

Università IUAV di Venezia

XXXII Ciclo del Dottorato di Ricerca in:

Architettura, città e design. Percorso tematico Hydro-Logic Design

I
- - -
U
- - -
A
- - -
V

**Nature-Based-Solution e riduzione dei rischi idro-meteo
climatici nei comparti industriali. Il caso applicativo della
Regione Emilia-Romagna**

Settore Scientifico - disciplinare ICAR 20

Dottorando: **Denis Grasso**

Tutor di tesi: **Francesco Musco**

Anno Accademico 2016-2017

Sommario

1. Introduzione. Obiettivi e metodologia della ricerca.....	10
1.1 I presupposti della ricerca	10
1.2 La tesi.....	14
1.3 Le domande di ricerca	17
1.4 La struttura della ricerca.....	19
2. Parte I. Inquadramento del tema di ricerca. Politiche di adattamento a scala locale, adattamento delle aziende e Nature-Based-Solutions	21
2.1 Mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Inquadramento del tema di ricerca dal punto di vista delle policy internazionali, europee, nazionali e locali	22
2.2 Cambiamenti climatici e pianificazione urbana in tempi di incertezza. Pensare la città in condizioni di rischio. L’approccio del Disaster Risk Management (DRM).....	30
2.3 Integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA): dalla teoria alla pratica.....	37
2.4 Cambiamenti climatici, aziende e PMI. Evidenze dal contesto europeo e nazionale circa la fragilità del sistema industriale europeo e nazionale agli effetti dei cambiamenti climatici.....	40
2.5 Il rischio climatico in Italia ed in Emilia-Romagna. Rischio idro-geologico ed esposizione delle aziende italiane agli effetti dei cambiamenti climatici in Emilia-Romagna	45
2.6 Analisi delle principali barriere nell’implementazione delle politiche e delle misure di adattamento a livello locale	50
2.7 I diversi approcci all’adattamento e alla riduzione del rischio di disastri naturali. Il ruolo delle Nature-Based-Solutions	57
2.8 Le soluzioni di adattamento basate sulla Natura (Nature-Based-Solutions). Dalla teoria alla pratica.	64
3. Parte II. Valutare l’efficacia delle NBS nel ridurre gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sulle imprese. Definizione della metodologia di studio e del percorso logico di analisi	72
3.1 Domande di ricerca e innovazione rispetto allo stato dell’arte sul tema del ruolo delle NBS come soluzioni per ridurre il rischio dei cambiamenti climatici.....	73
3.2 Descrizione dell’approccio Decision Support System (DSS) d’area vasta e premesse teoriche dello studio	76
3.3 Definizione della metodologia di studio. Definizione della terminologia di riferimento e descrizione dell’approccio di valutazione dei rischi legati al clima di tipo semi-qualitativo	83
3.4 Analisi e scelta del modello di simulazione per la valutazione della capacità di adattamento delle misure NBS all’intero di comparti industriali.....	90
3.5 Descrizione ed analisi delle due aree di studio. L’area industriale di Bomporto e l’area industriale del porto di Ravenna	96
4. Parte III. Definizione ed applicazione di un approccio innovativo per la valutazione e la quantificazione del rischio meteo-climatico e l’effetto di interventi nature-based-solutions. I casi applicativi delle aree industriali di Bomporto e Ravenna.....	104

4.1 Descrizione pratica della metodologia di studio impiegata. Struttura logica dello strumento di valutazione CAST	104
4.2 Modellizzazione degli scenari meteo-climatici al 2020, al 2030 e al 2050 in Emilia-Romagna e nelle due aree di studio. Dai dati climatici globali dell'IPCC alle simulazioni climatiche a livello locale	108
4.2.1 Scenari meteo-climatici nello scenario di riferimento (2019) e di medio (2030) e lungo periodo (2050) per l'area industriale di Bomporto.....	109
4.2.2 Scenari meteo-climatici nello scenario di riferimento (2019) e di medio (2030) e lungo periodo (2050) per l'area industriale del porto di Ravenna	112
4.3 Metodologia per il calcolo della probabilità di accadimento degli eventi meteo-climatici estremi all'interno delle aree di studio e del loro grado di vulnerabilità.....	115
4.4 Calcolo della probabilità di accadimento dei fenomeni meteorologici estremi all'interno delle aree di studio nei differenti scenari di studio e in relazione al valore soglia	121
4.5 Magnitudo dei potenziali danni alle aziende derivanti da eventi meteo climatici estremi. Definizione della metodologia di analisi.....	127
4.6 Modellizzazione e quantificazione della magnitudo dei potenziali impatti negativi dei cambiamenti climatici sulle imprese dei casi di studio	133
4.7 Definizione dei valori di magnitudo per le ondate di calore e le precipitazioni estreme nelle aree oggetto di studio	145
4.8 Quantificazione dei rischi meteo-climatici nelle due aree oggetto di studio. Definizione dei profili di rischio per tipologia di danno e di evento nello scenario di riferimento (2019).....	148
4.9 Modellizzazione del "potenziale di adattamento" delle misure di tipo Nature-Based (NBS).....	153
4.10 Risultati della modellizzazione in termini di riduzione dei rischi climatici al 2030 e al 2050 per le diverse tipologie di imprese dopo l'attuazione di interventi NBS	160
4.10.1 Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per l'area industriale di Bomporto.....	161
4.10.2 Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per l'area industriale del porto di Ravenna	166
4.11 Risultati della modellizzazione in termini di riduzione dei rischi climatici al 2030 e al 2050 a livello di interi comparti industriali dopo l'attuazione di interventi NBS	171
4.12 Efficacia degli interventi NBS nel ridurre il rischio meteo-climatico nelle due aree di studio: evidenze conclusive dal modello CAST	175
4.13 Limiti e potenzialità del metodo di studio utilizzato e del tool di valutazione. Analisi SWOT	179
5. Indirizzi di ricerca per l'ulteriore sviluppo della presente ricerca	182
5.1 Il "data driven decision making" per la costruzione di politiche e misure di adattamento efficaci. Indirizzi per il futuro sviluppo della presente ricerca	182
5.2 Sistemi innovativi per la diffusione dei dati di rischio legati al climate change: l'approccio della location intelligence	184
5.3 Verso una certificazione dei rischi ambientali di edifici e territori in Italia e sistemi premianti dei comportamenti virtuosi. Riflessioni teoriche preliminari	186
5.4 Il valore assicurativo delle Nature Based Solution in un contesto industriale	189
6. Considerazioni conclusive.....	192

Indice delle figure

Figura 1. Sintesi dei principali effetti negativi dei cambiamenti climatici su stili di vita, lavoro e trasporti. Fonte: EEA, 2016.....	23
Figura 2. Sintesi grafica dei 17 Sustainable Development Goals. Fonte: ONU, 2015.....	25
Figura 3. Stato di attuazione delle Strategie e dei Piani di adattamento in Europa. NAS: National Adaptation Strategy. NAP. National Adaptation Plan. Fonte: EEA, 2018.....	27
Figura 4. Stato delle Regioni italiane nell'adottare una Strategia Regionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Fonte: ISPRA, 2018.....	28
Figura 5. Percezione del rischio a livello globale. Classifica globale 2019. Fonte: Global Risks Report 2019 .	33
Figura 6. Evoluzione della percezione del rischio a livello globale. Fonte: World Economic Forum 2009–2019, Global Risks Reports.....	34
Figura 7. Interconnessioni tra rischi ambientali, rischi climatici e rischi sociali. Fonte: Munich RE, 2019.....	35
Figura 8. Adattamento ai cambiamenti climatici. Relazione tra i differenti concetti costitutivi. Fonte: Robrecht and Morchain, 2012.....	36
Figura 9. Sintesi delle principali differenze tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA). Fonte: EEA, 2017.....	37
Figura 10. Rischi ed opportunità per le imprese legate al cambiamento climatico. Fonte: IPCC,2013	41
Figura 11. Popolazione a rischio alluvioni residente in aree a pericolosità idraulica in Italia nel 2018. Fonte: Ispra, 2018.....	45
Figura 12. Popolazione a rischio residente in aree a pericolosità idraulica media su base regionale nel 2018. Fonte: Ispra 2018.....	46
Figura 13. Unità locali di Imprese a rischio alluvioni in Italia. Fonte: ISPRA 2018.....	47
Figura 14. Indicatori di rischio alluvioni relativi a popolazione, famiglie, edifici, imprese e Beni Culturali su base regionale - elaborazione 2018. Fonte ISPRA, 2018.....	47
Figura 15. Unità locali di Imprese a rischio alluvioni in aree a pericolosità idraulica media su base regionale e comunale. Fonte ISPRA, 2018.....	48
Figura 16. Misure di mitigazione e adattamento implementate dalle aziende italiane. Risultati di interviste condotte su oltre 500 imprese. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.....	50
Figura 17. Sintesi grafica dei principali approcci strategici all'adattamento. Fonte: EEA, 2016	59
Figura 18. Relazioni fra servizi ecosistemici e benessere umano. Fonte: Millenium Ecosystem Assessment, 2005.....	63
Figura 19. Principali progetti di ricerca e piattaforme informative europee in materia di NBS. Fonte: Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. Eds., 2019. Deliverable del progetto H2020 Thinknature.	69
Figura 20. Gap conoscitivi nella ricerca scientifica sul tema delle NBS. Fonte: Kabisch N., Frantzeskaki N., Pauleit S., Naumann S. (2016), Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action.....	80
Figura 21. Illustrazione dei concetti chiave legati al concetto di Rischio così come sintetizzati dal Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici. Fonte: IPCC, 2014.....	84
Figura 22. Il concetto di rischio e le relazioni con i concetti di pericolo, vulnerabilità e interventi basati di tipo nature-based. Fonte: EEA, 2015.....	85

