastrutture è di 50 anni, occorrerebbe quintuplicare l'attuale tasso di sostituzione perché divenga coerente con la vita utile tecnica.

Una crescita degli investimenti si riverbererebbe anche sulla composizione dei costi ammissibili ai fini tariffari e che compongono il vincolo ai ricavi del gestore; sulla base dei dati elaborati delle proposte tariffarie di aggiornamento biennale approvate dall'Autorità, le componenti principali sono rappresentate dagli "opex", con un'incidenza del 60,9% e dai "capex", con una quota del 23,5% a cui si aggiunge il 6,6% relativo al FONI¹⁶.

¹⁴ I dati sono tratti da ARERA, op. cit.; il campione si riferisce a 131 gestori, rappresentanti una copertura dell'83% circa della popolazione nazionale (oltre 48 milioni di abitanti).

¹⁵ I dati sono tratti da ARERA, op. cit. e fanno riferimento all'anno 2016, salvo per le gestioni per le quali gli enti di ambito hanno ritenuto maggiormente rappresentativi i dati del 2017, in sede di aggiornamento biennale delle elaborazioni tariffarie.

¹⁶ Il Fondo nuovi investimenti (FoNI) costituisce una componente del VRG a titolo di anticipazione per il finanziamento dei nuovi investimenti.

Pertanto, appare evidente come la quota tariffaria a copertura degli investimenti sia la metà di quella relativa ai costi operativi, per quanto gli investimenti siano considerevolmente aumentati negli ultimi anni e il dato sia parzialmente riflesso nei ricavi per via dell'isteresi tariffaria¹⁷.

Con riferimento infine, al settore ambiente, è nota la necessità di aumentarne la dotazione impiantistica, anche per consentire un adeguato trattamento e valorizzazione della crescente raccolta differenziata che, come già anticipato, potrebbe costituire anche un'importante leva di ricavi per queste aziende.

Questo processo procederà in parallelo con gli investimenti di crescita esterna dei principali operatori nazionali; la maggiore concentrazione del settore dovrebbe auspicabilmente condurre anche ad un incremento del numero di impianti progettati, autorizzati e realizzati, come pure della materia recuperata.

Un'ultima notazione sugli effetti del cambiamento climatico è relativa infine, ai differenti impatti sugli investimenti prodotti dai rischi fisici, cronici ed acuti, individuati dalla TCFD.

Come affermato in precedenza, il cambiamento climatico produce un nuovo scenario *base* nel quale occorre incorporare i rischi cronici, in quanto ripetitivi e dunque "strutturali"; in termini di effetti sugli investimenti, ciò comporta che siano necessari e che vadano realizzati tutti quegli interventi di aggiornamento, potenziamento, ecc. funzionali al rispetto degli standard di qualità tecnica vigenti o che saranno di tempo in tempo stabiliti.

Diverso invece, l'impatto dei rischi acuti sugli interventi; in questo caso, infatti, la sostanziale unicità (o limitata ripetitività) degli eventi rende meno automatico il legame con gli investimenti, per ragioni di opportunità sia tecnica sia tariffaria.

In caso di eventi estremi, è ragionevole che si debba operare una selezione degli interventi di mitigazione in funzione del loro tempo di ritorno, degli effetti determinati e della sostenibilità tariffaria; anche in questo caso, in particolare per la rilevanza delle scelte e dei relativi importi, l'analisi di scenario potrebbe risultare uno strumento utile.

Le considerazioni svolte portano a ritenere che in uno scenario di breve termine il flusso di cassa operativo sia negativo così come l'indicatore *Ebitda-Capex*, per via della preponderanza degli investimenti connessi al cambiamento climatico rispetto ai ricavi e margini addizionali.

L'inversione di segno di tale risultato nel medio termine dipenderà dall'ammontare degli investimenti e dalla loro distribuzione nel tempo, così come dalle variazioni dell'*Ebitda*, connesse alle attività esistenti e verosimilmente in misura maggiore per effetto delle nuove opportunità strategiche.

¹⁷ Il metodo tariffario idrico prevede in particolare, che le immobilizzazioni del gestore rilevanti ai fini del computo tariffario dell'anno x siano quelle in esercizio nell'anno $(x-2)$.

2. La disclosure delle informazioni rilevanti inerenti l'effetto in bilancio del cambiamento climatico

Gli ambiti di applicazione della mappa logica di base sviluppata nel primo capitolo sono molteplici e riguardano tre aree specifiche di intervento che costituiscono il cuore dell'attività di ricerca:

1. le sintesi e revisioni degli obblighi informativi già esistenti che possono essere applicati ai rischi ma anche alle opportunità legate al cambiamento climatico;
2. la valutazione in bilancio degli *asset in place*;
3. le decisioni di nuovi investimenti.

L'approfondimento sugli aspetti legati alle valutazioni di *impairment* e dei nuovi investimenti sarà contenuto nel terzo capitolo.

Questo capitolo riguarda invece il primo punto ovvero le indicazioni attualmente in vigore circa la *disclosure* che le società devono fornire in merito all'esposizione al rischio degli effetti del cambiamento climatico perché gli investitori possano prendere decisioni più consapevoli.

2.1. Le istanze del mercato e degli investitori

Il cambiamento del clima è un fenomeno ormai non più nuovo con effetti già chiaramente individuabili e con molti interrogativi per il futuro. Tali effetti hanno già oggi rilevanza, come si è descritto nel paragrafo precedente, per le imprese impattando sui risultati economici e sulla dinamica finanziaria e quindi su diverse voci che costituiscono parte integrante del bilancio di esercizio.

Questo tema è stato oggetto di una certa produzione scientifica durante lo scorso decennio che ha prevalentemente posto l'accento sull'insorgere di nuovi rischi e su come sia costoso per le imprese adeguarsi al cambiamento climatico sia per quanto attiene agli effetti diretti sia per quelli indiretti legati alla riduzione delle emissioni di CO₂¹⁸.

La crescente attenzione circa l'impatto sui risultati delle aziende degli effetti del cambiamento climatico si è esteso anche agli investitori in capitale di rischio (fondi di investimento, fondi di *private equity*, *hedge fund*) e di debito (banche commerciali, banche d'affari, investitori in project/green bond) e più in generale a tutti gli investitori istituzionali. A mero titolo esemplificativo, si ricorda che nel gennaio 2020, il Fondo BlackRock ha pubblicato un documento nel quale gli *environmental risks and opportunity* sono considerati una "*engagement priority*"¹⁹. Lo stesso BlackRock insieme al Vanguard Group e ad HSBC aveva già richiesto a

¹⁸ Cfr. A. Wen-hsin Hsu, T. Wang, *Does the market value corporate response to climate change?* Omega, April 2013, n.2, S. Dietz, A. Brown, C. Dixon, P. Gradwell, *Climate value at risk' of global financial assets*, Nature Climate Change, April 2016 n.6.

¹⁹ La piena consapevolezza sulla rilevanza dei cambiamenti climatici emerge inoltre dall'annuale lettera agli azionisti di Larry Fink, CEO della stessa BlackRock. Con un'importante presa di posizione, BlackRock ha annunciato che richiederà alle società in cui investe di evidenziare i rischi legati al clima e che voterà contro gli amministratori delle società che non pubblicano un'adeguata *disclosure* di sostenibilità e che non gestiscono e supervisionano correttamente i rischi climatici.

partire dal 2017 una *disclosure* sui rischi climatici mentre MSCI in un documento del febbraio 2020 definisce il *climate change* come un “*key risk for institutional investors*”.

Più in particolare gli investitori richiedono alle società di fornire, se rilevanti, le informazioni necessarie per comprendere l'esistenza di un impatto sui risultati dei rischi climatici, l'entità di tale impatto e le previsioni circa l'evoluzione futura²⁰. Viene segnalata la priorità dell'informativa con una preferenza per l'indicazione nella relazione finanziaria annuale (ovvero il bilancio di esercizio secondo la terminologia dei principi contabili internazionali).

Uno dei punti critici riguarda l'omogeneità e la comparabilità delle informazioni fornite, in assenza di un puntuale schema di riferimento da seguire.

2.2. La Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)

Le precedenti considerazioni hanno indotto un significativo momento di discontinuità che può essere collocato nell'aprile 2015 quando i Ministri finanziari del G20 ed i governatori delle Banche centrali hanno chiesto al *Financial Stability Board*, l'organismo che promuove e monitora la stabilità del sistema finanziario mondiale, di esplicitare come il settore finanziario dovesse tenere conto dei temi legati al cambiamento climatico. Più in particolare, a livello sistemico, si temeva che l'assenza di una adeguata informazione potesse portare ad un *mispicing* degli *asset* e ad una scorretta allocazione del capitale, rendendo quindi i mercati finanziari più vulnerabili a brusche correzioni di valore.

L'FSB ha ritenuto che vi fosse la necessità di supportare gli investitori nel prendere decisioni più consapevoli rispetto agli effetti del cambiamento climatico. Per rendere operative tali considerazioni nel dicembre 2015 è stata costituita la *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD) con l'obiettivo di guidare e incoraggiare le aziende ad allineare le informazioni divulgate alle aspettative e alle esigenze degli investitori. Attualmente la TCFD è composta da 31 esperti del settore provenienti dai diversi paesi del G20 e presieduta da M.R. Bloomberg, il fondatore dell'omonima banca dati finanziaria.

Nel giugno 2017, la TCFD ha reso definitive le proprie raccomandazioni che non costituiscono un elemento di novità in quanto richiamano aspetti e tematiche già noti. Esse però vengono a costituire quello schema standardizzato che mancava per rendere più facile per le imprese comprendere cosa sia rilevante e cosa no e per gli investitori confrontare la *disclosure* fornita da imprese simili.

Prima di procedere nell'analisi delle raccomandazioni, è opportuno ricordare che l'adesione da parte delle imprese è su base volontaria e può riguardare anche una adesione parziale, solamente ad alcune delle undici raccomandazioni.

La TCFD non specifica i documenti nei quali riportare l'informativa che rimane su base volontaria a meno che i singoli paesi non abbiano adottato norme specifiche che ne richiedono

²⁰ Elemento non trascurabile sotto questo profilo è la crescente attenzione degli investitori al volume di emissioni ed al contributo dell'impresa alla riduzione delle stesse che si traduce in una richiesta di disclosure sul punto specifico.

la *disclosure*. Vedremo di seguito però che gli *standard setter* internazionali si sono posti il problema se tali informazioni debbano essere riportate nel bilancio di esercizio.

2.2.1 Le raccomandazioni della TCFD

Le raccomandazioni della TCFD in merito alla *disclosure* da fornire relativamente ai rischi legati al *climate change* possono essere raggruppate in quattro categorie:

1. Governance;
2. Strategia;
3. Gestione dei rischi;
4. Metriche e target.

La figura successiva riporta lo schema di riferimento secondo la TCFD.

Figura 7. Lo schema generale delle raccomandazioni TCFD



Fonte: TCFD, *Final Report*, 2017 pagina 6

L'impostazione adottata dalla TCFD prevede che vi siano alcune raccomandazioni che valgono per tutti i settori ed altre che riguardano soltanto alcuni settori maggiormente impattati.

Le raccomandazioni inerenti la *governance*, e quindi il livello più generale secondo la TCFD, richiedono che:

1. venga esplicitata l'attenzione che il consiglio di amministrazione e i suoi comitati²¹ dedicano ai rischi ed alle opportunità derivanti dal cambiamento climatico (ad esempio la frequenza con la quale riceve rapporti ed informazioni, il peso e la rilevanza di tali aspetti nella definizione delle strategie di imprese, nei documenti previsionali, le modalità di monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi programmati);

²¹ L'*implementation guide* richiede infatti di indicare come il CdA e i suoi comitati considerano i temi del *climate change* nei budget, nei business plan e nelle valutazioni delle acquisizioni. È richiesta altresì la presentazione del livello manageriale e dei comitati a cui sono assegnate responsabilità in termini di *climate change*.

2. vengano descritte le modalità con le quali il Consiglio di Amministrazione valuta e gestisce i rischi e le opportunità legate al *climate change* (ad esempio la responsabilizzazione del management e le relative strutture organizzative).

A livello di strategia, le aziende sono invitate a:

1. render conto degli impatti attuali e potenziali sul business nei termini di rischi ma anche di opportunità legate al cambiamento climatico, la strategia e la pianificazione finanziaria distinguendo cosa si considera rilevante nel breve, medio e lungo termine anche in relazione alla vita utile residua delle immobilizzazioni;
2. descrivere gli impatti sui business per i differenti orizzonti temporali di riferimento²² (ad esempio distinguendo per aree quali prodotti e servizi, *supply chain*, investimenti in R&S, *operations*), sulla strategia e sul *financial planning* (le aree coinvolte sono quelli dei ricavi e dei costi, degli investimenti, delle acquisizioni e dismissioni e dell'accesso alle forme di finanziamento);
3. descrivere la resilienza dell'impresa rispetto ad analisi di simulazione che considerino scenari climatici sfavorevoli (2°C od inferiore).

Per quanto attiene al *risk management*, le società dovrebbero indicare nelle note esplicative le modalità di identificazione, valutazione e gestione dei rischi climatici e descrivere come gli stessi sono integrati nel modello di *risk management* aziendale.

Infine l'ultima area richiede che le aziende forniscano informazioni in merito alle metriche utilizzate per valutare i rischi e per calcolare il proprio impatto, nonché rispetto ai propri obiettivi.

In particolare, relativamente alle metriche la TCFD consiglia di dare evidenza almeno degli indicatori fondamentali che includono quelli relativi ai rischi associati all'acqua, all'energia, all'utilizzo del territorio ed alla gestione dei rifiuti. Le metriche infine dovrebbero essere calcolate e divulgate lungo un periodo temporale sufficiente per coglierne le evoluzioni.

La seconda raccomandazione relativa alle metriche riguarda la *disclosure* delle emissioni di gas (Scope 1, 2 e 3).

Per meglio valutare l'impatto attuale e potenziale dei rischi legati al *climate change*, la TCFD raccomanda l'utilizzo di analisi di scenario che prendano in considerazione differenti trend climatici di lungo periodo.

Attualmente sono pochi i paesi che impongono una informativa obbligatoria ma con ogni probabilità nel prossimo futuro è ragionevole ipotizzare che le normative saranno più restrittive. In tal senso la Nuova Zelanda ed il Regno Unito stanno studiando forme obbligatorie di *disclosure* e l'impianto logico proposto dalla TCFD è incluso nelle nuove linee guida dell'Unione Europea che richiedono maggiore trasparenza da parte delle aziende sulla gestione dei rischi e delle opportunità legate al clima e agli impatti sulle aziende e sulle loro attività.