Figura 23. Sintesi dei fattori fondamentali che compongono il rischio associato ai cambiamenti climatici così come definito nel rapporto IPCC del 2014. Fonte: GIZ, 2017.....	87
Figura 24. Schema delle fasi di Valutazione del Rischio. Fonte: Uni 11230	88
Figura 25. Sintesi dei tool analizzati e delle ragioni per cui sono stati esclusi.	93
Figura 26. Sintesi dei criteri di scelta del tool di modellizzazione della capacità di adattamento delle NBS sulle industrie.....	95
Figura 27. Veduta aerea della zona industriale di Bomporto, Provincia di Modena. Fonte: Google Maps	98
Figura 28. Riepilogo dei principali indicatori quantitativi e dimensionali relativi all'ara industriale di Bomporto. Fonte: CAP Modena, 2019.....	99
Figura 29. Immagine dell'alluvione che ha colpito l'area industriale di Bomporto nel 2014. Fonte: Gazzetta di Modena, 2014	99
Figura 30. Immagine dell'alluvione che ha colpito l'area industriale di Bomporto nel 2014. Fonte: Life Iris, 2018.....	100
Figura 31. Area industriale del porto di Ravenna così come identificata nel Quadro conoscitivo Ptcp Ravenna. Fonte: Comune di Ravenna	101
Figura 32. Veduta aerea del porto Canale di Ravenna e dell'area industriale che insiste sul canale stesso. Fonte: Comune di Ravenna	102
Figura 33. Riepilogo dei principali indicatori quantitativi e dimensionali relativi all'ara industriale del porto di Ravenna. Fonte: Autorità Portuale di Ravenna, 2018. Fonte per quanto riguarda la ripartizione delle aziende Fondazione ITL, 2016.....	103
Figura 34. Schema logico e concettuale del percorso di valutazione utilizzato dal tool CAST. Fonte: Life Iris, 2019.....	106
Figura 35. Schema logico e concettuale del percorso di valutazione utilizzato nello studio condotto. Fonte: Elaborazione propria.	107
Figura 36. Riepilogo dei differenti scenari emissivi IPCC a lungo termine (al 2050 e al 2010). Fonte: IPCC, 2015	109
Figura 37. Andamento delle temperature massime nell'area studio dell'area industriale di Bomporto nel periodo 1950 – 2000. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.	110
Figura 38. Scenario simulato di variazione percentuale delle temperature massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale di Bomporto. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.....	111
Figura 39. Precipitazione massima giornaliera in mm dal 1960 al 1990 nell'area studio dell'area industriale di Bomporto. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.	111
Figura 40. Scenario simulato di variazione percentuale delle precipitazioni massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale di Bomporto. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.....	112
Figura 41. Andamento delle temperature massime nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna nel periodo 1950 – 2000. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA....	113
Figura 42. Scenario simulato di variazione percentuale delle temperature massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.	114
Figura 43. Precipitazione massima giornaliera in mm dal 1960 al 1990 nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.	114
Figura 44. Scenario simulato di variazione percentuale delle precipitazioni massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.	115

Figura 45. Curve gaussiane per la rappresentazione statistica della frequenza di accadimento di un determinato fenomeno meteo climatico. A causa dei cambiamenti climatici in atto, i punti di equilibri di tali curve si stanno significativamente modificando. Fonte: Risky Business, 2014.....	116
Figura 46. Formule utilizzate dal tool CAST per ottenere la gaussiana per i due scenari futuri al 2030 e al 2050. μ e σ sono la media e la varianza della distribuzione gaussiana. Fonte: Life IRIS, 2018.	117
Figura 47. Valori medi delle temperature massime estive dell'Emilia-Romagna nel periodo recente 1991-2015. Fonte: Arpae Emilia-Romagna, 2017	118
Figura 48. Indice di calore di Stedman utilizzato per la definizione dei valori soglia all'interno del modello CAST. Fonte: INAIL, 2018.	119
Figura 49. Valori medi delle precipitazioni stagionali in Emilia-Romagna nel periodo recente 1991-2015. Fonte: Arpae Emilia-Romagna, 2017.....	120
Figura 50. Aree a pericolosità idraulica media P2 a livello nazionale. Appare evidente come l'area oggetto di studio ricada ampiamente all'interno di questa area (ISPRA, 2018).	121
Figura 51. Ravenna. Estratto dalla mappa di rischio idraulica. Fonte: ISPRA, 2018.	122
Figura 52. Bomporto. Estratto dalla mappa di rischio idraulica. L'area industriale di Bomporto ricade all'interno di un'area di pericolosità P2. Fonte: ISPRA, 2018.....	123
Figura 53. Bomporto. Stima della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 37° C. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.....	123
Figura 54. Bomporto. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre differenti scenari temporali. Riepilogo dei valori percentuali di accadimento di ondate di calore all'interno dell'area studio di Ravenna. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.	124
Figura 55. Ravenna. Stima della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 37° C. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.....	124
Figura 56. Ravenna. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre differenti scenari temporali. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.....	125
Figura 57. Bomporto. Stima della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 60 mm/giorno. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.	125
Figura 58. Bomporto. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre differenti scenari temporali. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.....	125
Figura 59. Ravenna. Stima della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 60 mm/giorno. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.	126
Figura 60. Ravenna. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre differenti scenari temporali. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.....	126
Figura 61. Schema relativo alle potenziali minacce e opportunità legate ai cambiamenti climatici lungo l'intera catena di generazione del valore dell'impresa. Fonte: Dasaklis, 2015	128
Figura 62. Schema sugli effetti dei cambiamenti climatici sulle supply chain industriali. Fonte: Dasaklis, 2015	129
Figura 63. Impatti dei cambiamenti climatici percepiti dalle imprese sulla propria supply chain. Fonte: Zurich, 2016.....	132
Figura 64. Effetti potenziali dei cambiamenti climatici sulle attività di business. Risultati di un'indagine condotta a livello europeo. Fonte: DNV GL, 2017	133
Figura 65. Magnitudo media impatti potenziali per eventi climatici in Europa. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.	135
Figura 66. Percezione magnitudo media degli impatti per evento climatico e per settore. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.	136
Figura 67. Sintesi dei valori di magnitudo dei danni associati a ciascun rischio aziendale per tutti i differenti eventi meteorologici estremi analizzati Fonte: Life IRIS, 2018.....	138
Figura 68. Corrispondenza tra i codici ATECO e le macro-classi utilizzate nel presente studio.	140

Figura 69. Esempi delle tipologie di imprese che ricadono all'interno delle macro categorie utilizzate.....	141
Figura 70. Ondate di calore. Peso relativo dei valori di magnitudo rispetto ad ogni ambito di danno aziendale così come dedotto dall'analisi della letteratura scientifica. I valori sono i seguenti: ++ magnitudo elevata; + magnitudo di media entità; 0 magnitudo bassa.....	142
Figura 71. Precipitazioni estreme. Peso relativo dei valori di magnitudo rispetto ad ogni ambito di danno aziendale così come dedotto dall'analisi della letteratura scientifica. I valori sono i seguenti: ++ magnitudo elevata; + magnitudo di media entità; 0 magnitudo bassa.	142
Figura 72. Importi medi ammessi per categoria di danno e dimensione aziendale. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.....	143
Figura 73. Ravenna, Ondate di calore. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Ravenna.	146
Figura 74. Ravenna, Precipitazioni estreme. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Ravenna.	147
Figura 75. Bomporto, Ondate di calore. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Bomporto.	147
Figura 76. Bomporto, Precipitazioni estreme. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Bomporto.....	148
Figura 77. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per tipologia di danno. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	149
Figura 78. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	149
Figura 79. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	150
Figura 80. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda di servizi/uffici. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	150
Figura 81. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per tipologia di danno. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	151
Figura 82. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	151
Figura 83. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	152
Figura 84. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda di servizi/uffici. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST	152
Figura 85. Elenco di alcune misure di interventi NBS e della loro efficacia in termini di target di adattamento e variabili tecniche. Fonte: D'Ambrosio V., Leone M. F., 2017	155
Figura 86. Sintesi dei principali casi studio presi come riferimento per il controllo dei valori relativi alla capacità di adattamento delle NBS del tool CAST.	157
Figura 87. Capacità di adattamento delle NBS in relazione alle ondate di calore. Fonte: Elaborazione propria sulla base della principale letteratura scientifica esistente.	157
Figura 88. Capacità di adattamento delle NBS in relazione alle precipitazioni estreme. Fonte: Elaborazione propria sulla base della principale letteratura scientifica esistente.	159
Figura 89. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria	162
Figura 90. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio	

climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria	163
Figura 91. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all’attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un’azienda di servizi. In giallo i valori riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria	165
Figura 92. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all’attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un’azienda manifatturiera di piccole dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria	167
Figura 93. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all’attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un’azienda manifatturiera di grandi dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria	168
Figura 94. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all’attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un’azienda di servizi. In giallo i valori riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria.	169
Figura 95. Numero di aziende per categoria di imprese individuate all’interno delle due aree industriali oggetti di indagine. Fonte: Elaborazione propria su dati AIDA.....	172
Figura 96. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all’attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 a livello di intera area industriale. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria	173
Figura 97. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all’attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 a livello di intera area industriale. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria.....	174
Figura 98. Bomporto. Riduzione in valore assoluto e in termini percentuali al 2030 e al 2050 del rischio meteo-climatico a livello di intero comparto industriale rispetto allo scenario BAU (2018) con interventi NBS	176
Figura 99. Ravenna. Riduzione in valore assoluto e in termini percentuali al 2030 e al 2050 del rischio meteo-climatico a livello di intero comparto industriale rispetto allo scenario BAU (2018) con interventi NBS	177
Figura 100. SWOT analisi della metodologia di studio utilizzata nel presente studio.	180

1. Introduzione. Obiettivi e metodologia della ricerca

1.1 I presupposti della ricerca

La città contemporanea così come si è venuta a costituire negli ultimi decenni di rapida crescita ed espansione è una città scarsamente resiliente, estremamente vulnerabile alle trasformazioni indotte dai cambiamenti climatici in atto a livello globale. Ne sono la prova ad esempio i danni prodotti dall'uragano Katrina a New York o i morti e gli ingenti danni provocati in numerose città italiane in seguito ad eventi meteorologici eccezionali che continuano a ripetersi ogni anno in differenti parti del Paese (ISPRA, 2018). Questa elevata vulnerabilità della città contemporanea agli effetti dei cambiamenti climatici si lega in particolar modo a problemi irrisolti legati all'interazione città-acqua e alle ondate di calore (Musco F., Zanchini E., 2014).

Ideare e progettare interventi in grado di ridurre in modo efficace ed efficiente la vulnerabilità della città contemporanea a dinamiche idro-geologiche del tutto nuove, rappresenta pertanto una priorità sia per la ricerca scientifica che per i policy maker a livello europeo, nazionale e locale. In particolar modo, come evidenziato in più occasioni dalla Commissione Europea (Commissione Europea, 2015 e 2019), serve ripensare agli strumenti di Piano e progettuali di cui le città dispongono, ideando nuove strategie d'azione in grado di considerare i problemi in tutta la loro complessità. Per far questo è necessario "espandere gli orizzonti della pianificazione sia in termini spaziali che temporali" (EEA, 2016), ovvero considerare nel progetto urbano scale vaste ed effetti di lungo/lunghissimo termine. È necessario inoltre andare oltre la logica dei comparti di sviluppo con perimetri definiti (caratteristica di numerosi progetti di architettura) o delle politiche settoriali incapaci di considerare le dinamiche legate ai cambiamenti climatici nella loro complessità (EEA, 2016). Considerare questa complessità in maniera "Hydro-logica" in contesti urbani fluviali e costieri, vuol dire pertanto pensare la città in relazione alle reti ecologiche, alle infrastrutture verdi e blu che circondano e attraversano le aree urbane. Vuol dire pensare alla città che progetta e disegna in maniera completamente diversa le proprie relazioni con gli spazi d'acqua, allo stesso tempo suo elemento vitale e minaccia.

Accanto al tema più generale delle politiche urbane di adattamento, sta crescendo l'attenzione alle cosiddette Nature-Based Solutions (NBS) come soluzioni efficaci nel creare contesti urbani più resilienti, garantendo al contempo una molteplicità di benefici sociali, ambientali ed economici. Per progetti urbani "nature-based" (NBS), così come indicato dalla Commissione Europea nel rapporto "Nature-Based Solutions and Renaturing Cities" del 2015, si intendono quelle misure "ispirate, supportate e replicate dai meccanismi naturali" che consentono di aumentare la resilienza dei contesti urbani garantendo allo stesso tempo maggiore attrattività ed opportunità di sviluppo. Questa definizione è in linea con quella maggiormente

utilizzata a livello internazionale (Carsten Nesshöver C., Assmuth T., Irvine K., Rusch G., Waylen K., Delbaere B., Haase D., Jones-Walters L., Keune H., Kovacs E., Krauze K., Külvik M., Rey F., van Dijk J., Inge Vistad O., Wilkinson M., Wittmer H., 2016), codificata da IUCN nel 2016 e che definisce le NBS come le “azioni finalizzate a proteggere, gestire in modo sostenibile e ripristinare ecosistemi naturali o modificati, affrontando le sfide della società in modo efficace e adattivo, fornendo allo stesso tempo benefici per la salute umana e la biodiversità” (Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S., 2016).

Il tema rappresenta una priorità di ricerca per la Commissione Europea che proprio alle NBS ha dedicato risorse economiche e politiche consistenti nel tentativo di sviluppare dal punto di vista teorico e tecnico nuovi approcci concettuali e operativi in grado di portare ad una larga applicazione di misure di adattamento basate sulla natura. Per quanto riguarda le politiche europee in materia di NBS basti pensare allo sforzo fatto dalla Commissione Europea a partire dal Libro Verde del 2013, passando per la Strategia Europea per la Biodiversità fino alle “Linee Guida sull’integrazione degli ecosistemi e dei loro servizi all’interno dei processi decisionali” del 2019, politiche che di fatto fanno dell’Unione Europea un riferimento internazionale in materia di NBS (Carsten Nesshöver C., Assmuth T., Irvine K., Rusch G., Waylen K., Delbaere B., Haase D., Jones-Walters L., Keune H., Kovacs E., Krauze K., Külvik M., Rey F., van Dijk J., Inge Vistad O., Wilkinson M., Wittmer H., 2016). Questa centralità delle NBS a livello europeo, si è tradotta anche in una rilevanza del tema a livello di ricerca. Per quanto riguarda la ricerca sul tema delle NBS infatti, nel periodo di finanziamento 2014-2020, all’interno dei work programme relativi al Clima di tutti i principali programmi di finanziamento (Horizon2020, Interreg, Life, ecc.) sono state numerose le call che hanno avuto come tema proprio quello delle soluzioni basate sulla natura a conferma della centralità riconosciuta a tale approccio progettuale e teorico.