²² L'implementation guide TCFD richiede anche di riportare come sono assegnate le priorità ai rischi e alle opportunità individuati.

Dallo Status Report 2020 che fornisce indicazioni in merito all'adeguamento delle società alla *disclosure* risulta una crescente attenzione all'informativa in tema di rischi climatici da parte degli investitori istituzionali; nell'ambito dell'iniziativa "Climate Action 100+"²³ più di 500 investitori hanno richiesto agli operatori mondiali con le più elevate emissioni di gas serra di rafforzare la propria disclosure dei rischi climatici, applicando le raccomandazioni TCFD.

La figura successiva mostra la percentuale di adesione alle raccomandazioni su una popolazione di 1.701 imprese appartenenti a diversi settori ed aree geografiche. Nella stessa figura è anche mostrata l'evoluzione che si riscontra a partire dal 2017.

Essa ha evidenziato come circa il 60% delle 100 maggiori società quotate applicano le raccomandazioni TCFD e i settori all'avanguardia in tale processo sono rappresentati dall'"energy" e dall'edilizia e materiali di costruzioni.

All'interno del macro settore "energy" sono state incluse società petrolifere o che utilizzano fonti fossili (carbone), nonché *utilities*, arrivando a definire un segmento comprendente in particolare, 274 società, con valori di ricavi annui oscillanti tra 1 e 377 miliardi, ed un valore mediano di circa 5.

In tutti i 3 anni di osservazioni, le imprese dell'energy hanno evidenziato la più alta percentuale di applicazione delle raccomandazioni TCFD con riguardo a:

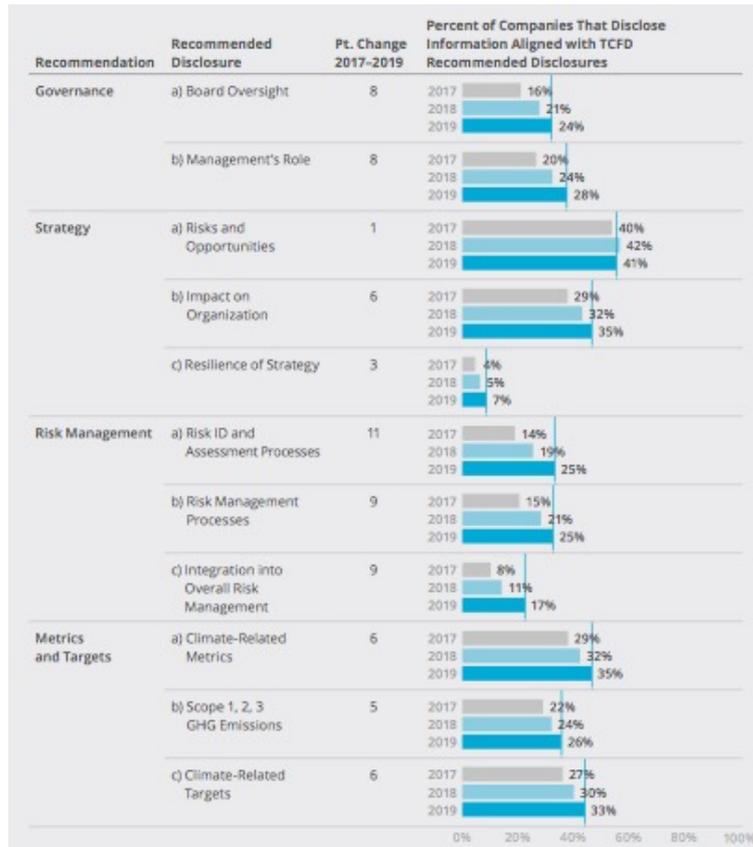
1. rischi ed opportunità connesse al cambiamento climatico, evidenziati dal 65% del campione;
2. impatti dei rischi e delle opportunità connesse al cambiamento climatico sull'impresa, comunicate dal 54% delle imprese esaminate.

Con riguardo infine, agli elementi considerati maggiormente utili nella disclosure dei rischi climatici, il report ha evidenziato:

- 1) per le strategie:
 - a) l'analisi delle modalità attraverso le quali il cambiamento climatico ha inciso sull'attività e le strategie aziendali (con riguardo all'impatto sull'azienda);
 - b) l'identificazione degli impatti significativi del cambiamento climatico per ciascun settore ed area geografica (con riferimento ai rischi ed opportunità derivanti dal cambiamento climatico);
- 2) per le metriche e gli obiettivi:
 - a) la dimensione delle emissioni di gas serra per il periodo recente e su base storica;
 - b) gli obiettivi legati all'emissione di gas serra;
 - c) la tempistica di raggiungimento degli obiettivi legati al cambiamento climatico;
 - d) gli indicatori chiave per valutare il progresso nel raggiungimento degli obiettivi connessi al cambiamento climatico.

²³ "Climate Action 100+" è un'iniziativa guidata da investitori globali volta ad assicurarsi che i principali emittenti mondiali di gas serra assumano tutte le azioni necessarie per contrastare il cambiamento climatico.

Figura 8. L'allineamento alle raccomandazioni della TCFD (2017-2019)



Fonte: TCFD, Status Report 2020, pagina 11

Ai fini di una corretta lettura della Figura 8, si consideri la natura volontaria dell'adesione alle TCFD per cui è possibile che alcune delle raccomandazioni siano state seguite ed altre ignorate.

Le raccomandazioni a) e b) inerenti le strategie sono quelle più seguite mentre la raccomandazione c) è quella che ha trovato maggiore difficoltà di applicazione, probabilmente per i problemi derivanti dalla costruzione di analisi di scenario.

Relativamente alle aree geografiche, si rileva che l'Europa è leader nella disclosure con almeno il 30% delle imprese che seguono le raccomandazioni tranne la c) della strategia (11%)²⁴.

Passando ai settori, la maggiore adesione si riscontra nelle imprese energetiche.

Da una pubblicazione curata da KPMG²⁵ si evince che nel 2019 le imprese italiane che hanno mostrato supporto alla TCFD sono undici e solamente sei seguono le raccomandazioni fornendo le informazioni all'interno della Relazione finanziaria annuale o nel Bilancio di sostenibilità.

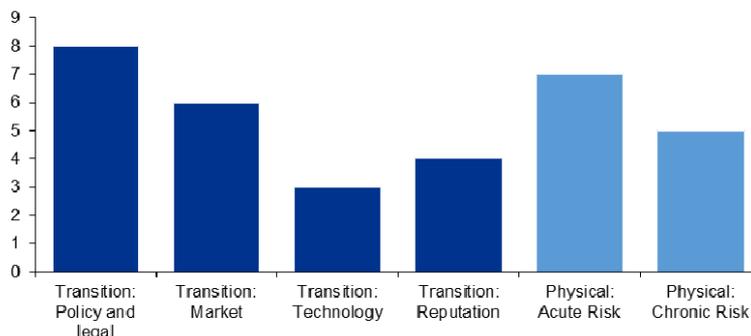
L'analisi di dettaglio delle indicazioni che emergono dal campione delle sei società è poco significativo in quanto troppo limitato, tuttavia è interessante notare che il rischio maggiormente percepito è quello di tipo politico legato all'introduzione di nuove norme o vincoli che limitino

²⁴ Questo dato è confermato anche dai questionari elaborati dal CDP (Carbon Disclosure Project) e relativi ai cambiamenti climatici che mostrano come l'Europa sia leader nell'integrazione dei rischi climatici nella gestione dei rischi aziendali (CFR CDP, Global Climate Change Analysis 2018).

²⁵ KPMG, L'informativa relativa ai rischi climatici: opportunità e rischi per le imprese italiane, dicembre 2019.

l'operatività delle aziende o che ne incrementino i costi operativi. Seguono a breve distanza i rischi fisici sia di tipo acuto legato alla crescente gravità dei fenomeni estremi sia di tipo cronico (contrazione delle precipitazioni nevose, innalzamento della temperatura media e del livello dei mari). È ugualmente percepito il rischio di mercato che include le incertezze sulla futura domanda di energia e sugli impatti finanziari degli sviluppi futuri.

Figura 9. La percezione dei rischi legati al cambiamento climatico per le imprese italiane



Fonte: KPMG, *L'informativa relativa ai rischi climatici: opportunità e rischi per le imprese italiane*, dicembre 2019, pagina 9

2.3 Il ruolo degli standard setter

Un discorso a parte merita il comportamento tenuto dagli *standard setter* a livello internazionale e le indicazioni che sono state fornite alle società relativamente alla rappresentazione in bilancio dei temi legati al cambiamento climatico.

Attualmente nessuno *standard setter* ha emanato uno specifico principio contabile ma sono stati modificati i singoli principi per accogliere aspetti rilevanti legati a questi temi.

Il principale punto di attenzione riguarda l'IFRS Practice Statement n.2. L'IFRS Practice Statement Management Commentary²⁶ definisce il contenuto delle *disclosure* da fornire agli investitori quale parte del processo di comparabilità ed armonizzazione contabile che si sta realizzando nell'ambito dell'adozione dei principi contabili internazionali. In tale senso il Practice Statement non è uno standard vero e proprio ma una linea guida: un'impresa *IFRS adopter* può applicare il Practice Statement nella preparazione del *management commentary* mentre l'adozione obbligatoria della linea guida è demandata alla legislazione dei Paesi che consentono o impongono l'utilizzo dei principi contabili internazionali²⁷.

In particolare il Practice Statement n. 2 supporta il management di una società nella presentazione delle informazioni rilevanti agli investitori ed ai creditori in genere ai fini della valutazione delle decisioni di investimento nella stessa società. Per quanto come notato sopra il Practice Statement non sia obbligatorio per gli *IFRS adopter*, è pur vero che la rilevanza è un principio "pervasivo" degli IFRS e quindi di generale applicazione. Tale principio, contenuto nel Conceptual Framework e nello IAS 1, definisce rilevante quell'informazione che, se omessa

²⁶ Il Management Commentary è un documento redatto dagli amministratori che accompagna il bilancio al fine di migliorare la comprensione dei dati che vi sono contenuti. È assimilabile alla Relazione di gestione, pur con contenuti e modalità di redazione in parte non sovrapponibili.

²⁷ G. Bendotti, IFRS Practice Statement Management Commentary: profili teorici, finalità, caratteristiche, contenuto, Università degli Studi di Brescia, Paper n.128, ottobre 2012.

o non correttamente rappresentata, potrebbe influenzare le decisioni che gli utilizzatori del bilancio prendono sulla base di quanto vi è riportato. In altri termini, secondo i principi contabili internazionali la rilevanza deve essere valutata rispetto all'influenza sulle decisioni dei terzi interessati e non a fattori interni aziendali.

Il Practice Statement n. 2 definisce poi il seguente processo in quattro fasi per valutare la rilevanza di una informazione:

- Fase 1. *La società identifica le informazioni potenzialmente rilevanti.* Dovranno essere considerate le indicazioni degli IFRS relative alle proprie operazioni, altri fatti e condizioni e le necessità informative degli utilizzatori primari del bilancio.
- Fase 2. *La società valuta successivamente se l'informazione selezionata è rilevante.* Nel compiere questa valutazione, la società deve tenere conto di fattori quantitativi e qualitativi. Il Practice Statement n. 2 nota che la presenza di un fattore qualitativo riduce la soglia per la valutazione quantitativa. La soglia può anche essere pari a zero se una informazione può essere ragionevolmente ritenuta rilevante per gli utilizzatori primari a prescindere dalla dimensione.
- Fase 3. *A seguire, la società organizza le informazioni all'interno della relazione finanziaria in bozza in modo chiaro e sintetico.* Il Practice Statement n. 2 evidenzia i seguenti punti di attenzione:
 - a. Dare enfasi agli aspetti rilevanti;
 - b. Adattare le informazioni alle peculiarità dell'impresa;
 - c. Descrivere le operazioni della società, gli altri eventi e condizioni nel modo più semplice possibile;
 - d. Sottolineare le relazioni esistenti tra le informazioni fornite;
 - e. Fornire le informazioni nel formato più appropriato;
 - f. Fornire le informazioni in modo da agevolare, per quanto possibile, la comparabilità con imprese simili;
 - g. Eliminare o minimizzare la duplicazione o ripetizione di informazioni;
 - h. Sincerarsi che le informazioni rilevanti non siano oscurate da quelle irrilevanti.
- Fase 4. *Nella fase più importante, la società rivede la bozza e valuta le informazioni fornite in modo complessivo.* E' necessario valutare la rilevanza delle informazioni considerate singolarmente e in combinazione con le altre. Questa valutazione finale può indurre ad aggiungere ulteriori informazioni o ad eliminarne altre oppure ancora ad aggregare, disaggregare o riorganizzare le informazioni.

Nell'aprile 2019, con una pubblicazione congiunta l'Australian Accounting Standards Board (AASB) e l'Auditing and Assurance Standards Board (AUASB) hanno reso pubblico un bollettino congiunto proprio sul tema della *disclosure* dei rischi emergenti dal cambiamento climatico da leggersi alla luce di quanto previsto dal Practice Statement n. 2. Traendo spunto dalle dichiarazioni degli investitori in merito all'importanza dei rischi legati al cambiamento climatico nel *decision making*, i due enti ritengono che questi aspetti non debbano più essere "confinati" a temi di *corporate social responsibility* ma debbano invece essere parte integrante della relazione finanziaria di una società. Ad esempio, il non considerare rischi specifici legati al cambiamento climatico per una impresa operante in un settore potenzialmente impattato,

potrebbe richiedere una *disclosure* da fornire ai terzi in merito alle motivazioni che hanno indotto tale decisione.

Ne deriva la raccomandazione alle società, in sede di redazione della Relazione finanziaria, di tenere conto del Practice Statement n. 2 con riferimento specifico ai rischi derivanti dal *climate change*.

Il processo che deve portare al riconoscimento delle informazioni rilevanti è riportato nella Figura 10.

Il modello di analisi descritto nella figura parte dalle ragionevoli aspettative degli investitori in merito all'esposizione ai rischi²⁸ legati al cambiamento climatico di una società ed in particolare al tema, già individuato nella fase 4 del Practice Statement n. 2, che vi siano fattori qualitativi che acquisiscono importanza indipendentemente dall'impatto quantitativo.