Tuttavia ad oggi sono poche le città europee che hanno messo in pratica azioni e strategie di adattamento e per le quali siano state avviate attività di monitoraggio e valutazione delle misure attuate (Commissione Europea, 2016). Mancano quindi evidenze e dati circa le azioni più efficaci nel rendere le città europee più resilienti. Il numero di piani di adattamento è in crescita, grazie anche al contributo del nuovo Covenant of Mayors for Climate and Energy. A fine 2019 erano oltre 10.000 i firmatari del Covenant, con una popolazione coinvolta di circa 318 milioni di persone. A fronte dei molti firmatari, solo poco più della metà delle città hanno redatto un piano d’azione (poco più di 6.000) e solo 1.200 hanno previsto una sezione dedicata all’Adattamento. Molte città inoltre, per quanto riguarda la parte di adattamento, si sono fermate ai soli studi sulla vulnerabilità e hanno redatto Piani le cui azioni sono rimaste sulla carta o in cui sono state avviate solo le misure soft a causa della mancanza di capacità progettuali e/o mancanza di risorse finanziarie per attuare gli interventi di maggiori dimensioni e con gli impatti più rilevanti (EEA, 2016). Mancano quindi a livello europeo evidenze sull’efficacia e l’efficienza di queste azioni di adattamento ed in particolar modo di quelle azioni di adattamento basate sulla natura.

Queste tematiche si legano strettamente al tema di utilizzare al meglio le limitate risorse economiche disponibili per le amministrazioni pubbliche a tutti i livelli, individuando quelle azioni e quelle progettualità maggiormente costo-efficienti. A livello internazionale ed europeo si sta lavorando molto su questo tema, con un proliferare di piattaforme, software e tool pensati per sostenere le pubbliche amministrazioni nell'individuare quelle azioni di adattamento a scala urbana più costo-efficienti. Una valutazione economica che non può più limitarsi alla sola valutazione costi-benefici classica, ma che deve essere in grado di valutare anche il contributo ambientale e sociale di opere e progetti (World Bank, 2015).

Così oggi una delle sfide dell'urbanistica e delle politiche urbane contemporanee è trovare soluzioni progettuali e gestionali in grado di garantire una maggiore sicurezza delle città e delle persone che vi abitano gravando il meno possibile sulla finanza pubblica (EEA, 2017). Pertanto una delle sfide diventa trovare nuovi modi per incentivare i privati ed industrie ad investire sulla propria sicurezza e quella della città. Per raggiungere questo fine è necessario partire dalla costruzione di nuove piattaforme conoscitive e informative in grado da un lato di colmare il gap conoscitivo su queste tematiche e dall'altro di costruire basi informative che consentano una valutazione quantitativa e oggettiva degli impatti degli interventi attuati in termini di riduzione dell'esposizione al rischio ambientale al fine di innescare possibili meccanismi premiali e di sostegno.

A livello globale sta crescendo la consapevolezza dei nuovi e vecchi rischi a cui i cambiamenti climatici espongono città, territori e industrie. Oggi infatti, come evidenziato dal Global Risks Report 2019 di Munich RE, "il deterioramento delle condizioni ambientali rappresenta il principale rischio a lungo termine della nostra epoca" (Munich RE, 2019). Inoltre, sempre analizzando i dati di Munich RE, è interessante notare come fino al 2010 non c'era nessuna tematica di tipo ambientale tra i primi cinque rischi a livello globale. I pericoli percepiti erano maggiormente legati alla dimensione economica e finanziaria, preoccupazioni facilmente spiegabili vista la vicinanza temporale alla grande crisi globale del 2008. Agli aspetti di tipo economico si aggiungevano preoccupazioni legate a malattie e ai conflitti di natura geopolitica. A partire dal 2011 invece, il tema dei rischi legati al cambiamento climatico sono andati costantemente crescendo, sino ad arrivare al periodo dal 2017 in poi in cui tra i primi cinque rischi a livello globale tre sono sempre di natura ambientale e ai cambiamenti climatici.

Questa crescente percezione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici si traduce spesso in una richiesta di azione celere ed efficace. L'urgenza dell'agire del resto è giustificata dalle evidenze di alcuni enti internazionali quali Banca Mondiale, IPCC, OCSE, FAO, UNDP solo per citarne alcuni, che sottolineano come nell'arco di 50-100 anni gli impatti di precipitazioni estreme e ondate di calore potranno essere devastanti per alcune aree del pianeta. L'Europa e nello specifico l'Italia saranno aree molto colpite da queste trasformazioni climatiche in atto (IPCC, 2018). Nonostante tutte queste evidenze scientifiche, sono ancora molte le barriere che limitano una piena azione in materia di attuazione di efficaci misure di adattamento ai

cambiamenti climatici, soprattutto a livello locale. Per questo approfondire gli impatti determinati dai fenomeni meteorologici estremi (cicloni, temporali, ondate di calore, ecc.) e provvedere ad un downscaling su scala locale delle previsioni effettuate a livello globale, è oggi un campo di ricerca imprescindibile per coloro che si occupano di pianificazione e politiche urbane (Musco F., Fregolent L., 2017).

Un ulteriore problema che rallenta la realizzazione di misure di adattamento e di misure di adattamento basate sulla natura è legato in modo particolare al fatto che oggi pianificazione urbana e mondo industriale e della finanza spesso parlano “due lingue diverse” (Unipol, 2018). Queste due lingue diverse in molti casi non consentono alla pianificazione urbana di arrivare a proposte progettuali in grado di essere prontamente finanziate da privati e/o da enti finanziari come banche e assicurazioni. Questo è un problema di lunga data e ampiamente dibattuto in letteratura e deriva dal fatto che il concetto di gestione/riduzione del rischio non è direttamente connesso con quello di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC, 2015). Tali concetti infatti, quello di Disaster Risk Reduction (DRR) e quello di Adattamento, si sono storicamente e metodologicamente sviluppati in due momenti e in due contesti differenti. Il primo infatti è sempre esistito ed è tradizionalmente legato al mondo delle assicurazioni. Il secondo invece è un approccio nuovo ed emergente, sviluppatosi in tempi più recenti in riferimenti all'emergenza climatica (EEA, 2017). Fino ad oggi in Europa “le due comunità attive in DRR e adattamento hanno operato in modo piuttosto indipendente” (EEA, 2016), portando al problema delle “due lingue” differenti tra pianificazione urbana legata al concetto di adattamento e mondo assicurativo e imprenditoriale legato invece al tema del Disaster Risk Reduction (DRR).

L'integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA) è un'urgenza teorica e pratica (Monty, F., Murti, R., Furuta, N., 2016). Infatti “il DRR basato sulle vulnerabilità presenti e passate può fallire nel suo obiettivo di costruire la resilienza ai rischi futuri, ma anzi contribuire alla generazione di ulteriori rischi, se non tiene conto e non affronta le conseguenze dei cambiamenti climatici. Ad esempio, una difesa da inondazioni progettata senza una adeguata considerazione dei cambiamenti climatici (un possibile innalzamento del livello del mare e un'intensificazione delle mareggiate), può trasmettere un senso di falsa sicurezza alle comunità insediate e risultare in mal-adattamento” (SNAC, 2017).

Un tema centrale di ricerca diventa quindi quello della simulazione degli effetti di policy, piani, progetti e misure a scala territoriale come strumento applicato al supporto alla decisione dei principali stakeholder pubblici e privati. Questi temi infatti definiscono una filiera logica che individua nei modelli di conoscenza e di simulazione una risorsa chiave per il progetto urbano resiliente, che può misurare la propria efficacia in rapporto alla sua capacità di riduzione delle vulnerabilità e degli impatti, nonché di offrire benefici congiunti legati all'incremento della qualità ambientale, della vivibilità delle aree urbane, delle opportunità sociali ed economiche per le comunità locali. Per fare questo “è necessario che i decisori politici, gli esperti e i practitioners coinvolti in entrambi i processi comunichino e collaborino tra loro in maniera efficace per

sviluppare strategie e piani a livello locale e nazionale che assicurino un approccio integrato alla gestione del rischio” (Ministero dell’Ambiente, 2017).

1.2 La tesi

Questa ricerca parte dalla convinzione che oggi sia più che mai urgente tanto dal lato teorico che da quello pratico fornire evidenze scientifiche circa l’efficacia delle misure basate sulla natura (NBS) nel ridurre il rischio e l’esposizione di città ed imprese agli effetti dei cambiamenti climatici. Misurare l’efficacia delle NBS in termini di capacità di ridurre l’esposizione al rischio connesso ai cambiamenti climatici, è la strada identificata per avvicinare pianificazione urbanistica (legata al concetto di adattamento) alla valutazione dei progetti realizzati dal mondo assicurativo e industriale (legati al concetto di gestione/riduzione del rischio). Il presente studio intende portare nuove evidenze circa potenziali soluzioni utilizzabili per colmare questo grave gap comunicativo tra pianificazione e industria/mondo assicurativo, utilizzando il concetto di “rischio” come possibile elemento di unificazione tra il soggetto pubblico che pianifica e il soggetto privato che sempre più spesso è chiamato a finanziare un dato intervento. Il tutto guidato dalla ricerca della “semplicità” metodologica, che non è sinonimo di banalizzazione e/o inaffidabilità del risultato. Semplicità è sinonimo invece di velocità, praticità e replicabilità della metodologia proposta in altri contesti. Velocità nel passare da una fase di pianificazione dell’intervento ad una di pre-fattibilità e definizione delle opportunità di finanziamento e di governance per la sua realizzazione. Praticità in quanto gli indicatori utilizzati sono compatibili con quelli utilizzati nel mondo della finanza e della gestione delle imprese e viceversa.

In sintesi, rispetto allo stato dell’arte, questa tesi intende indagare modalità innovative di interazione tra adattamento (CCA) e DRR al fine di valutare in termini quantitativi la capacità di adattamento delle soluzioni basate sulla natura (NBS) e verificarne la loro efficacia in termini di riduzione di rischio in due casi studio specifici.

In letteratura esistono diverse metodologie e modalità di valutazione del rischio. In sintesi, a seconda del livello di controllo e di misurabilità dei fattori che determinano il livello di rischio, possono essere adottati due approcci metodologici differenti (Patassini D., 2006). Un “approccio quantitativo”, utilizzato soprattutto nel mondo industriale dove si hanno processi noti e in cui tutti i fattori oggetto del fenomeno stesso sono controllabili e misurabili e un “approccio qualitativo e semi-qualitativo”, utilizzato invece dove è impossibile misurare o controllare con esattezza e precisione tutti i fattori che concorrono alla definizione del livello di rischio. Data la complessità e la natura dei cambiamenti climatici e l’elevato grado di incertezza soprattutto nelle valutazioni di medio e lungo periodo, la ricerca sul tema utilizza un approccio di tipo qualitativo o semi-qualitativo.

Date queste premesse teoriche e gli obiettivi di ricerca, si è reso necessario individuare uno strumento che consentisse di effettuare queste valutazioni. L'identificazione del tool non è stata semplice. A livello internazionale ed europeo infatti si stanno moltiplicando i tool, gratuiti o a pagamento, finalizzati alla valutazione economica ed ambientale di Piani e progetti contenenti misure di adattamento ai cambiamenti climatici. Solo la Commissione Europea, nella sua attività di monitoraggio e mappatura dei tool esistenti per l'adattamento nell'ambito della Piattaforma Climate-ADAPT, ha mappato 76 tool differenti, la maggior parte dei quali sviluppati nell'ambito di progetti di ricerca finanziati dall'Unione Europea (Commissione Europea, 2018). L'attività di ricerca è pertanto partita dall'analisi degli strumenti utilizzati in diversi paper scientifici e studi tecnici per condurre il tipo di indagine che si propone il presente studio (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017). Questa attività di analisi ha portato ad identificare diversi limiti di molti di questi tool, arrivando pertanto ad individuare solo pochi strumenti realmente in grado di compiere le analisi richieste. I criteri di selezione sono stati quelli relativi alla capacità del tool di garantire un buon supporto nella fase di modellizzazione degli scenari climatici nel medio e lungo periodo a scala locale, arrivare ad una quantificazione numerica del livello di rischio, prevedere una modellizzazione degli effetti delle NBS in termini di capacità di riduzione del rischio ed infine che fosse preferibilmente già stato testato in un qualche modo nell'area oggetto di indagine (la Regione Emilia-Romagna) e che consentisse pertanto di avere un caso studio di riferimento da usare come "caso di controllo", un termine di paragone per effettuare controlli aggiuntivi circa l'attendibilità dei risultati.

La scelta del tool è ricaduta sull'Adaptation Support Tool CAST sviluppato nell'ambito del progetto Life IRIS (Improve Resilience of Industry Sector)¹. Il tool CAST copre cinque eventi meteorologici estremi, otto categorie di impatto aziendale, diversi profili di sensibilità per settore in linea con gli scenari IPCC e tre orizzonti temporali (stati di fatto, 2030 e 2050). Il tool è stato concepito come uno strumento di screening per aiutare le aziende a valutare la loro vulnerabilità dovuta ai rischi indotti dal cambiamento climatico, consente di identificare le misure di adattamento e valutarne l'efficacia in termini di riduzione del rischio. Le ragioni della scelta sono state legate al fatto che il tool in questione è già stato testato nel contesto italiano e nello specifico in quello emiliano romagnolo, è un tool estremamente flessibile che consente alti livelli di personalizzazione da parte dell'utente (aspetto che è stato utilizzato) e ha alle spalle una solida e certificata metodologia scientifica frutto di numerosi studi condotti sia a livello europeo che nazionale (Carbon Disclosure Project, Sant'Anna di Pisa, Ministero dell'Ambiente).

Questo strumento rientra all'interno di quelli che in letteratura vengono definiti "Sistemi di Supporto alle Decisioni" (Decision Support System, DSS). Un Sistema di Supporto alle Decisioni viene definito come "un approccio o una metodologia atta a supportare un processo decisionale" (Mocenni C., 2006). Per fare questo

¹ <http://www.lifeiris.eu/>

“utilizza dati misurati e conoscenze proprie del decisore. Inoltre utilizza modelli e viene costruito attraverso un processo iterativo e interattivo che coinvolge gli utenti finali” (Mocenni C., 2006). Questi strumenti, vengono utilizzati anche nella ricerca scientifica e accademica (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016) oltre che nel supportare i vari stakeholder (sia pubblici che privati) nell’assumere le loro decisioni in temi di incertezza. Va evidenziato tuttavia come “l’uso di un DSS non rimuove la soggettività insita nei processi decisionali. Nell’ottica di un processo partecipato e a molti obiettivi, infatti, non ha senso ricercare una soluzione ottimale da un punto di vista tecnico oggettivo. Piuttosto, il DSS ha lo scopo di fornire al decisore politico, cui spetta comunque la responsabilità finale della scelta, gli elementi necessari per effettuarla in modo informato e consapevole. Attraverso un DSS l’intero processo decisionale può essere reso trasparente e ripercorribile, sia dal punto di vista delle procedure che dei contenuti di studi e analisi” (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). Il presente lavoro pertanto, nell’ambito dell’approccio metodologico semi-qualitativo di cui sopra, ha gestito e ove possibile controllato l’inevitabile soggettività di alcuni dati di input utilizzati esplicitando nei dettagli ogni passaggio logico ed ogni assunto teorico e pratico effettuato.

Date queste premesse, vista la vastità del campo di indagine, è stato necessario focalizzarsi su un caso di studio e alcune dimensioni progettuali e teoriche specifiche. Nello specifico ci si è concentrati sulla valutazione delle misure di adattamento nelle sole aree industriali urbane, in riferimento ai due impatti dei cambiamenti climatici che maggiormente impattano su queste aree e sul settore industriale in generale: le ondate di calore e le precipitazioni estreme. Tale valutazione è stata condotta su due casi studio specifici (Ravenna e Bomporto), due aree industriali della Regione Emilia-Romagna.