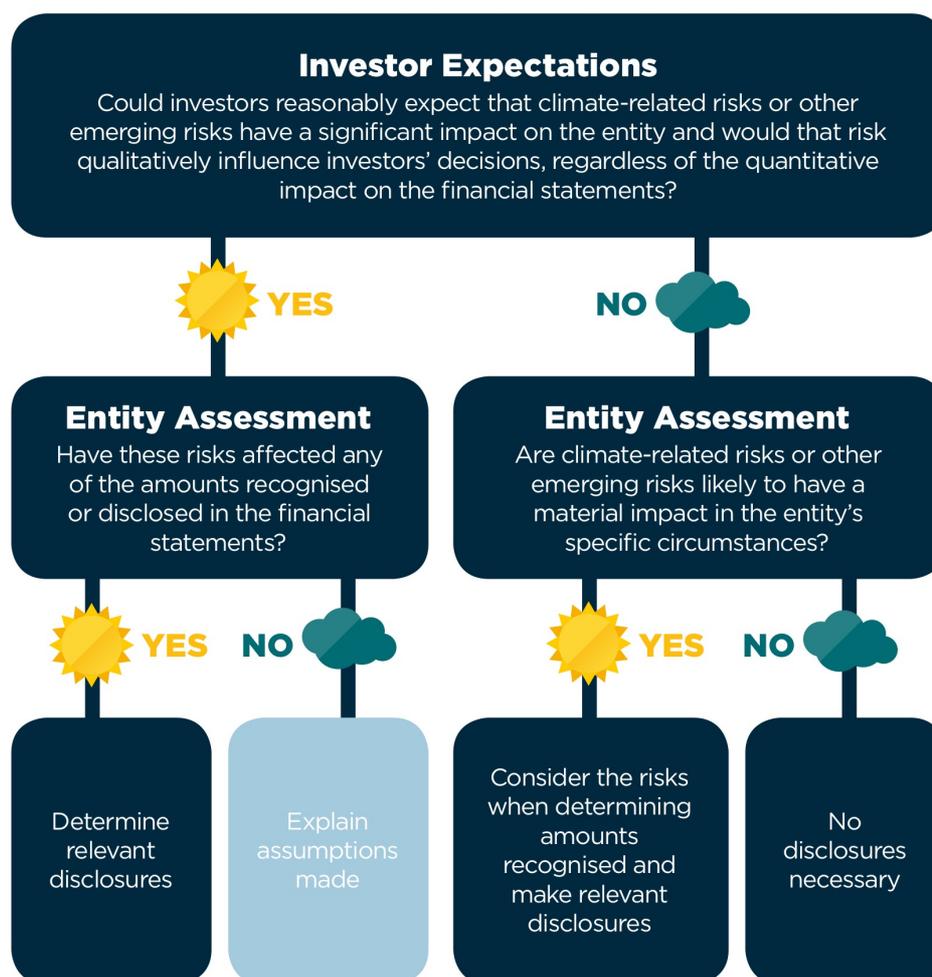
Al secondo livello, le valutazioni che deve compiere la società sono di due tipi.

Il primo riguarda gli effetti che tali rischi hanno avuto sul bilancio e che sono stati analizzati nel precedente capitolo. Se vi sono stati effetti è necessario fornire una adeguata *disclosure* che diviene rilevante per gli utilizzatori del bilancio. In caso contrario dovranno essere spiegate le ipotesi alla base delle valutazioni effettuate.

Il secondo tipo di valutazione si riferisce invece alla probabilità che i rischi legati al *climate change* possano in futuro avere un impatto rilevante sulle attività della società. In caso affermativo il rischio dovrà essere considerato nelle stime e nelle valutazioni di bilancio e dovrà essere fornita una adeguata *disclosure*. In caso contrario l'informazione non è rilevante e non dovrà essere fornita.

²⁸ Per quanto, come si è già visto nel primo capitolo e si vedrà ancora in seguito, oltre a rischi, il cambiamento climatico possa anche generare opportunità, il modello guarda a quei rischi che, potenzialmente non esplicitati nei modelli di valutazione, possano invece influire negativamente sul valore.

Figura 10. Le considerazioni inerenti la rilevanza dei rischi legati al climate change



Fonte: AASB, AUASB, *Climate-related and other emerging risks disclosures: assessing financial statement materiality using AASB/IASB Practice Statement 2*, april 2019

La risposta dello IASB ha assunto toni meno perentori rispetto allo *standard setter* australiano.

Nel novembre 2019 in un breve articolo di Nick Anderson, membro dello IASB, pubblicato su IFRS²⁹, viene affrontato il tema oggetto del bollettino congiunto di AASB e di AUASB.

L'articolo non presenta particolari aspetti innovativi rispetto a quanto già descritto ma rimane il primo riferimento "ufficiale" dello IASB sul punto per cui è opportuno esaminarlo pur se in breve.

Il primo passaggio riguarda la valutazione della rilevanza delle informazioni con riferimento al Practice Statement n. 2 già analizzato in precedenza.

Il secondo punto esamina le modalità applicative del giudizio di rilevanza ai rischi legati al cambiamento climatico, richiamando molte delle considerazioni già espresse da AASB e da AUASB e replicandone il modello interpretativo presentato in Figura 10.

²⁹ N. Anderson, *IFRS Standards and Climate-related Disclosures: Assessing financial statement materiality*, IFRS Bulletin, november 2019.

In sintesi, Anderson sostiene che, nella preparazione della relazione finanziaria annuale, “le società IFRS adopter dovrebbero considerare:

- se gli investitori potrebbero ragionevolmente aspettarsi che i rischi emergenti, inclusi quelli legati al cambiamento climatico, possano influenzare i valori e le informazioni qualitative riportate nel bilancio. Gli investitori hanno infatti indicato l'importanza di tali rischi;
- quali informazioni relative agli effetti di tali rischi, inclusi quelli legati al cambiamento climatico, sulle ipotesi contenute nel bilancio siano rilevanti, e quindi da riportare nelle note esplicative”³⁰.

L'elenco riportato successivamente da Anderson richiama le valutazioni e stime di bilancio che possono essere impattate dal cambiamento climatico, facendo puntuale riferimento al bollettino congiunto di AASB e di AUASB.

I temi più critici vengono riassunti nei seguenti:

1. *Impairment test* delle immobilizzazioni ed in particolare dell'avviamento;
2. Cambiamenti nella vita utile degli *asset*;
3. Variazioni nel *fair value* degli *asset*;
4. Accantonamenti a fondi a fronte di rischi derivanti da contratti onerosi a causa dell'incremento dei costi e/o della contrazione della domanda;
5. Accantonamenti a fondi a fronte di passività per probabili penali.

L'Autore evidenzia successivamente che il *Practice Statement* non è obbligatorio per le società che seguono gli IFRS ma è invece necessario esprimere un giudizio sulla rilevanza dei valori rappresentati in bilancio e delle informazioni contenute nelle note esplicative.

In tal senso le considerazioni relative alla rilevanza e fino ad ora esaminate riguardano esclusivamente la Relazione finanziaria annuale e devono essere intese nel senso che la carenza di informazioni *rilevanti* relative ai rischi legati al cambiamento climatico implica il mancato rispetto dei principi contabili e quindi è rilevabile dal revisore del bilancio. Il fatto che le informazioni siano riportate in altri documenti quali il bilancio di sostenibilità non sana la carenza del bilancio di esercizio.

Viene infine richiamato il tema della rilevanza di tipo qualitativo e quantitativo da valutare con riferimento alle raccomandazioni della FCFD già esaminate in dettaglio.

Il *paper* si chiude raccomandando l'utilizzo del Management Commentary (non obbligatorio) per fornire ulteriori informazioni che potrebbero essere utili ai “*primary users*” del bilancio.

A completamento del lavoro di Anderson, nel novembre 2020 è stato pubblicato dallo IASB un nuovo documento con l'obiettivo di supportare l'applicazione operativa da parte delle imprese IFRS adopter di quanto descritto sopra³¹. Alcune delle indicazioni contenute nel documento richiamano il bollettino congiunto degli standard setter australiani e sono già state discusse nel precedente capitolo, altre invece saranno oggetto di approfondimento nel terzo capitolo.

³⁰ N. Anderson, op. cit., pagina 3.

³¹ *Effects of climate-related matters on financial statements*, IFRS, November 2020.

2.4 La disclosure nei bilanci redatti seguendo i principi contabili italiani

Le considerazioni sviluppate in questo capitolo hanno riguardato differenti sistemi di principi contabili, oltre alle raccomandazioni della TCFD che non è nemmeno uno *standard setter*.

Si pone allora il problema di comprendere a quali obblighi informativi sono sottoposte le imprese che redigono il bilancio di esercizio (e/o il bilancio consolidato) secondo le norme del codice civile e i principi contabili emanati dall'Organismo Italiano di Contabilità (OIC).

L'art. 2423 codice civile comma 4 prevede che *“non occorre rispettare gli obblighi in tema di rilevazione, valutazione, presentazione e informativa quando la loro osservanza abbia effetti irrilevanti al fine di dare una rappresentazione veritiera e corretta. Rimangono fermi gli obblighi in tema di regolare tenuta delle scritture contabili. Le società illustrano nella nota integrativa i criteri con i quali hanno dato attuazione alla presente disposizione”*.

Il principio contabile OIC 11, Finalità e postulati del bilancio di esercizio ricorda che quello della rilevanza è un postulato di bilancio e che è *“rilevante lo stato dell'informazione quando la sua omissione o errata indicazione potrebbe ragionevolmente influenzare le decisioni prese dagli utilizzatori sulla base del bilancio dell'impresa. La rilevanza delle singole voci è giudicata nel contesto di altre voci analoghe”*. Ed ancora: *“Rispetto a tale definizione, gli elementi interpretativi sono rappresentati:*

- *dall'individuazione degli utilizzatori “primari” dell'informazione di bilancio [...];*
- *dal riferimento alla rilevanza degli elementi che compongono le voci di bilancio rispetto al bilancio nel suo complesso, e non al contesto delle voci analoghe. Questa scelta è dovuta al fatto che non appare chiaro il riferimento alle altre voci analoghe nella formulazione della Direttiva. In tal modo il redattore del bilancio valuta la rilevanza del singolo elemento con riferimento al bilancio nel suo insieme, e non alla sua rilevanza all'interno di una singola voce”*.

Il quadro che emerge dalla lettura congiunta del riferimento normativo e delle indicazioni dei principi contabili non è dissimile da quanto esaminato fino ad ora. Le informazioni come anche la rilevazione, la valutazione e la presentazione in bilancio, se irrilevanti possono essere omesse ma la mancata rappresentazione di informazioni rilevanti secondo la definizione di OIC 11 (molto simile a quella contenuta nello IAS 1, esaminata in precedenza) costituisce il venir meno ad obbligo normativo la cui applicazione operativa è declinata nei principi contabili.

Le società italiane, tenute alla redazione del bilancio ordinario, indipendentemente dal fatto che redigano il bilancio in conformità ai principi contabili nazionali (OIC) o ai principi contabili internazionali (IAS/IFRS), devono predisporre la Relazione di gestione come prevista dall'art. 2428 codice civile.

Al primo comma di tale articolo è previsto che sia fornita *“una descrizione dei principali rischi e incertezze cui la società è esposta”* mentre il secondo comma richiama esplicitamente tra gli indicatori di risultato di tipo non finanziario quelli relativi all'ambiente ed al personale.

Il più recente documento di prassi in merito alle modalità di redazione della Relazione di gestione redatto dal Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti ed Esperti Contabili (CNDCEC) e da Confindustria nel giugno 2018 declina operativamente le informazioni da fornire nel seguente modo:

“In linea generale, devono essere inseriti e descritti i rischi che presentano un impatto significativo, un’alta probabilità di accadimento e tali da incidere significativamente sull’attività dell’impresa, ulteriori rischi possono essere descritti se il loro inserimento fornisce informazioni utili al lettore del bilancio. In altri termini, devono essere oggetto di analisi soltanto eventuali rischi specifici corsi dalla società, diversi da tutti quei fenomeni connessi con la sua natura d’impresa: non si devono descrivere i rischi ordinari che corrono tutte le società in quanto tali, ovvero le società operanti in quel particolare settore”³².

I rischi vengono poi suddivisi in interni ed esterni e tra questi ultimi vengono citati: *“gli eventi esogeni all’azienda quali la competizione, il contesto socio- economico e geo-politico, crescenti esigenze della clientela, il contesto normativo e regolamentare, gli eventi naturali”*.

Ben si comprende come i rischi legati al cambiamento climatico rientrino senza alcun dubbio in questa categoria.

Ulteriori e più esplicite le richieste di *disclosure* previste dal D. Lgs. 254/2016 che ha introdotto a partire dal 1 gennaio 2017 l’obbligo per gli enti di interesse pubblico e per i gruppi di grandi dimensioni³³ di redigere e depositare presso il Registro delle Imprese la Dichiarazione individuale di carattere non finanziario come descritta dall’art. 3 del predetto decreto. Per quanto attiene ai temi qui rilevanti:

- *al primo comma lettera c) dell’art. 3 è previsto che debbano essere riportati i principali rischi relativi ai temi ambientali, sociali, attinenti al personale, al rispetto dei diritti umani, alla lotta contro la corruzione;*
- *al secondo comma lettere a) e b) si richiede una informativa relativa all’utilizzo delle fonti energetiche, distinguendo tra quelle rinnovabili e non rinnovabili, e l’impiego delle fonti idriche nonché l’indicazione delle emissioni di gas ad effetto serra e delle emissioni inquinanti in atmosfera.*

Ai soggetti tenuti a fornire l’informativa si lascia libertà di scelta se integrare le informazioni nella Relazione di gestione o se invece depositare un documento autonomo.

Ne deriva quindi che l’obbligo di fornire informazioni relative agli effetti sul bilancio del cambiamento climatico che acquisiscano rilevanza per gli utilizzatori primari del bilancio (investitori e creditori) si estende a tutte le società italiane e riguarderà tipicamente la Relazione di gestione.

Tale obbligo è da intendersi tanto più stringente quanto più gli utilizzatori primari del bilancio possano attendersi che il cambiamento climatico impatti in maniera rilevante e quanto più la governance della società sia pubblica oppure riguardi settori ed attività particolarmente impattate dal cambiamento climatico.

³² CNDCEC, Confindustria, Relazione sulla gestione, giugno 2018, pagina 13.

³³ Per enti di diritto pubblico si intendono, ai sensi dell’art. 16 comma 1 D. Lgs. 39/2010 le società quotate (e emittenti strumenti finanziari diffusi), le banche, le imprese di assicurazione e riassicurazione, le società di gestione dei mercati regolamentati e dei sistemi di compensazione e garanzia, le società di intermediazione mobiliare e di gestione accentrata del risparmio oltre agli intermediari di cui all’art. 107 TUB.

I gruppi di grandi dimensioni sono quelli che hanno dipendenti consolidati maggiori di 500 ed il cui bilancio consolidato superi alternativamente 20 milioni di euro di attivo o 40 milioni di euro di ricavi.

In questo senso, una società con uno o più enti locali nell'azionariato e che possiede *asset* quali ad esempio le reti idriche o di distribuzione del gas che hanno una vita utile residua molto lunga e potenzialmente esposta ai rischi dei quali stiamo trattando, dovrà preoccuparsi più di altre di valutare la rilevanza della *disclosure* per i propri utilizzatori primari (ad esempio le banche finanziatrici).

Lo schema generale previsto dalla TCFD, eventualmente filtrato secondo il modello sviluppato dagli standard setter australiani, può essere un utile riferimento anche per società che non applicano i principi contabili internazionali.

2.5 Considerazioni di sintesi e conclusive

La trattazione degli obblighi di *disclosure* degli effetti dei cambiamenti climatici, al netto della eterogeneità che deriva dalla molteplicità di fonti con finalità ed obiettivi diversi, può essere sintetizzata nei seguenti punti:

1. Gli effetti del cambiamento climatico sul bilancio sono già evidenti e comportano molteplici rischi ed opportunità potenziali che al momento sono di più difficile quantificazione;
2. Gli investitori in capitale di rischio e di debito premono perché le società forniscano una maggiore *disclosure* circa l'esposizione a tali rischi;
3. Le normative in vigore nei diversi paesi sono eterogenee per cui le modalità di *disclosure* sono disorganiche e rendono difficile la comparazione tra imprese simili;
4. Per ovviare a queste criticità è stata costituita presso il Financial Stability Board la Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) che nel 2017 ha emanato 11 raccomandazioni che suddividono la *disclosure* in quattro categorie: governance, strategie, *risk management* e metriche ed obiettivi. L'adesione alle raccomandazioni è volontaria e al momento sono circa 1.500 le imprese a livello internazionale che le seguono. Sono in prevalenza grandi imprese, europee ed appartenenti ai settori energetico, delle costruzioni e alimentare;
5. La TCFD non ha definito i documenti specifici nei quali fornire l'informativa, lasciando libertà alle società nei limiti delle singole normative nazionali;
6. Attualmente nessuno *standard setter* ha emanato un principio contabile dedicato specificamente alla *disclosure* dell'impatto dei rischi derivanti dal cambiamento climatico. L'Australian Accounting Standards Board (AASB) e l'Auditing and Assurance Standards Board (AUASB) hanno però pubblicato un bollettino congiunto nel quale riconducono la *disclosure* all'obbligo di fornire tutte le informazioni rilevanti per gli utilizzatori primari del bilancio come previsto dallo IAS 1 e, relativamente all'applicazione operativa, approfondito dal Practice Statement n. 2;
7. Lo IASB si è allineato alla posizione degli standard setter australiani;
8. Le società italiane che non applicano gli IFRS hanno comunque l'obbligo di fornire le informazioni rilevanti per gli utilizzatori primari del bilancio (OIC 11). In aggiunta le società che hanno obbligo di redigere la Relazione di gestione dovranno fornire una

descrizione dei rischi e delle incertezze che si estende sicuramente a quelli derivanti dal cambiamento climatico.

All'interno di questo schema dovremo attenderci che i bilanci saranno in futuro molto più ricchi di indicazioni circa gli impatti del cambiamento climatico come descritti nel primo capitolo. Tale *disclosure* riguarderà:

1. le assunzioni alla base delle stime e valutazioni specifiche di bilancio (si pensi ad esempio alla vita utile residua dei beni od alle valutazioni di impairment delle immobilizzazioni materiali, immateriali e dell'avviamento);
2. considerazioni di ordine generale che riguardano l'intera azienda se operante in settori particolarmente esposti ai rischi da cambiamento climatico.

3. L'effetto dei cambiamenti climatici sulle valutazioni di *impairment*

Nel precedente capitolo si è trattato della *disclosure* che deve essere fornita con riferimento all'impatto corrente del cambiamento climatico sul bilancio e quindi ancorandosi allo scenario attuale ma può essere necessario confrontarsi con scenari prospettici.

E' questo il caso tipico delle immobilizzazioni che pongono due grandi problemi legati al cambiamento del clima:

1. la revisione della stima della vita utile che i principi contabili (IAS 16 n. 51 e OIC 16 n. 70) vogliono sia effettuata alla chiusura di ogni esercizio;
2. la valutazione del valore recuperabile all'interno di un *impairment test* che in alcuni casi può essere effettuato solo in presenza di indicatori di perdita di valore durevoli ma in altri (ad esempio l'avviamento per le società IFRS adopter) deve essere effettuato alla chiusura di ogni esercizio.

Quando la vita residua di tali *asset* supera il decennio – e non è caso infrequente per i settori qui rilevanti – il confronto con scenari di lungo periodo è ineludibile. In altri termini, il bilancio di esercizio è impattato sia relativamente ai risultati correnti confrontando ricavi e costi incrementali da *climate change* sia indirettamente per l'impatto sul valore della proiezione nel tempo degli effetti correnti.

In tale contesto ben si comprende il legame tra questi aspetti e possibili scenari alternativi, in particolare per quanto attiene alla delineazione dei possibili trend climatici.

Il primo aspetto tra quelli evidenziati sopra (stima della vita utile) è già stato oggetto di esame nel primo capitolo, il secondo aspetto costituisce invece oggetto di approfondimento in questo capitolo.

In chiusura di capitolo trova spazio, pur se in breve, l'estensione delle considerazioni relative alle valutazioni di *impairment* ai nuovi investimenti.

3.1 L'*impairment test* delle immobilizzazioni secondo i principi contabili internazionali

Le valutazioni di *impairment* rispondono all'esigenza di evitare che le immobilizzazioni vengano rappresentate in bilancio ad un valore superiore a quello recuperabile con ciò portando ad un valore del patrimonio netto non rappresentativo della effettiva sostanza economica.

L'*impairment test* non è altro che il confronto tra il valore di bilancio di una immobilizzazione ed il suo valore recuperabile: se il secondo è superiore al primo il test è superato, in caso contrario l'immobilizzazione dovrà essere svalutata per la differenza.

3.1.1. Aspetti definitivi e condizioni per l'impairment test secondo IAS 36

Le modalità applicative delle valutazioni di *impairment* sono regolate dal principio contabile IAS 36³⁴ che definisce il valore recuperabile di una immobilizzazione come il maggiore tra il fair value di un'attività, dedotti i costi di vendita, e il proprio valore d'uso.

Il fair value viene definito dall'IFRS 13 "come il prezzo che si percepirebbe per la vendita di un'attività ovvero che si pagherebbe per il trasferimento di una passività in una regolare operazione tra operatori di mercato alla data di valutazione".

Il valore d'uso è da intendere come l'insieme dei benefici che la società potrà ottenere in futuro dall'attività. In altri termini, il *fair value* esprime il valore generale ottenibile in ipotesi di cessione dell'attività sul mercato a condizioni normali mentre il valore d'uso indica quanto vale l'attività per la specifica società in ragione del suo modello di business, dell'organizzazione delle attività produttive e delle aspettative ragionevoli di mercato.

La verifica della recuperabilità del valore:

1. deve essere effettuata annualmente per tutte le attività che hanno una vita utile indefinita e per l'avviamento;
2. per tutte le altre attività immobilizzate si rende necessaria solamente ove ricorrano uno o più indicatori di potenziale perdita di valore.

Lo IAS 36 n. 12 fornisce le indicazioni minime che ogni società dovrà considerare al fine di valutare la potenziale perdita di valore. Tali indicazioni si riferiscono a:

1. fonti informative esterne;
2. fonti informative interne.

Sono da considerare con riferimento alla prima categoria:

1. la riduzione del valore di mercato dell'attività in misura maggiore di quanto fosse ipotizzabile per il passare del tempo o con il normale uso del bene;
2. il verificarsi nell'esercizio in chiusura (o la previsione che si verifichino) dei cambiamenti ambientali sfavorevoli per la società (ad esempio di mercato, tecnologici, normativi) e potenzialmente in grado di ridurre il valore d'uso dell'attività;
3. l'incremento dei tassi di interesse che porta ad un incremento dei tassi di attualizzazione dei flussi e quindi ad una riduzione del valore d'uso;
4. l'evidenza che il valore contabile dell'attivo netto dell'entità sia superiore alla sua capitalizzazione di mercato.

Il verificarsi delle indicazioni di perdita di valore riportate nei precedenti quattro punti indica fattori indipendenti dalle scelte e dalle politiche della società e quindi comporta una generalizzata necessità di sottoporre ad *impairment test* le immobilizzazioni che può riguardare tutte le società all'interno di un sistema economico (un brusco e significativo rialzo dei tassi di

³⁴ Si precisa che il principio contabile IAS 36 deve essere applicato anche per beni in concessione. In tal senso l'IFRIC 12 *Accordi per servizi in concessione* prevede che per i beni in concessione si debba applicare il principio IAS n.38 *Attività immateriali* che prevede che per la valutazione delle perdite durevoli di valore l'applicazione dello IAS 36.

interesse) oppure solamente quelle appartenenti ad uno specifico settore (cambiamenti normativi con significativo impatto negativo).

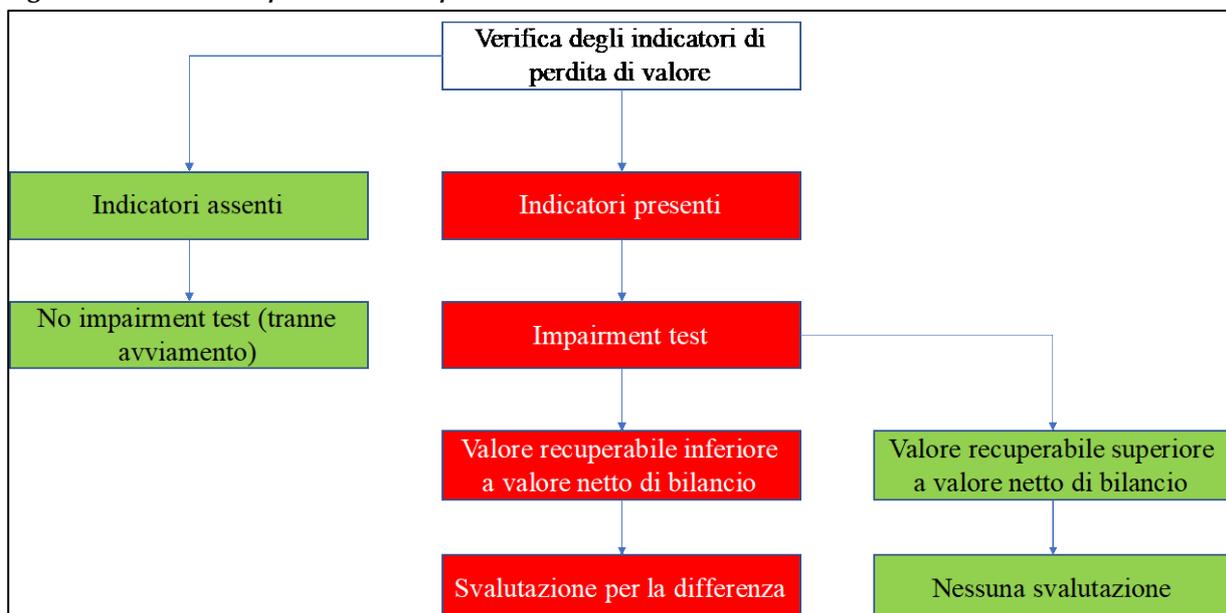
Le indicazioni di perdita di valore delle immobilizzazioni di tipo interno riguardano invece:

1. l'evidenza del deterioramento fisico oppure l'obsolescenza (tipicamente quella economica di un impianto con tecnologia superata) di una attività e tale quindi da ridurre drasticamente il fair value ma probabilmente anche il valore d'uso comportando ad esempio inefficienze rispetto ai concorrenti dotati di tecnologie più aggiornate;
2. significativi cambiamenti negativi per la società riguardo le modalità di utilizzo dell'attività verificatisi nel corso dell'esercizio (o si prevede che si verifichino). Ne sono esempi la dismissione anticipata dell'attività o la cessione dell'intero ramo d'azienda, la ridefinizione della vita utile;
3. la risultanza dall'informativa interna di un andamento economico dell'attività peggiore del previsto.

Si può osservare che per alcune delle indicazioni riportate ancora rilevano cambiamenti di natura ambientale e quindi esterna ma in questo caso l'impatto sul valore delle attività dipende dalle scelte che la società prende in risposta a tale cambiamento. L'affermarsi di una nuova tecnologia o l'evidenza che si rendono necessari adeguamenti od integrazioni alle tecnologie esistenti è un fattore esterno che porta ad una riduzione di valore delle immobilizzazioni quando la società non interviene e mantiene una tecnologia superata.

Altre indicazioni riguardano invece decisioni esclusivamente interne (dismissione anticipata dell'attività) oppure l'andamento dell'impresa nel suo complesso che si può tradurre in una perdita di valore di tutti i beni che costituiscono il complesso aziendale.

Figura 11. Schema del processo di impairment test



Dalla Figura 11 si evince che l'*impairment test* non è sempre necessario in chiusura di ogni esercizio ma solamente quando ricorre uno o più indicatori tra quelli riportati sopra. L'unica

eccezione è costituita, come detto, dall'avviamento e dalle altre attività a vita indefinita che, non essendo soggette ad ammortamento, dovranno sempre essere sottoposte ad *impairment test*.

Dopo avere stimato il valore recuperabile secondo le modalità che verranno dettagliate nel prossimo paragrafo, esso dovrà essere confrontato con il valore netto di bilancio dell'*asset* e la svalutazione si renderà necessaria solamente per la parte eccedente il valore recuperabile.

3.1.2 La stima del valore recuperabile

Il valore recuperabile è il maggiore tra il fair value e il valore d'uso per cui potrebbe non essere necessario stimare entrambi ove dovesse risultare che uno dei essi sia maggiore del valore contabile: in tal caso infatti non si rende necessaria alcuna svalutazione.

Nella pratica, è assai frequente che la prima verifica riguardi il fair value che, con riferimento ai beni materiali ed immateriali con un mercato in grado di esprimere prezzi significativi, è di stima più agevole.

Lo IAS 36 fornisce le seguenti indicazioni per tale stima:

1. *“La migliore evidenza del fair value di un'attività è il prezzo pattuito in un accordo vincolante di vendita stabilito in una libera transazione o il prezzo di mercato in un mercato attivo”.* Andranno però dedotti i costi previsti di vendita (n. 25);
2. *“Se non esiste un accordo vincolante di vendita né alcun mercato attivo per un'attività, il fair value è determinato in base alle migliori informazioni disponibili per riflettere l'ammontare che la società potrebbe ottenere, alla data di riferimento del bilancio, dalla vendita dell'attività in una libera transazione tra parti consapevoli e disponibili. Nel determinare tale ammontare, la società considera il risultato di recenti transazioni per attività similari effettuate all'interno dello stesso settore industriale”* (Ias 36 n. 26-7). Anche in questo caso, andranno dedotti i costi previsti di vendita.