Per quanto riguarda il focus sulle aree industriali urbane, queste risultano essere di particolare interesse accademico in quanto sono aree urbane sulle quali gli studi scientifici sugli impatti dei cambiamenti climatici si sono meno focalizzati, studiando spesso con maggiore attenzione le aree prettamente urbane (centri storici e aree residenziali) (EEA, 2017). Il focus specifico pertanto ha consentito di apportare nuove evidenze su un tema specifico maggiormente di frontiera. Il focus sulle industrie inoltre è giustificato dal fatto che l’80% delle piccole e medie imprese (PMI) a livello globale teme l’impatto dei cambiamenti climatici sul proprio business (Gruppo Zurich, 2016). Temono questo impatto in maniera particolare soprattutto le PMI in quanto “il 90% delle PMI costrette a interrompere la produzione per più di una settimana a causa di un evento catastrofico falliscono entro un anno” (Agnoli N., Zamboni M., 2019). Pur essendo consapevoli dei rischi a cui sono esposte, la maggior parte delle imprese non ha intrapreso adeguate misure di adattamento (DNV GL, 2017). Per quanto riguarda l’Italia, esso è uno dei Paesi in cui le PMI sottovalutano maggiormente l’impatto di eventi climatici estremi sul proprio business (Gruppo Zurich, 2016).

Per quanto riguarda il focus su due impatti particolari dei cambiamenti climatici (ondate di calore e precipitazioni estreme), questo è giustificato dal fatto che sono i due fenomeni meteo-climatici che impattano e impatteranno maggiormente su imprese e città europee e italiane (Gruppo Zurich, 2016).

Considerando le sole ondate di calore, secondo le stime più recenti (OIL, 2019), nel 2030 il 2,2% del totale delle ore di lavoro in tutto il mondo andrà perso a causa di temperature più elevate. Questo equivale a perdite economiche globali pari a circa 2.400 miliardi di dollari. Per quanto riguarda i danni da precipitazioni estreme e alluvioni, a livello globale nel solo 2018 ci sono state più di 5.000 morti e 28 miliardi di dollari di danni secondo le stime delle Nazioni Unite e del “Centre of Research on the Epidemiology of Disasters” (CRED, 2019).

Per quanto riguarda il focus sull’Emilia-Romagna, questo è giustificato e di interesse scientifico in quanto è la Regione italiana con il maggior numero di aziende esposte a rischio meteo-climatico. Stando agli ultimi dati dell’ISPRA (dati 2018), sono 254.600 le aziende emiliano-romagnole in aree a pericolosità media P2 (tempo di ritorno tra 100 e 200 anni) e più di 1 milione i lavoratori esposti a questi rischi, pari al 68% dei lavoratori esposti a livello nazionale. L’elevato numero di unità locali di imprese a rischio idraulico è legato alla maggiore densità di industrie e servizi nelle aree di pianura nel territorio italiano. Tutto questo andrà a peggiorare nel medio e lungo periodo come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto, rendendo il focus su questa area ancora di maggiore interesse dal punto di vista del potenziale impatto positivo nella realizzazione di interventi NBS in chiave di adattamento a questi fenomeni estremi.

Si evidenzia infine come l’approccio sviluppato nella presente ricerca circoscrive l’ambito di studio all’efficacia teorica e pratica delle NBS a livello di comparto industriale/ di area vasta. Non viene pertanto adottato un approccio di tipo progettuale, che entra in dettagli di tipo progettuale e/o ingegneristico del tipo spessore dei tetti verdi, tipologie di materiali drenanti da utilizzare, ecc. Il presente lavoro sviluppa un approccio di area vasta basato su un approccio di tipo statistico. Nella letteratura scientifica infatti esistono numerosi casi di NBS valutate singolarmente, a livello di singolo edificio su cui vengono realizzate. Esiste invece un numero molto più limitato di casi studio che valutano l’impatto e l’efficacia di una “rete di NBS” nel ridurre i rischi connessi ai cambiamenti climatici a cui un determinato territorio e/o area urbana sono esposti.

1.3 Le domande di ricerca

I tempi di crisi possono essere una opportunità se visti come una possibilità di rivedere modelli consolidati di crescita e di sviluppo urbani che hanno generato non pochi problemi alle nostre città e al rapporto tra urbanizzato e ambientali naturali, problematiche che si sono tradotte in una scarsa resilienza di numerose aree urbane (Pelizzaro P., 2014; Desouza K.C., Flanery T.H., 2013; Lu P., Stead D., 2013). Per questo se ogni crisi, soprattutto in campo urbanistico, ha saputo portare alla luce nuovi temi, nuovi percorsi di ricerca e nei migliori dei casi anche nuove soluzioni a vecchi problemi (Secchi, 2013), allora le sfide inedite poste dal

cambiamento climatico offrono alla pianificazione territoriale e urbanistica un'opportunità per tornare a rivendicare la propria utilità sociale contribuendo a risolvere i problemi, ridefinendo gli obiettivi disciplinari e il campo d'indagine, di riflessione e di progetto (Musco F., Zanchini E, 2014). E consente di esplorare anche nuove dimensioni per gestire l'incertezza, quell'incertezza che spesso blocca l'agire sia del pubblico che del privato. In situazioni di incertezza diventano fondamentali tematiche tipiche della gestione del rischio quale il calcolo delle probabilità e di conseguenza la valutazione del rischio (D'Ambrosio V., Leone M.F, 2017) e queste dimensioni andranno incorporate in modo nuovo all'interno degli strumenti di piano.

Lo scopo di questa ricerca è fornire evidenze circa l'efficacia delle misure NBS nel ridurre il livello di rischio a cui le imprese sono sempre più esposte in seguito all'aumento degli impatti meteo-climatici legati ai cambiamenti climatici e la definizione di uno schema concettuale per la valutazione del valore assicurativo delle soluzioni basate sulla natura che consenta un allineamento teorico e pratico tra l'approccio territoriale della "pianificazione dell'adattamento" (CCA) e l'approccio di gestione del rischio di disastri (DRR). La possibilità di individuare e definire risposte a questi quesiti passa inevitabilmente dalla definizione di innovative metodologie di analisi e valutazione di interventi NBS in grado di raccordare le metriche e i linguaggi della pianificazione urbanistica con quelle del mondo della finanza e del mondo imprenditoriale. Come già evidenziato in precedenza, l'integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA) è un'urgenza teorica e pratica (SNAC, 2015; IUCN, 2013).

Le due domande di ricerca si riferiscono direttamente ad una delle "sette priorità di ricerca e innovazione in materia di nature-based-solution" definite dalla Commissione Europea nel 2015 per guidare i temi dei principali programmi di finanziamento alla ricerca europei (Horizon 2020 in particolare) ed in particolare al fatto che c'è un bisogno urgente di esplorare scientificamente metodologie e schemi concettuali per valutare il valore assicurativo delle soluzioni basate sulla natura e integrare questi aspetti all'interno di un approccio di gestione del rischio di disastri naturali (Commissione Europea, 2015).

In particolare si è definita una metodologia in grado di quantificare la capacità delle NBS di ridurre il rischio (capacità di adattamento) associato alla gestione ed al recupero di un'area industriale. Una metodologia in grado di andare oltre la tradizionale analisi costi-benefici, considerando anche esternalità ambientali positive e negative spesso non catturate dagli strumenti tradizionali di valutazione economica (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). La metodologia definita si muove nella direzione di esplorare un nuovo quadro di riferimento pianificatorio ed amministrativo che possa fungere da substrato fertile per creare incentivi (diretti e/o indiretti) per chi conserva e/o migliora gli ecosistemi di propria competenza e il valore assicurativo per la collettività che tali ecosistemi hanno.

Un'altra sfida del presente studio, strettamente collegato con le due domande di ricerca sopra presentate, è l'applicazione delle metodologie di studio e la ricerca delle risposte all'interno di due casi studio specifici

dell'Emilia-Romagna (Ravenna e Bomporto). Questa sfida cerca di rispondere all'esigenza evidenziata nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici italiana in cui si legge la necessità che "le politiche e le azioni di adattamento siano contestualizzate, cioè devono essere elaborate e pianificate caso per caso, al fine di rispondere in maniera efficace alle diverse necessità e situazioni regionali e locali" (SNAC, 2015). Questa sfida ha introdotto degli elementi di complessità nella metodologia utilizzata e negli approcci utilizzati che verranno puntualmente analizzati nella Parte III del presente studio e che di fatto rappresentano un elemento di innovatività relativamente a come le singole problematiche sono state gestite.