Da tali indicazioni deriva quindi che il *fair value*, ove non si preveda la cessione dell'attività, possa essere stimato ricorrendo al prezzo in un mercato attivo (ad esempio per immobili o automezzi) oppure ricorrendo a recenti transazioni per attività comparabili.

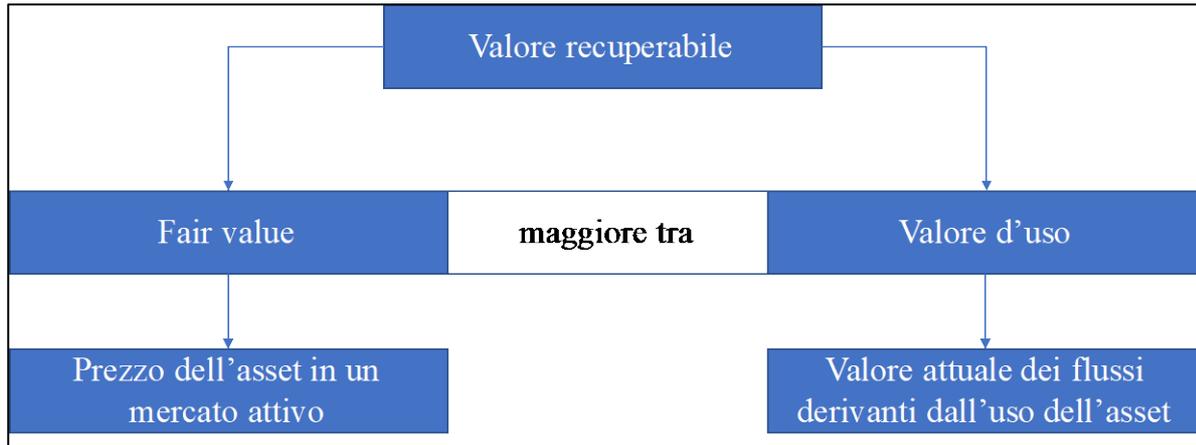
Vi sono tuttavia molte tipologie di immobilizzazioni per le quali il ricorso al *fair value* è difficoltoso (ad esempio impianti specifici prodotti internamente) se non impossibile (si pensi all'avviamento).

In tali casi, si dovranno applicare le indicazioni per la stima del *fair value* contenute nell'Appendice B – Guida Operativa dell'IFRS 13 che riporta i metodi di valutazione del *fair value* che non si discostano in maniera significativa dai consueti metodi di valutazione di un *asset*.

Quando la stima del *fair value* diviene difficile per l'assenza di riferimenti di mercato si dovrà procedere con la stima del valore d'uso.

Lo IAS 36 interpreta il valore d'uso come il contributo alla ricchezza della società che viene prodotto dall'utilizzazione dell'attività e quindi viene a coincidere con il valore attuale dei flussi futuri che si prevede verranno generati dall'attività stessa.

Figura 12. Determinanti del valore recuperabile



Il processo di stima del valore d'uso è più articolato rispetto a quello del *fair value* e si declina nelle seguenti fasi:

1. stima dei flussi finanziari futuri netti che deriveranno dall'uso continuativo dell'attività;
2. stima dei flussi che deriveranno dalla dismissione;
3. attualizzazione dei flussi ad un tasso appropriato con riferimento al valore finanziario del tempo ed al prezzo del rischio implicito nelle previsioni dei flussi.

Nella costruzione dei flussi la società dovrà basare le proprie proiezioni su presupposti ragionevoli e dimostrabili in grado di rappresentare la migliore stima effettuabile da parte della direzione aziendale di una serie di condizioni economiche che esisteranno lungo la restante vita utile dell'attività. Maggior peso deve essere dato alle evidenze provenienti dall'esterno.

L'orizzonte temporale massimo di stima dei flussi è di cinque anni (solitamente coincidente con l'orizzonte massimo del piano industriale); sono ammissibili orizzonti più lunghi ma l'estensione deve essere giustificabile (ad esempio per le attività che hanno una vita molto lunga).

I flussi si basano sui piani pluriennali disponibili. Se il periodo coperto dal piano è inferiore a quello di stima dei flussi, si possono estendere i flussi utilizzando un tasso di crescita stabile, in diminuzione od anche nullo o negativo. Un tasso crescente deve essere giustificato e trova una limitazione nel tasso di crescita a lungo termine della produzione, dei settori industriali, del Paese o dei Paesi in cui l'entità opera, o del mercato nel quale il bene utilizzato è inserito, salvo che un tasso superiore possa essere giustificato.

Nella costruzione dei flussi finanziari si devono:

1. includere i flussi in entrata previsti dall'uso continuativo dell'attività, tipicamente riconducibili all'incasso dei ricavi attesi;
2. includere i relativi flussi in uscita riconducibili ai costi comprensivi di quelli necessari per rendere l'attività utilizzabile, della manutenzione ordinaria e delle spese generali future;

3. includere i flussi derivanti dalla dismissione dell'attività alla fine della sua vita utile, qualora esistano;
4. escludere eventuali flussi finanziari in entrata o in uscita futuri derivanti da future ristrutturazioni o miglioramenti (per le quali la società non si è ancora impegnata) o ottimizzazioni dell'andamento dell'attività;
5. escludere i flussi in entrata ed in uscita derivanti da attività di finanziamento;
6. escludere i pagamenti ed i rimborsi di natura tributaria.

Risulta evidente che, dovendosi stimare flussi monetari e non flussi di reddito, i piani non potranno limitarsi alla sola componente economica ma dovranno essere dei veri e propri bilanci previsionali completi di stato patrimoniale, conto economico e rendiconto finanziario.

La necessità di attribuire all'attività una quota parte dei flussi complessivi richiede che i piani siano sufficientemente dettagliati.

Può darsi il caso che non sia possibile enucleare il contributo in termini di flussi finanziari dell'attività da sottoporre ad *impairment*, tipicamente perché la stessa non può essere considerata in modo autonomo ma unitamente ad altre attività che congiuntamente producono i flussi attesi.

L'insieme delle attività costituisce una unità generatrice di flussi (CGU) che viene definita come il più piccolo gruppo identificabile di attività che include quella oggetto di valutazione, in grado di generare flussi indipendenti dalle altre attività.

Il tema centrale è quello dell'indipendenza e, tranne poche situazioni, non è ragionevole ipotizzare che un'attività (ad esempio un impianto) sia in grado di produrre flussi in entrata indipendentemente da altre attività quali ad esempio altri impianti a monte o a valle del processo produttivo, attrezzature industriali e commerciali di supporto fino al fabbricato industriale nel quale viene svolta l'attività produttiva.

La CGU può essere pertanto assimilata ad un ramo d'azienda caratterizzato da una sufficiente indipendenza rispetto alle altre attività.

Nel caso in cui si debba fare riferimento ad una CGU, la stima dei flussi si dovrà riferire a quest'ultima e non alla singola attività.

Lo IAS 36 ai punti 55-57 si occupa della stima del tasso di attualizzazione da utilizzare per i flussi finanziari riferiti all'attività o alla CGU. Il tasso deve riflettere:

1. il valore temporale del denaro e quindi un rendimento privo di rischio che rifletta esclusivamente la remunerazione dovuta per lo scorrere del tempo;
2. i rischi specifici dell'attività (o della CGU) che non trovano copertura nei flussi.

Al punto 56, lo IAS 36 richiede che il tasso *“rifletta le valutazioni correnti del mercato del valore temporale del denaro e dei rischi specifici dell'attività corrisponde al rendimento che gli investitori richiederebbero se si trovassero nella situazione di dover scegliere un investimento che generasse flussi finanziari di importi, tempistica e rischio equivalenti a quelli che l'entità si aspetta che derivino dall'attività in oggetto”*. Vengono poi fornite due possibili soluzioni operative:

1. l'utilizzo del tasso implicito utilizzato per attività similari nei prezzi di mercato;

2. il costo medio ponderato del capitale.

La seconda soluzione, sia per la maggiore semplicità di calcolo sia per la generale condivisione dell'approccio valutativo, è normalmente quella preferita.

L'*impairment test* è superato se il valore d'uso pari alla somma del valore attuale dei flussi così determinati è maggiore del valore contabile.

In caso contrario, sarà necessario stimare il *fair value* e ove anche questo dovesse essere inferiore al valore contabile dell'attività essa dovrà essere svalutata per la differenza rispetto al maggiore dei due.

Nel caso di CGU, la svalutazione riguarda in primo luogo l'avviamento ad essa attribuito e successivamente tutte le altre attività materiali ed immateriale proporzionalmente al loro valore contabile.

Ove venissero meno, negli esercizi successivi, i presupposti che hanno giustificato la svalutazione, il valore dell'attività può essere ripristinato. Non è ammesso il ripristino dell'avviamento.

3.2 *L'impairment test delle immobilizzazioni secondo i principi contabili nazionali*

La verifica che il valore delle immobilizzazioni non sia ridotto a seguito di una perdita durevole è una preoccupazione che si è posta anche il legislatore italiano. L'art. 2426, codice civile comma 1 n. 3 recita: "*L'immobilizzazione che, alla data di chiusura dell'esercizio, risulti durevolmente di valore inferiore a quello determinato secondo i numeri 1 e 2 [rilevazioni delle immobilizzazioni al costo al netto degli ammortamenti cumulati] deve essere iscritta a tale minore valore. Il minor valore non può essere mantenuto nei successivi bilanci se sono venuti meno i motivi della rettifica effettuata; questa disposizione non si applica a rettifiche di valore relative all'avviamento.*"

I dettagli delle svalutazioni effettuate sulle immobilizzazioni devono essere forniti in nota integrativa. Tuttavia solamente nell'agosto 2014, l'Organismo Italiano di Contabilità ha emanato il principio contabile OIC 9 *Svalutazioni per perdite durevoli di valore delle immobilizzazioni materiali e immateriali*. Il principio è stato applicato per la prima volta ai bilanci chiusi successivamente al 31 dicembre 2014.

La grande novità contenuta nell'OIC riguarda l'introduzione dell'*impairment test* secondo una modalità applicativa chiaramente modellata sull'esempio dello IAS 36 e quindi "*secondo un approccio di universale accettazione e adottato dagli standard setter più importanti a livello globale*".

Il principale elemento di differenza tra OIC 9 e IAS 32 è costituito dal trattamento dell'avviamento che secondo la normativa civilistica e i principi contabili nazionali deve essere sottoposto ad ammortamento e quindi la verifica del valore recuperabile dovrà essere effettuata solamente in presenza di indicatori di perdita di valore. Al contrario, come già notato, secondo i principi contabili internazionali l'avviamento non è ammortizzato ma sottoposto a sistematico *impairment test*.

Una ulteriore differenza tra i due principi contabili risiede nella possibilità prevista dall'OIC 9 di stimare il valore d'uso con un metodo semplificato fondato sulla capacità di ammortamento

con l'effetto di sostituire un modello fondato sulle previsioni reddituali a quello generale di tipo finanziario.

Tuttavia OIC riconosceva la necessità di modulare l'applicazione del nuovo modello in ragione della dimensione delle società per evitare che i soggetti di minori dimensioni sostenessero costi eccessivi rispetto ai benefici potenzialmente ottenibili.

OIC decise pertanto di introdurre un modello semplificato per le società che non superassero per due esercizi consecutivi due su tre dei seguenti limiti:

1. Ricavi netti delle vendite e prestazione superiori a euro 40 milioni;
2. Attivo totale di bilancio superiore a euro 20 milioni;
3. Numero medio dei dipendenti superiore a 250.

Con la revisione generale apportata alla quasi totalità dei principi a seguito della riforma del bilancio contenuta nel D.Lgs 139/2015, l'OIC è tornato sulla propria posizione ritenendo che: *“nel contesto normativo del D.lgs. 139/2015 si ritiene più coerente e adeguato che l'approccio semplificato sia rivolto solo alle società per le quali sono previste anche normativamente delle semplificazioni e, quindi, solo alle società che redigono il bilancio abbreviato, di cui all'art. 2435-bis c.c., e alle micro-imprese, di cui all'art. 2435-ter c.c. Il principio contabile consente dunque l'adozione dell'approccio semplificato alle sole piccole e micro-imprese a partire dal 1° gennaio 2017”*.

In altri termini, lo *standard setter* italiano ha ritenuto che non vi fossero più i presupposti per una ulteriore segmentazione dimensionale rispetto a quelli introdotti con la riforma del 2015 e che tutte le società con bilancio ordinario dovessero applicare il modello fondato sull'attualizzazione dei flussi.

In sintesi quindi l'approccio descritto per le valutazioni di *impairment* degli IAS Adopter è sostanzialmente analogo a quello che devono utilizzare tutte le società in bilancio ordinario e quindi che superano per due esercizi consecutivi due su tre dei seguenti limiti:

1. Ricavi netti delle vendite e prestazione superiori a euro 8.800.000;
2. Attivo totale di bilancio superiore a euro 4.400.000;
3. Numero medio dei dipendenti superiore a 50.

A seguito della modifica apportata all'OIC 9, sono ora limitate a realtà aziendali molto più piccole le situazioni nelle quali è concesso un metodo semplificato. Si può quindi concludere che il modello delineato dallo IAS 36 sia applicabile per la grande maggioranza delle società con asset di valore significativo.

3.3 L'impairment test e i rischi legati al cambiamento climatico

La trattazione sviluppata nei due precedenti paragrafi, ed in particolare nel primo, ha riguardato il necessario approfondimento della metodologia, non semplice nè di facile applicazione, delineata dallo IAS 36 per le valutazioni di *impairment*.

Si tratterà ora di esaminare quali sono gli aspetti più delicati di tali valutazioni che richiedono di effettuare previsioni di flussi finanziari in un contesto di cambiamento climatico e quindi con la necessità di proiettare nel futuro i rischi e le opportunità che da esso potranno derivare.

La premessa da cui partire deve essere molto chiara: ove sulla base delle considerazioni sviluppate nel primo capitolo dovesse rendersi necessaria una revisione verso il basso dei flussi derivanti da una attività (o più ragionevolmente da una CGU) che porta il valore recuperabile al di sotto del valore di bilancio, l'effetto in bilancio è ora, rendendosi necessaria una svalutazione che influisce negativamente sul risultato di esercizio. Al contrario la mancata verifica del valore recuperabile delle immobilizzazioni, in presenza di chiari indicatori di perdita di valore, costituisce una evidente mancanza rispetto a quanto previsto dai principi contabili.

3.3.1 Le indicazioni contenute nel documento IFRS del novembre 2020

Nel secondo capitolo si è fatto cenno ad un recentissimo documento pubblicato dallo IASB nel mese di novembre 2020³⁵ che fornisce alcuni esempi di principi contabili impattati dagli effetti dei cambiamenti climatici e che sono stati analizzati nel primo capitolo.

Una particolare attenzione viene riservata allo IAS 36, intorno al quale sono sviluppate le seguenti riflessioni:

1. *impatto sugli indicatori di perdita di valore.* I temi inerenti il cambiamento climatico possono infatti mostrare indicazioni che l'attività (o la CGU) ha perso valore. Viene citato l'esempio della contrazione nella domanda dei prodotti di una società che emette gas serra che può indicare che l'intero stabilimento produttivo potrebbe avere perso valore e quindi si rende necessario un *impairment test*. Il documento ricorda, come già riportato in precedenza, che lo IAS 36 include tra le fonti esterne di indicazioni di perdita di valore i cambiamenti significativi di tipo ambientale (ivi inclusi i cambiamenti normativi) che si prevede avranno un impatto negativo sulla società;
2. *impatto sulla stima dei flussi attesi prodotti dall'attività (o dalla CGU).* Lo IAS 36 richiede che nella stima dei flussi le società dovranno considerare anche le aspettative in merito a possibili variazioni del valore o dei tempi dei flussi finanziari futuri. Ciò indica che la società dovrà costruire i flussi sullo scenario base ovvero sulle ipotesi che rappresentano la migliore stima del management in merito alla futura evoluzione dell'attività. Gli effetti del cambiamento climatico possono impattare sulle ipotesi e richiedere eventuali revisioni;
3. *disclosure sulle ipotesi chiave.* Lo IAS 36 impone anche obblighi informativi nelle note che devono illustrare le ipotesi chiave che sono state adottate. Il documento cita come

³⁵ *Effects of climate-related matters on financial statements*, IFRS, November 2020.

esempio l'introduzione di normative più restrittive in termini di emissioni di gas serra che aumentano i costi di produzione e comportano una perdita da *impairment*.

Gli spunti che provengono dal documento dello IASB sono sicuramente interessanti e meritano un approfondimento per ciascuno di essi, anche se il secondo punto richiede maggiori attenzioni.

3.3.2. *Gli effetti del cambiamento climatico quali indicatori di perdita di valore degli asset*

Nei paragrafi precedenti si è riportato che le valutazioni di *impairment* (con l'eccezione dell'avviamento secondo gli IAS/IFRS e delle immobilizzazioni a vita utile indefinita) devono essere effettuate solamente a condizione che ricorrano indicazioni di perdita di valore di una attività o di una CGU e che quindi richieda puntuale verifica.

Il tema della effettiva esistenza di un indicatore di perdita di valore non è quindi banale ma decisivo ai fini di una corretta applicazione della disciplina in esame: è evidente che il mancato *impairment test* in presenza di un chiaro ed evidente indicatore di perdita di valore costituisce una grave violazione dei principi contabili e rende il bilancio non certificabile.

A ciò si aggiunga che la verifica dell'esistenza degli indicatori di perdita di valore deve essere effettuata per ogni esercizio. Solamente per rendere più agevole la lettura, si richiama l'elenco degli indicatori forniti dallo IAS 36 e già analizzato in precedenza:

Fonti esterne

1. la riduzione del valore di mercato dell'attività maggiore del previsto;
2. i cambiamenti ambientali con impatto sfavorevole per la società;
3. l'incremento dei tassi di interesse;
4. il valore contabile del patrimonio netto superiore alla capitalizzazione di mercato.

Fonti interne

1. l'evidenza del deterioramento fisico oppure l'obsolescenza;
2. i significativi cambiamenti negativi per la società riguardo le modalità di utilizzo dell'attività.
3. la risultanza dall'informativa interna di un andamento economico dell'attività peggiore del previsto.

Sulla base di quanto descritto nel primo capitolo, risulta evidente che le attività maggiormente critiche ai fini delle valutazioni di *impairment* sono quelle con vita utile più lunga (ad esempio le reti idriche e di distribuzione del gas), con un maggior rischio di impatto diretto e soprattutto indiretto dei cambiamenti climatici (ad esempio le centrali termoelettriche). Per tutte le società si dovranno aggiungere le criticità inerenti l'avviamento. Con riferimento a quest'ultima voce dobbiamo distinguere:

- le società che utilizzano i principi contabili internazionali che rilevano l'avviamento sulla base delle indicazioni contenute nell'IFRS 3 all'interno del processo di *purchase price allocation* (che si applica anche all'acquisizione di partecipazioni) e nel bilancio consolidato;

- le società che utilizzano i principali contabili nazionali che rilevano l'avviamento a fronte:
 - dell'acquisto di aziende/rami di azienda per la differenza tra il prezzo di acquisto e il valore attribuito agli *asset*;
 - del disavanzo da annullamento nella incorporazione di una controllata (e nelle altre operazioni straordinarie assimilabili);
 - dell'utilizzo del criterio del patrimonio netto nella valutazione delle partecipazioni;
 - della redazione del bilancio consolidato.

Le attività critiche indicate rispondono a fatica ai requisiti precedentemente declinati per una agevole stima del *fair value* che è sicuramente difficile per l'avviamento ma richiede anche per gli altri *asset* potenzialmente *impaired* dati relativi a recenti transazioni che potrebbero non essere sempre disponibili e facilmente utilizzabili.

Si consideri ad esempio la pubblicazione annuale di ARERA che per l'anno 2020 riporta un elenco di operazioni recenti per le quali tuttavia non sono noti i prezzi³⁶.

Infine si nota che a meno di ipotizzare significative inefficienze nell'uso dell'attività (o della CGU), è ragionevole che il valore d'uso riflettendo il profilo specifico della società che possiede l'*asset* restituisca un valore maggiore rispetto alla stima del *fair value* che in assenza di prezzi di mercato attendibili dovrà essere effettuata secondo il profilo di un generico operatore.

Ne deriva il ruolo centrale del valore d'uso e la maggiore criticità degli indicatori che impattano su quest'ultimo. In questo senso il cambiamento sfavorevole delle condizioni di contesto nelle quali opera la società è critico, come sottolineato anche dallo IASB.

Rilevano sia i rischi fisici sia i rischi di transizione. Per quanto attiene ai primi si è già sottolineato come l'impatto dei cambiamenti climatici si traduca nell'immediato in maggiori costi, pur potendo generare opportunità più incerte per il futuro. Le società dovranno pertanto preoccuparsi di monitorare l'incremento di tali costi legati sia a eventi cronici sia a eventi acuti od estremi e procedere ad una valutazione di *impairment* quando venga superata una soglia di "sicurezza". In tal senso può essere utile un monitoraggio dei rischi attraverso un approccio ERM (Enterprise Risk Management).

Sono indicatori di questo tipo anche i cambiamenti normativi più restrittivi che possono costituire un momento di rottura e quindi richiedere una immediata valutazione. Andrà considerato anche il rischio legato al cambiamento della domanda e reputazionale, che in un contesto di crescente consapevolezza dei problemi ambientali, potrebbe penalizzare le società meno attente alla riduzione delle emissioni e più in generale alla tutela dell'ambiente.

L'incremento dei tassi di interesse non è elemento direttamente riconducibile agli effetti del cambiamento climatico ma, essendo difficile la quantificazione del *fair value*, tutti i fattori che influiscono negativamente sul valore d'uso devono essere monitorati con attenzione.

³⁶ ARERA, op. cit. pag. 228.

Infine l'ultimo indicatore di tipo esterno riguarda la relazione esistente tra il patrimonio netto contabile e la capitalizzazione di mercato delle società quotate, alle quali unicamente si può applicare questo indicatore³⁷.

E' difficile esprimere considerazioni generali a proposito di dati molto volatili quali la capitalizzazione di borsa, tuttavia si è sottolineato nel secondo capitolo il crescente interesse degli investitori istituzionali sul tema della *disclosure* degli effetti sul cambiamento climatico e nuovamente si ritornerà sul punto nel quarto capitolo. In tale contesto, non è irragionevole ipotizzare che in un prossimo futuro questa sensibilità degli investitori potrà crescere ulteriormente e privilegiare le società più attente al monitoraggio, alla *disclosure* ed anche alla mitigazione dei rischi da cambiamento climatico a danno delle altre. La capitalizzazione di borsa riflette immediatamente questa situazione.

Passando al primo indicatore di tipo interno, è possibile che gli effetti del cambiamento climatico inducano una obsolescenza fisica più rapida del previsto di alcune immobilizzazioni (ad esempio le reti idriche sottoposte con maggiore frequenza ad eventi estremi) e che quindi possano portare non solamente ad una revisione della stima della vita utile, accelerando il processo di ammortamento, ma anche ad una svalutazione che si rende necessaria per riallineare i valori da sottoporre ad ammortamento. Sono ugualmente possibili fenomeni di obsolescenza economica che appaiono legati alla transizione energetica.

Non si ravvisano particolari elementi differenziali rispetto alla generale applicazione con riferimento al secondo indicatore interno, costituito dal cambiamento nelle condizioni d'uso dell'attività. Nell'ipotesi di cessione dell'attività/ramo d'azienda e quindi da rilevare in bilancio come attività destinate alla vendita, il relativo valore si allinea a quello di cessione mentre per le immobilizzazioni che cessano di essere strumentali alla produzione del reddito saranno valutate al prezzo di realizzo sul mercato, analogamente alle rimanenze finali.

Infine l'ultimo indicatore ha portata generale e riguarda il possibile impatto sul valore recuperabile di una attività a fronte di una contrazione degli utili o peggio della presenza di perdite. Non necessariamente la presenza di perdite in un dato esercizio comporta la verifica del valore recuperabile degli *asset*: si pensi all'effetto sui risultati 2020 della pandemia che ci si augura siano non ricorrenti; tuttavia se le cause della perdita di marginalità avessero carattere strutturale, e tra queste ben possono rientrare gli impatti del cambiamento climatico descritti nel secondo capitolo, allora l'*impairment test* delle attività più a rischio o dell'intera CGU diverrebbe necessaria.

³⁷ A livello teorico si potrebbe ipotizzare che una società disponga di una offerta di un terzo interessato all'acquisizione ma è fattispecie non sistematicamente riscontrabile nella prassi pur se prevista da OIC 9.

3.3.3. Gli effetti del cambiamento climatico sulla stima dei flussi finanziari attesi

Per quanto il tema della presenza di indicatori di perdita di valore legati al cambiamento climatico sia importante e da non sottovalutare, senza dubbio è la stima dei flussi finanziari attesi l'aspetto che pone gli elementi di maggiore criticità.

Nel seguito dell'esposizione si farà spesso riferimento alle *Linee Guida per l'Impairment test dell'avviamento in contesti di crisi finanziaria e reale* emanate nel giugno 2012 dall'Organismo Italiano di Valutazione che costituiscono il riferimento più autorevole per quanto attiene alla metodologia di base per una corretta applicazione dello IAS 36. Si noti peraltro che lo stesso OIv ha recentemente emanato un documento che riguarda l'*impairment test* per il bilancio 2020 impattato dalla pandemia che conferma l'impostazione delle Linee Guida 2012.

Proprio da tali Linee Guida e segnatamente dalla 3 e 4, si derivano i requisiti di sostenibilità dei piani, dai quali sono tratti i flussi finanziari, dal punto di vista:

1. *operativo* se alla luce delle migliori evidenze esterne in merito alle prospettive del settore e delle performance storicamente realizzate dalla attività o CGU si può ritenere che il business model e i vantaggi competitivi siano sostenibili;
2. *finanziario* se i flussi attesi dalla gestione corrente (Ebitda meno variazione del capitale circolante), e degli investimenti risultano sostenibili rispetto alla concreta possibilità per la società di approvvigionarsi di risorse finanziarie sia di *equity* sia di debito.

Le stesse Linee Guida sottolineano poi l'opportunità di costruire i flussi attesi utilizzando un approccio multi-scenario, ciò per limitare il più possibile il rischio di *execution* ovvero che le previsioni contenute nel piano siano eccessivamente sfidanti rispetto all'esperienza dei risultati storicamente conseguiti e delle normali condizioni di mercato e di settore.

L'analisi di scenario, con specifico riferimento all'impatto del *climate change*, è richiesta anche dal TCFD per valutare la resilienza della società (raccomandazione c del blocco relativo alle Strategie).

Ripercorrere le fasi del processo di costruzione degli scenari può essere utile per prevederne un'applicazione alle valutazioni di *impairment* (quanto meno per la costruzione della best estimate del management) oltre che per la *disclosure* richiesta dalla TCFD.

Gli scenari sono da intendere come costruzioni ipotetiche che consentono di valutare il futuro svolgimento delle attività aziendali se continuano alcuni trend in corso o se si verificano date condizioni.

Per quanto attiene agli effetti del cambiamento climatico le società dovrebbero:

1. adottare differenti scenari di evoluzione futura della variabile climatica;
2. valutare l'esposizione al rischio diretto (o rischio fisico) e il rischio di transizione (o indiretto) e misurarne l'impatto nei diversi scenari climatici;

Secondo gli obiettivi della TCFD l'ultima fase è quella della verifica della resilienza della società nei diversi scenari, anche tenendo conto delle possibili strategie di mitigazione dei rischi, mentre ai fini dell'*impairment test*, l'analisi di scenario aiuta, tra le altre stime, a costruire previsioni sostenibili.

Per quanto attiene al primo punto si deve rimandare al lavoro dei climatologi ed alle analisi da loro svolte in merito alle variabili fondamentali quali la crescita attesa della temperatura, l'andamento delle precipitazioni su base annuale e nel solo periodo estivo, le giornate consecutive senza piogge e le piogge massime giornaliere. I primi tre indicatori rientrano in quelli cronici, secondo la definizione della TCFD, mentre l'ultimo riguarda gli eventi estremi.

Ai fini delle analisi che stiamo svolgendo risulta necessario fare riferimento ai diversi scenari climatici ritenuti più probabili fino a definire quello più favorevole e quello meno favorevole e la media dei modelli per lo scenario centrale.

Si tratta poi (fase 2) di definire l'impatto sui risultati (e quindi sui flussi finanziari) dei diversi scenari climatici facendo riferimento a quanto descritto nel primo capitolo di questa sezione. I piani e le previsioni devono essere basati su "presupposti ragionevoli e dimostrabili" (IAS 36 n. 33 a) e quindi dovranno essere esclusi tutti i ricavi, potenzialmente ottenibili sotto diversi scenari di transizione energetica, oggi solamente ipotizzabili.