Rispetto allo stato dell'arte, questa ricerca intende fornire un contributo originale basato su casi studio reali circa le possibilità e le modalità di integrazione tra politiche di adattamento e misure di Disaster Risk Reduction (DRR) mediante l'utilizzo di NBS. In particolare è stato valutato l'impatto di queste misure NBS nel medio (2030) e lungo (2050) periodo, aggiungendo un tassello conoscitivo in materia di pianificazione territoriale strategica di lungo periodo finalizzata all'adattamento ai cambiamenti climatici.

1.4 La struttura della ricerca

La ricerca è strutturata in tre parti. La prima parte mira a ricostruire lo stato dell'arte disciplinare relativamente alla definizione e al ruolo delle Nature-Based Solution (NBS) all'interno delle politiche di adattamento europee ed italiane e a identificare quali siano le nuove dimensioni della pianificazione territoriale in tempi di crescente incertezza dovute tra le altre cose agli impatti dei cambiamenti climatici. Tale analisi ha pertanto permesso di identificare i presupposti teorici e pratici, le direzioni e le modalità intraprese all'interno del dibattito disciplinare ed accademico per giungere ad una maggiore integrazione tra politiche di adattamento (CCA) ed approcci basati sul Disaster Risk Reduction (DRR).

La seconda parte invece, ha una forte connotazione operativa e si pone l'obiettivo di andare a costruire "la cassetta degli attrezzi" con cui raggiungere gli obiettivi della presente ricerca esplorando esperienze e buone pratiche sviluppate a livello internazionale ed europeo in materia di valutazione delle politiche di adattamento e strumenti di supporto alla decisione. In particolare in questa seconda parte si è individuato il tool (Adaptation Support Tool CAST) in seguito utilizzato per le attività di valutazione dell'efficacia delle NBS in termini di capacità di adattamento e riduzione del rischio associato ai cambiamenti climatici delle industrie all'interno delle due aree di studio.

La terza parte, ha un focus esclusivo sull'applicazione degli strumenti e delle metodologie individuate in due casi studio specifici: l'area industriale del porto di Ravenna e l'area industriale di Bomporto, in Provincia di Modena. Per ciascuno dei due casi studio vengono presentati nei dettagli le basi dati utilizzate, gli assunti

teorici e pratici assunti, i risultati di tutte le attività di modellizzazione svolte ed infine ad una dimostrazione dell'efficacia delle NBS nel ridurre i rischi associati ai cambiamenti climatici all'intero delle due aree industriali oggetto dello studio. Questa parte si conclude con un'analisi dei punti di forza e debolezza della metodologia di analisi e valutazione utilizzata.

La quarta parte analizza possibili integrazioni dei risultati ottenuti all'interno di strumenti di Piano o in strumenti di finanziamento innovativi per misure di adattamento NBS. In particolare ci si sofferma in primo luogo sulla necessità di disporre di dati più precisi, secondo un approccio di "data driven decision making" necessario per la costruzione di politiche e misure di adattamento efficaci e sui sistemi innovativi per la diffusione dei dati di rischio legati al climate change secondo un approccio di "location intelligence". Quanto agli strumenti invece ci si sofferma su potenziali forme di certificazione dei rischi ambientali di edifici e territori in Italia e dei relativi sistemi premianti dei comportamenti virtuosi che possono essere ad essi associati e il valore assicurativo delle NBS nel contesto industriale italiano.

Vengono infine riportate le principali conclusioni del presente studio di dottorato.

2. Parte I. Inquadramento del tema di ricerca. Politiche di adattamento a scala locale, adattamento delle aziende e Nature-Based-Solutions

I cambiamenti climatici e la crescita degli eventi meteorologici estremi che a questi si associano, stanno portando alla luce con sempre maggiore evidenza le vulnerabilità ed i limiti fisici della città contemporanea così come si è venuta a costituire negli ultimi secoli di rapida e quasi inarrestabile crescita (Indovina, 2009). L'urbanistica è chiamata quindi ad affrontare queste vulnerabilità ripensando agli strumenti di cui dispone e ideando nuove soluzioni progettuali in grado di affrontare problemi già noti da tempo che a causa dei cambiamenti climatici hanno però subito trasformazioni rilevanti in termini di frequenza ed intensità di accadimento. Per far questo è necessario da un lato "espandere gli orizzonti della pianificazione sia in termini spaziali che temporali" (EEA, 2016), sia ripensare la città in relazione alle reti ecologiche, alle infrastrutture verdi e blu che circondano e attraversano le aree urbane. Vuol dire pensare alla città che progetta e disegna in maniera completamente diversa le proprie relazioni con gli spazi d'acqua, allo stesso tempo suo elemento vitale e minaccia.

Queste problematiche sono particolarmente rilevanti per l'Italia. Infatti negli ultimi 15 anni l'Italia è stata colpita da disastri naturali che hanno provocato danni per un totale di 49,9 miliardi di euro, pari a circa il 40% di tutti i danni registrati a livello europeo nello stesso periodo (EEA, 2017). I terremoti e le alluvioni sono state le due principali cause dei danni registrati in Italia. L'elevato rischio idrogeologico di ampi territori italiani è legato sia alle loro specifiche caratteristiche geologiche, morfologiche e idrografiche, sia al forte incremento a partire dagli anni '50 delle aree urbanizzate, industriali e delle infrastrutture lineari di comunicazione (Indovina F., 2009). Una crescita urbana spesso avvenuta in assenza di una corretta pianificazione territoriale e con percentuali di abusivismo che hanno raggiunto anche il 60% in alcune aree dell'Italia meridionale (ISPRA, 2015). Per queste ragioni oggi l'82% dei Comuni italiani hanno almeno un'area ad alto rischio idrogeologico (ISPRA, 2015) e quasi 500.000 imprese si trovano in un'area ad alta criticità idrogeologica (Legambiente e Protezione Civile, 2011).

Secondo i più recenti dati ISPRA (anno 2018), la popolazione italiana esposta a rischio alluvioni è pari a 1.915.236 abitanti (3,2% della popolazione totale nazionale) nello scenario di pericolosità idraulica elevata (tempo di ritorno fra 20 e 50 anni); 5.922.922 abitanti (10%) nello scenario di pericolosità media (tempo di ritorno fra 100 e 200 anni) e 9.039.990 abitanti (15,2%) nello scenario di pericolosità bassa (tempo di ritorno superiore ai 200 anni). Le imprese italiane esposte a rischio alluvioni invece sono 576.535 (12%) nello scenario a pericolosità idraulica media con 2.214.763 addetti esposti (13,5%). I cambiamenti climatici in atto, così come ormai ampiamente documentato nella letteratura scientifica, porteranno ad una crescita di frequenza

ed intensità dei fenomeni metereologici estremi, con un progressivo attestarsi pertanto su valori probabilistici di esposizione sempre più vicini agli scenari di massima pericolosità (EEA, 2017).

2.1 Mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Inquadramento del tema di ricerca dal punto di vista delle policy internazionali, europee, nazionali e locali

Il cambiamento del clima a livello globale sta subendo una velocizzazione ed una intensificazione a causa dell’Uomo ed è destinato a continuare anche nei prossimi decenni con conseguenze non del tutto prevedibili (IPCC, 2014). Numerose evidenze scientifiche mostrano con un grado di attendibilità sempre crescente come le temperature sono in aumento, l’andamento delle precipitazioni sta variando, ghiaccio e neve si stanno sciogliendo e il livello del mare si sta innalzando. Gli eventi meteorologici e climatici estremi con conseguenti impatti negativi quali inondazioni e siccità diventeranno sempre più frequenti e intensi in molte regioni (Adger W.N., Agrawala S., Mirza M.M.Q., Conde K., O’Brien K., Pulhin J., Pulwarty R., Smit B., Takahashi K.,2007). Gli impatti e la vulnerabilità per gli ecosistemi, i settori economici, la salute e il benessere umano non sono facilmente quantificabili e varieranno notevolmente da zona a zona pur in un trend di peggioramento delle condizioni climatiche generalizzato (EEA, 2018). Sebbene gli sforzi globali intesi a ridurre le emissioni siano in crescita in numerosi Paesi del mondo e la consapevolezza dell’importanza di agire nel ridurre le emissioni climalteranti abbia un peso politico crescente (Bloomberg, 2018), alcuni aspetti del cambiamento climatico sono inevitabili (IPCC, 2014) e sono quindi necessarie azioni complementari per un adattamento agli effetti.