Ad esempio, per un produttore di energia si tratterà di comprendere quali effetti può comportare sui margini, sul capitale circolante e sugli investimenti un incremento della temperatura in Italia compreso tra 0,5° e 0,75° piuttosto che tra 1,75° e 2° tenendo anche in considerazione che le variazioni non sono omogenee per l'intero paese e che quindi l'andamento della domanda di energia può essere diverso.

Le società possono muoversi con relativi gradi di libertà nel definire il valore sintetico dei flussi che meglio esprime le analisi svolte, è però necessario che nelle note esplicative vengano dettagliate le ipotesi utilizzate nella costruzione del modello valutativo e per quanto più rilevanti ai presenti fini le relazioni causa-effetto che spiegano gli effetti sui flussi del *climate change*. Considerazioni ulteriori saranno dovute in presenza di effetti indiretti legati ad esempio all'inasprimento delle normative relative alle emissioni dei gas serra che possono radicalmente alterare il profilo dei flussi rispetto all'esercizio precedente.

Si dovranno comunque riportare in dettaglio le caratteristiche degli scenari alternativi a quello utilizzato e il valore d'uso degli *asset* secondo tali scenari. Nel caso che, in assenza di svalutazione per *impairment*, in uno o più scenari si riscontri un valore recuperabile inferiore a quello di bilancio, si dovrà anche motivare per quali ragioni si è ritenuto di non svalutare (ad esempio lo scenario estremo è ritenuto molto improbabile). Alternativamente potrebbe essere rappresentato il valore soglia di una variabile climatica oltre il quale il valore di bilancio dell'*asset* (o della CGU) non è più recuperabile e di nuovo la decisione di non svalutare può riferirsi alla scarsa probabilità che tale valore soglia sia superato.

La quantità e la qualità della *disclosure* su questi aspetti è funzione da un lato dell'esposizione al rischio degli effetti del cambiamento climatico e delle previsioni circa la futura evoluzione del clima e dall'altro della sensibilità che gli utilizzatori primari del bilancio mostreranno di avere nel futuro.

In chiusura è sicuramente necessario precisare che l'impatto sui flussi attesi delle variabili legate al cambiamento climatico, siano esse di tipo diretto o indiretto, non è svincolato dalle decisioni politiche in merito alle modalità attraverso le quali si incentiveranno la transizione energetica e la *carbon neutrality*, anche per compensare le imprese dei costi e degli investimenti che dovranno sostenere nel prossimo futuro (da tenere in conto anche la tassonomia della finanza sostenibile

di cui si farà cenno più avanti). E' quindi ragionevole tenere conto in modo prudente dei futuri effetti indiretti del cambiamento climatico essendo incerti sia i flussi in uscita per quanto attiene importi e manifestazione temporale sia i flussi in entrata.

3.3.4. La stima del costo del capitale: indicazioni provenienti dai mercati regolati

Lo IAS 36 richiede che il tasso di attualizzazione dei flussi esprima il valore finanziario del tempo e il profilo di rischio implicito nei flussi, inteso come probabilità che il valore atteso degli stessi non si realizzi nel futuro.

Il principio richiama due modelli di stima; il primo, fondato sui rendimenti impliciti nei prezzi di mercato, è di difficile applicazione operativa perché soggetto a molteplici arbitrarietà che rendono i risultati scarsamente condivisibili. Il secondo modello, del costo medio ponderato del capitale (WACC), è invece di generale accettazione.

Il WACC è pari alla media del rendimento atteso del capitale proprio (COE) e del rendimento richiesto dai creditori finanziari (COD), ponderati per il peso relativo del capitale proprio e del debito sulle fonti di finanziamento della società.

E' opportuno precisare che entrambi i rendimenti per gli investitori (costi per la società) sono attesi e quindi sono orientati al futuro, ma presentano una significativa differenza. Il COE è da intendere come un costo-opportunità ovvero pari al rendimento atteso di mercato, a parità di rischio, al quale il socio rinuncia per investire nella società. Poiché non risulta da un contratto o da altra obbligazione ma ha carattere residuale, la stima è disagiata e richiede l'utilizzo di modelli teorici, tra i quali il più diffuso è il Capital Asset Pricing Model (CAPM).

Il COD, invece, risulta da specifici accordi contrattuali che lo definiscono in modo puntuale (tasso fisso) oppure ne forniscono le modalità di determinazione (tasso variabile o indicizzato). Il COD entra nel WACC al netto del beneficio fiscale derivante dalla deducibilità degli oneri finanziari in capo alla società. Attualmente in Italia l'aliquota rilevante è quella della sola IRES (24%) non essendo deducibili gli oneri finanziari ai fini IRAP.

La formula del WACC risulta quindi essere la seguente:

$$WACC = COE \frac{E}{D + E} + COD(1 - T_c) \frac{D}{D + E}$$

Il WACC non è un riferimento ignoto nel settore delle utility poiché esso è utilizzato nella misurazione dei rendimenti da riconoscere nei mercati regolati (distribuzione del gas, dell'energia e dell'acqua).

La stima del COE, si è detto, viene normalmente effettuata attraverso l'utilizzo del CAPM, il quale definisce tale rendimento atteso come la somma del rendimento di mercato privo di rischio e del prodotto tra il premio che gli investitori richiedono per detenere un portafoglio di mercato ben diversificato di attività rischiose (titoli azionari) in luogo di attività non rischiose (Equity Risk Premium ERP) e un coefficiente *beta* che esprime la sensibilità del rendimento della specifica società rispetto al rendimento del portafoglio di mercato.

La formula del CAPM è la seguente:

$$CAPM = R_{rf} + \beta ERP$$

La tabella seguente riporta a confronto le indicazioni contenute nelle Linee Guida OIV per la stima del WACC e quelle contenute nelle deliberazioni dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente.

Tabella 3. I parametri del WACC nei documenti di prassi e secondo l'ARERA

Parametri	OIV (2012)	ARERA (2019-2021)
<i>COE</i>		
Rendimento risk free	Tasso IRS a lungo termine. Valori medi sono possibili e ordinariamente non devono superare l'anno tuttavia in presenza di perturbazioni del mercato è possibile estendere l'orizzonte (Documento OIV gennaio 2021).	Media dei tassi di rendimento dei paesi con rating AA, corretto per tenere conto dell'inflazione incorporata nel tasso di rendimento privo di rischio. Il rendimento risk free è pari al 0,64%. Il valore minimo che può assumere è l'0,5%
ERP	Premio normale di lungo periodo che include il rischio paese	Rendimento del mercato azionario meno il rendimento risk free
Coefficiente beta	Da calcolare come regressione rispetto al mercato domestico	Dati dall'Autorità con riferimento alle specifiche attività (ad esempio per la trasmissione dell'energia elettrica nel 2021 è previsto un beta pari a 0,616)
Rischio paese	Da non aggiungere	Il rischio paese Italia è calcolato sulla base dello spread BTP/Bund a 10 anni. Il valore è pari al 1,4%.
<i>COD</i>		
Tasso di riferimento base	Non indicato	Coincidente con il rendimento risk free al quale deve essere aggiunto il rischio paese
Credit spread	Utilizzo degli spread per classi di rating	Fissato pari allo 0,5%
<i>Rapporto D/E</i>	Struttura finanziaria normale di settore	Struttura finanziaria di settore fissata dall'Autorità
<i>Aliquota fiscale</i>	Nessuna specifica	Aliquota vigente di settore

Fonti: OIV, op. cit. pag. 72 e ss, ARERA, TIWACC 2016-2021, deliberazione 583/2015 da ultimo aggiornata con la deliberazione 570/2019

L'indicazione di prassi contenuta nelle Linee Guida OIV è molto allineata ai principali riferimenti di letteratura e distingue due approcci diversi, con considerazione del rischio paese:

- nel rendimento *risk free*;
- nell'*Equity risk premium*.

Il rendimento previsto dalla normativa tariffaria attualmente vigente, misurato attraverso il WACC, è qui riportato solo come riferimento esterno per confronto, pur tenendo conto che le finalità di stima sono diverse.

Nei bilanci 2019 il WACC utilizzato nelle valutazioni di *impairment* è stato mediamente compreso tra il 6,5% e l'8% (per le attività a mercato) e conferma il valore medio (di poco superiore al 6%) per i diversi settori regolati che risulta dall'applicazione delle indicazioni di ARERA.

Vi è ora da chiedersi se il WACC potrebbe modificarsi in futuro a seguito degli effetti economici e finanziari del cambiamento climatico.

L'impatto sulle variabili di sistema (tasso *free risk*, rischio paese, rendimento complessivo del mercato azionario) è ragionevole ipotizzare che non sarà rilevante, quanto meno nel breve termine.

Un discorso diverso potrebbe invece valere per i parametri specifici di settore e quindi il coefficiente e il rapporto di indebitamento che sia nell'impostazione delle Linee Guida sia secondo ARERA devono ricondursi alle condizioni medie di settore.

Il coefficiente beta dipende dalla relazione esistente tra il rendimento di un singolo titolo e il rendimento complessivo del mercato. L'incremento della volatilità del rendimento di un titolo specifico o di tutti i titoli di un settore, a parità di volatilità del rendimento di mercato, porta un incremento del coefficiente beta. E' possibile che la maggiore consapevolezza che nel prossimo futuro gli investitori avranno della effettiva esposizione al rischio del cambiamento climatico e la più attenta valutazione delle strategie di gestione di questo rischio possano portare ad una maggiore volatilità dei prezzi dei titoli (e quindi dei rendimenti), che potrebbero essere oggetto di maggiori interventi di riequilibrio di portafoglio di quanto oggi non avvenga.

In merito al rapporto di indebitamento è più arduo fare previsioni e si rimanda alle considerazioni conclusive nel capitolo quarto.

3.4. Le valutazioni dei nuovi investimenti

Nel primo capitolo di questa sezione si è trattato degli investimenti di mantenimento, sostituzione e rinnovo finalizzati a garantire la piena efficienza degli *asset in place*.

Le considerazioni sviluppate in questo capitolo si possono però applicare anche ai nuovi progetti di investimento che richiedono valutazioni non dissimili da quelle che qui sono state analizzate.

La successiva Tabella 3 riporta la tipica struttura dei flussi rilevanti nella valutazione di un nuovo progetto di investimento.

Un progetto di investimento tipicamente prevede tre fasi:

1. *Fase di impianto* caratterizzata dalla acquisizione/costruzione delle infrastrutture nella quale i flussi in uscita prevalgono su quelli in entrata. La durata di questa fase è variabile in ragione delle tipologie di investimenti ma, per i settori qui di interesse (investimenti in reti, centrali, impianti) è ragionevole pensare che possa essere lunga;

2. *Fase di esercizio* che coincide con la vita utile dell'infrastruttura ed è caratterizzata da flussi netti prevalentemente positivi. Stante la tipologia di attività considerate, questa fase è particolarmente lunga;
3. *Fase di disinvestimento* finale al termine della vita utile dell'infrastruttura.

Tabella 4. Flussi rilevanti per la valutazione degli investimenti

		Anni				
		0	1	N	
+	Ricavi incrementali					
-	Costi incrementali					
=	EBITDA incrementale					
-	Ammortamenti incrementali					
=	EBIT incrementale					
-	Imposte incrementali					
=	Utile netto incrementale					
+	Ammortamenti					
-	Variazione di CCC					
-	Investimenti					
+	Disinvestimenti netti					
=	Flussi operativi incrementale					

I flussi sono incrementali in quanto si considerano solamente quei flussi differenziali che rispetto ad un piano pluriennale la società non avrebbe se il progetto non fosse intrapreso.

Il criterio guida per le decisioni di investimento è il valore attuale netto che è pari alla differenza tra i flussi di investimento iniziale e i flussi successivi derivanti dalla fase di esercizio, attualizzati al costo del capitale necessario per intraprendere l'investimento (WACC).

Se il valore attuale netto è positivo l'investimento dovrebbe essere intrapreso, se la società possiede le risorse finanziarie sufficienti per farlo. Se il valore attuale netto è negativo, l'investimento non dovrebbe essere effettuato in quanto non sarà in grado di remunerare in modo sufficiente il capitale investito. Infatti la logica del valore attuale netto che si esprime in valori assoluti può essere espressa anche in termini percentuali confrontando il rendimento implicito nei flussi di progetto con il costo del capitale.

Non è scopo del presente lavoro trattare in dettaglio questi aspetti ma è opportuno sottolineare che gli effetti del cambiamento climatico dovranno essere considerati anche nelle valutazioni di nuovi investimenti in una logica espansiva.

Si pensi ad esempio all'impatto dei cambiamenti climatici sui ricavi attesi da investimenti in impianti di produzione di energia rinnovabile, eolici, fotovoltaici o idroelettrici. Considerata la lunga vita utile di questi progetti, ne deriva che il valore attuale netto viene a dipendere in modo significativo dagli scenari climatici adottati e dalla loro evoluzione rispetto al momento attuale.

L'impianto dei modelli valutativi dovrà pertanto essere quanto più possibile allineato rispetto alle considerazioni svolte in relazione agli *asset in place*.

4. Sintesi conclusiva e implicazione per il modello di business

Per molto tempo il cambiamento climatico è stato letto in una chiave prevalentemente rivolta alla comprensione dei possibili scenari evolutivi futuri ed alla definizione degli interventi da adottare a livello globale per invertire la tendenza in atto.

Questo dibattito, già ampiamente trattato nella prima parte, ha accelerato, pur tra molte difficoltà, la condivisione da parte di moltissimi stati di protocolli che contengono linee di intervento volte a limitare l'emissione di gas serra.

Nel periodo più recente, invece il dibattito si è progressivamente spostato sugli effetti che il cambiamento climatico comporta sui risultati delle imprese e su come viene gestito il rischio per il futuro che può essere letto nell'ottica:

1. dei costi diretti legati ai fenomeni fisici che nel primo capitolo sono stati definiti cronici ed estremi od acuti;
2. dei costi indiretti legati in generale al contenimento delle emissioni dei gas serra e più in particolare alla transizione energetica.

4.1 Il difficile rapporto con il mercato finanziario

Il crescente interesse degli investitori istituzionali riguardo a questi aspetti è confermato da un recentissimo rapporto pubblicato dalla *European Insurance and Occupational Pensions Authority* (EIOPA)³⁸; in tale documento gli effetti del cambiamento climatico sono definiti un “*transformative driver of change*” proprio con riferimento ai costi diretti ed indiretti che esso comporta.

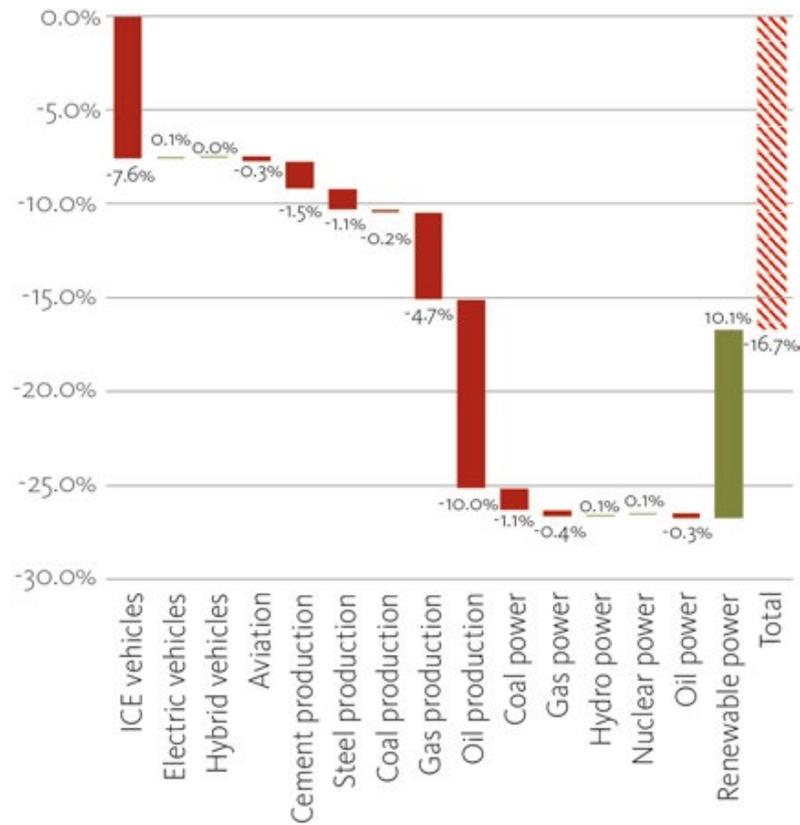
Nell'ottica di meglio qualificare e misurare tali effetti, EIOPA ha sviluppato una analisi di scenario riferita a settori potenzialmente impattati dal *climate change* ma nell'ottica dell'investitore istituzionale che ha assunto una posizione rispetto a titoli di *equity* o di debito emessi da società appartenenti ai suddetti settori (definiti *high carbon industry*).

I risultati ottenuti sono di forte impatto: l'analisi mostra infatti che le perdite negli investimenti azionari nelle *high carbon industry* possano essere molto elevate, raggiungendo anche il 25% (Figura 13).

La figura mostra i principali risultati ottenuti con riferimento alle emissioni azionarie e quindi all'effetto sui portafogli *equity*. Il *re-pricing* dei titoli calcolato sulla base di analisi di scenario che ricostruiscono l'effetto sui risultati delle imprese delle strategie di allineamento agli obiettivi del Trattato di Parigi mostra che le *high carbon industry* sono tutte soggette a cambiamenti negativi (in rosso nella figura), pur se di entità variabile e che solamente pochi settori potranno portare benefici incrementali e tra questi il ruolo preponderante è quello della produzione di energia da fonti rinnovabili (in misura molto minore i veicoli elettrici e quelli ibridi e nella produzione di energia nucleare).

³⁸ EIOPA, *Sensitivity analysis of climate-change related transition risks*, dicembre 2020.

Figura 13. Cambiamento di valore per i titoli azionari nell'ipotesi di re-pricing per il climate change



Fonte: EIOPA, op. cit., pag. 29

Il grafico successivo (Figura 14) riguarda un confronto tra l'indice delle società operanti nella produzione di energia da fonti rinnovabili (in blu) rispetto all'indice MSCI World (in giallo) che sintetizza l'andamento dei principali mercati internazionali e consente di apprezzare effetti già in atto.

Figura 14. Indice Rinnovabili contro MSCI World Index 2015-2020 (base USD 100 1 gennaio 2015)



Fonte: Refinitiv

Per quanto il 2020 a causa della pandemia presenti un andamento di borsa particolare e molto volatile, si nota dalla Figura 14 che i due indici sono pressoché allineati fino a marzo 2020 ma successivamente l'indice delle Rinnovabili cresce in maniera vertiginosa fino ad arrivare a quasi tre volte l'indice globale a fine 2020.

L'analisi degli effetti del cambiamento climatico sulla capacità di produrre reddito e sull'equilibrio finanziario delle società operanti nei servizi pubblici ha mostrato non solo la presenza di rischi per il futuro ma anche evidenziato una molteplicità di fattori già presenti che contribuiscono a ridurre la redditività delle imprese (maggiori costi, minori ricavi e maggiori investimenti).

Le opportunità invece appaiono maggiormente incerte e ad oggi difficilmente prevedibili e misurabili.

La *disclosure* richiesta nei bilanci (oltre che negli altri documenti pubblicati dalle società) fino ad oggi è stata limitata ma il crescente interesse da parte degli investitori istituzionali porterà a rendere più evidente l'effettiva situazione in atto.

Riprendendo quindi il lavoro di EIOPA una prima conseguenza importante di quanto è stato analizzato nel presente lavoro è un rischio per il prossimo futuro che le società più fortemente impattate dal cambiamento climatico possano avere difficoltà sul mercato finanziario.

Considerando in primo luogo il mercato del *public equity* è noto che le società operanti nei servizi pubblici siano sempre state considerate un titolo difensivo con un basso coefficiente beta (si veda il paragrafo 3.3.5) e quindi inserite nei portafogli per compensare la presenza di titoli più aggressivi.

L'incrementarsi del rischio atteso legato al cambiamento climatico può cambiare questa logica e portare ad un ridimensionamento della porzione dei portafogli investiti in questi titoli e quindi ad una riduzione della capitalizzazione di mercato, in assenza di un riposizionamento strategico.

Per converso il fenomeno al quale stiamo assistendo di significativa crescita del valore delle società che producono energia da fonti rinnovabili è, con ogni probabilità, destinato a perdurare nel tempo e contribuisce all'adozione delle scelte pianificate dai principali operatori di servizi pubblici in direzione della transizione energetica e dell'economica circolare.

Il forte incremento di valore dell'indice delle rinnovabili in Figura 14 può essere letto, come già indicato nel report di EIOPA, come la conseguenza delle strategie dei fondi di controbilanciare il maggior rischio dei settori ad alto contenuto di carbonio con investimenti in settori inversamente correlati quali le energie rinnovabili (in tal senso i valori dell'indice alla fine di dicembre del 2020 sono i massimi da quanto l'indice è stato costituito).

E' evidente che il fenomeno del riequilibrio di portafoglio toccherà in misura maggiore quelle società che si mostreranno più restie a fornire la *disclosure*, venendo l'opacità interpretata in senso negativo (forte impatto degli effetti del cambiamento climatico).

Oltre al cambiamento del profilo rischio/rendimento che guarda ai fondamentali delle imprese, si dovrà considerare anche un fattore "etico" che tenderà a premiare le società più allineate agli

obiettivi di contenimento delle emissioni e a penalizzare quelle meno propense a porre in essere effettive strategie di cambiamento.

Non è ad oggi ipotizzabile l'entità di queste penalizzazioni venendo a dipendere anche da fattori sociali e culturali, oltre che economici, ma è molto probabile che qualcosa del genere accadrà come già è accaduto in passato per altre società che non si sono allineate ai dettami della sostenibilità sociale.

Nelle società quotate contendibili, è possibile che questi aspetti possano costituire uno specifico tema sul quale il mercato valuterà l'operato degli amministratori, col rischio che gli investitori più attivi e motivati su questi temi possano indurre cambiamenti e sostituzioni con figure più attente agli aspetti ambientali.

Oltre al problema del sostenimento del valore di mercato per le società quotate, si dovrà considerare un più ampio problema che riguarda il finanziamento degli investimenti, individuati nel primo capitolo, che richiederanno l'utilizzo di fonti di finanziamento esterne adeguate per importo e struttura temporale, stante l'insufficienza dell'autofinanziamento aziendale.

Prima di procedere nell'analisi, si noti che la recente definizione della tassonomia europea della finanza sostenibile, che ha chiarito quali sono le attività economiche in grado di contribuire a raggiungere l'obiettivo emissioni zero entro il 2050 e i relativi criteri di selezione, troverà applicazione ai temi qui trattati, anche se ancora non sono ben chiari gli aspetti operativi³⁹.

Tra le fonti di finanziamento, la soluzione dell'aumento di capitale può trovare limitazione specifiche nella disponibilità da parte dall'azionista pubblico di alcuni dei maggiori operatori e di molti di quelli di minori dimensioni.

La difficoltà a ricorrere ad aumenti di capitale viene a dipendere da:

1. la effettiva disponibilità di risorse finanziarie da investire quando spesso sono proprio i dividendi incassati dalle partecipate a costituire una importante fonte di entrate nel bilancio del soggetto pubblico, nazionale o locale;
2. la situazione emergenziale che deriva dalla pandemia e che avrà conseguenze finanziarie che ragionevolmente non saranno limitate al breve periodo;
3. la impossibilità del socio pubblico ad accettare un aumento di capitale sottoscritto da soci esterni che determinerebbe una diluizione della quota detenuta, in taluni casi anche al di sotto di quote di partecipazione decisive ai fini del controllo.

Per tali ragioni, l'ipotesi dell'aumento di capitale è concretamente praticabile solo per un limitato numero di gestori, tipicamente privati, operanti spesso in *start-up* di vendita di energia (gas ed elettricità) o nella produzione con fonti rinnovabili.

Una possibile eccezione potrebbe essere rappresentata da investimenti con un forte impatto di riduzione delle emissioni e quindi ricadute sociali particolarmente rilevanti.

Peraltro, è prevedibile in questi anni un'ulteriore concentrazione del macro-settore dei servizi pubblici, attraverso operazioni di acquisizione di aziende e/o società da parte degli operatori

³⁹ Financing a Sustainable European Economy, Technical Report, Taxonomy: Final Report, marzo 2020.

principali; un caso particolare al riguardo, sarà rappresentato dalle gare per il servizio di distribuzione del gas a seguito delle quali gli operatori che non dovessero partecipare o risultare aggiudicatari cesserebbero l'attività e sarebbero liquidati dai nuovi entranti.

Il mercato del debito presenta caratteristiche diverse e profili di ambiguità che rendono più difficile fare previsioni. Da un lato, infatti, il tema dell'incremento dei rischi che gli intermediari finanziari si devono assumere nei confronti di società ad alta intensità di carbonio sono analoghi a quelli relativi all'*equity*, dall'altro la crescente sensibilità ambientale da parte degli investitori privati ha contribuito allo sviluppo di *asset class* quali i *green bond* che possono costituire uno strumento interessante e di accesso relativamente facile a condizioni che l'impiego di risorse sia canalizzato verso un obiettivo di sostenibilità ambientale.

In tal senso è possibile che il ricorso al mercato del debito da parte delle società di servizi pubblici si incrementi anche verso la più tradizionale intermediazione bancaria a condizioni però che la società possa presentare chiare indicazioni di *compliance* agli obiettivi di riduzione delle emissioni (ad esempio investimenti di manutenzione e riconversioni eco-sostenibili).

4.2 Alcune possibili implicazioni sul modello di business

L'impatto economico del cambiamento climatico è concreto ed apprezzabile nei risultati correnti oltre che un rischio importante per il futuro. Le imprese operanti nel settore dei servizi pubblici, significativamente impattato da questi aspetti, non possono ignorarlo.

Il tema delle implicazioni sul modello di business e dell'impostazione strategica per molti versi trascende dagli obiettivi del presente lavoro ma comunque alcune considerazioni su questi aspetti paiono opportune.

La lettura delle raccomandazioni della TCFD fornisce indicazioni chiare su un primo punto importante.

I rischi derivanti dal cambiamento del clima devono essere identificati in modo chiaro, misurati e valutati anche nell'ottica dell'esposizione complessiva al rischio d'impresa.

Se per i maggiori operatori questo passaggio in buona parte è già stato compiuto, per quelli di minori dimensioni può presentare ancora aspetti che richiedono attenzione da parte del management.

E' evidente che questo passaggio diviene essenziale non soltanto per il suo impatto su margini e flussi ma anche, ai fini della *disclosure* che come si è ripetuto più volte diverrà nel futuro sempre più stringente, anche per gli operatori minori.

L'analisi di scenario sotto questo profilo è fondamentale perché permette di simulare gli effetti in condizioni diverse e misurare le aree di resilienza e quelle di maggiore debolezza.

Più complesso è invece il tema di come mitigare, trasferire, accettare o controllare i rischi legati al cambiamento climatico (si veda la raccomandazione TCFD b) della sezione Risk Management), tanto più nel settore dei servizi pubblici dove gli spazi per modificare l'estensione, ampiezza e modalità di erogazione del servizio sono spesso limitati.

Nel primo capitolo si è evidenziato come la mitigazione del rischio richieda significativi investimenti, non sempre finanziariamente fattibili per tutti gli operatori, sicché è probabile che

il rischio venga accettato, esponendo la società alle conseguenze negative non solo degli effetti fisici ma anche a quelli derivanti dalla transizione.

Tuttavia, dobbiamo considerare che il profilo rischio/rendimento di un singolo *asset* può essere diverso dal profilo dell'intero portafoglio di *asset*. Ad esempio, se consideriamo la produzione di energia, l'esposizione al rischio del cambiamento climatico è differente a seconda che si considerino centrali termiche oppure fonti rinnovabili (idroelettrico, eolico e fotovoltaico) ma a livello complessivo di impresa quanto rileva è il "portafoglio" complessivo di *asset* detenuti. In tal senso la valutazione di nuovi investimenti (o di acquisizioni) non può limitarsi al singolo progetto ma deve considerare anche le correlazioni esistenti in termini di rischio e di rendimento con l'insieme degli *asset* già esistenti. Si tratterebbe quindi di seguire una strategia di diversificazione del rischio non dissimile da quella degli investitori istituzionali.

Ovviamente il tema del rischio impatta sul valore e sulla finanziabilità delle imprese.

La creazione del valore per le aziende dipenderà sempre più dalla capacità di realizzare investimenti "sostenibili", sia in termini economico-finanziari, attraverso il loro impatto sui ricavi e sull'Ebitda, sia ambientali e sociali, poiché il costo stesso del debito sarà influenzato dal raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità assunti, in una relazione circolare nella quale la sostenibilità economica sarà sostenuta da quella ambientale.