Esistono diverse definizioni di mitigazione e adattamento. Esse sono evolute nel corso del tempo insieme all’evolversi della ricerca e delle politiche internazionali in materia di cambiamenti climatici. E’ importante evidenziare come fino al Quinto Rapporto dell’IPCC del 2013, i concetti di adattamento e mitigazione sono stati affrontati separatamente durante numerosi negoziati internazionali. Solo dopo il 2013 la comunità scientifica internazionale ha trovato l’accordo nel definire tali approcci come due facce della stessa medaglia.

L’IPCC definisce la mitigazione come “un intervento antropico volto a ridurre le fonti di produzione o migliorare l’assorbimento dei gas ad effetto serra”, mentre l’adattamento come “un adeguamento dei sistemi naturali o umani in risposta agli stimoli climatici in atto o prevedibili al fine di limitare al massimo i possibili danni e sfruttare le opportunità positive” (IPCC, 2007). Le misure di mitigazione mirano pertanto a ridurre le cause dei cambiamenti climatici cercando così di contenere gli effetti negativi provocati dai cambiamenti climatici. Le misure di adattamento invece sono progettate e ideate per ridurre gli impatti inevitabili dei cambiamenti climatici sia nel breve che nel lungo termine. Nel presente studio ci si focalizzerà solo sul tema dell’adattamento ai cambiamenti climatici.

“Per adattamento ai cambiamenti climatici si intende il processo di aggiustamento al clima attuale e atteso ed ai suoi effetti. Nei sistemi antropici, adattarsi significa moderare o evitare i danni o sfruttare le opportunità positive. Nei sistemi naturali, l’intervento umano può facilitare l’aggiustamento agli effetti attesi dei cambiamenti climatici”. IPCC, 2014

Come evidenziato in numerosi studi, adattarsi è cruciale in quanto sono numerosi i dati e le esternalità negative associate al clima che cambia. Dalla nascita della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) del 1992, i Governi hanno adottato diverse politiche di riduzione delle emissioni di gas serra. Negli ultimi anni si è sempre più diffusa la consapevolezza, supportata da evidenze scientifiche, che i primi effetti dei cambiamenti climatici sono già visibili e saranno destinati ad aumentare in futuro. Pertanto, come evidenziato nella Figura 1, “è necessario rafforzare le iniziative per l’adattamento a livello nazionale, regionale e locale, così da poter fronteggiare gli eventi climatici estremi che colpiranno sempre più frequentemente il nostro pianeta. Infatti sono in aumento alcuni fenomeni meteorologici estremi destinati a tradursi in ingenti perdite economiche, problemi di sanità pubblica e perdite umane, come ondate di calore, incendi boschivi e siccità, o precipitazioni abnormi con conseguente rischio di inondazioni” (IPCC, 2014).









	 LIVING	 WORKING	 MOVING
HEAT 	Decreased comfort Health risks Increased energy use for cooling, decreased for heating	Reduced labour productivity Increased energy use for cooling, decreased for heating	Discomfort on public transport Rail buckling Increased energy use for cooling, decreased for heating
FLOODS 	Nuisance/health risks Damage to houses Power and water failures	Reduced accessibility Economic asset damage Power and water failures	Blocked roads and rail
WATER SCARCITY 	Discomfort Health and safety risks	Reduced productivity Power and water failures	Shipping constraints
WILD FIRES 	Health and safety risks Damage to houses	Damage to economic assets	Transport route blockage
STORMS 	Nuisance/health risks Damage to houses Power and water failures	Economic asset damage Reduced accessibility Power and water failures	Blocked roads and rail

Figura 1. Sintesi dei principali effetti negativi dei cambiamenti climatici su stili di vita, lavoro e trasporti. Fonte: EEA, 2016

Dati i crescenti impatti negativi legati ai cambiamenti climatici, il tema dell'adattamento è diventato sempre più "un tema di competitività internazionale" (IPCC, 2014). Per questo motivo l'attenzione al tema dell'Adattamento è andando crescendo a livello internazionale, europeo, nazionale e locale. Si procede di seguito a fornire una breve sintesi dei principali riferimenti normativi e tecnici in materia di adattamento all'interno dei quali è fondamentale muoversi.

Per quanto riguarda il **contesto internazionale**, il principale riferimento per quanto riguarda il tema dell'Adattamento sono i rapporti redatti dal Gruppo Intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici. L'IPCC non svolge direttamente attività di ricerca e raccolta dei dati, ma fonda le sue valutazioni sulla letteratura scientifica pubblicata in seguito a peer review e su rapporti delle maggiori istituzioni mondiali che lavorano sul tema. Tutti i rapporti tecnici dell'IPCC sono a loro volta soggetti a procedure di revisione, i rapporti sintetici e di maggiore interesse per la definizione delle policy, sono soggetti anche a revisione da parte dei governi nazionali. L'attività principale dell'IPCC è pertanto legata alla preparazione di valutazioni aggiornate delle informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti per la comprensione dei mutamenti climatici indotti dall'uomo, degli impatti potenziali dei mutamenti climatici e delle alternative di mitigazione e adattamento disponibili per le politiche pubbliche. I rapporti di valutazione finora pubblicati sono cinque e costituiscono la base informativa e conoscitiva di ogni studio o politica in materia di adattamento ai cambiamenti climatici. L'ultimo rapporto è stato pubblicato nel 2013-2014, il prossimo è previsto per il 2022.

Il riferimento politico internazionale è invece rappresentato dall'Accordo di Parigi del 2015 (ONU, 2015). L'accordo definisce un piano d'azione globale per contenere i fattori emissivi che generano i cambiamenti climatici con l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale "ben al di sotto dei 2° C". I governi aderenti hanno concordato di rafforzare la capacità delle società di affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici e di fornire ai Paesi in via di sviluppo un sostegno internazionale continuo e più consistente all'adattamento. L'accordo, inoltre, riconosce "l'importanza di scongiurare, minimizzare e affrontare le perdite e i danni associati agli effetti negativi dei cambiamenti climatici" e "la necessità di cooperare e migliorare la comprensione, gli interventi e il sostegno in diversi campi, come i sistemi di allarme rapido, la preparazione alle emergenze e l'assicurazione contro i rischi" (ONU, 2015). L'accordo riconosce inoltre "il ruolo fondamentale dei soggetti interessati che non sono parti dell'accordo nell'affrontare i cambiamenti climatici, comprese le città, altri enti a livello subnazionale, la società civile, il settore privato e altri ancora" (ONU, 2015). Città e privati sono invitati a "intensificare i loro sforzi e sostenere le iniziative volte a ridurre le emissioni", "costruire resilienza e ridurre la vulnerabilità agli effetti negativi dei cambiamenti climatici" e "mantenere e promuovere la cooperazione regionale e internazionale" (ONU, 2015). L'Unione Europea è in prima linea negli sforzi internazionali tesi a raggiungere un accordo globale sul clima. Un altro riferimento

internazionale fondamentale è rappresentato dagli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (Sustainable Development Goals, SDG), una serie di 17 obiettivi (Figura 2) definiti dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per promuovere una svolta sostenibile a livello globale entro il 2030 (ONU, 2015). Di particolare rilievo per il presente lavoro sono il SDG 13 relativo ai Cambiamenti Climatici, che evidenzia l'importanza e l'urgenza di "adottare misure urgenti per contrastare il cambiamento climatico e i suoi impatti regolando le emissioni e promuovendo gli sviluppi nell'energia rinnovabile" (ONU, 2015) e il SDG 15 relativo alla vita sulla Terra che evidenzia la necessità di "proteggere, recuperare e promuovere l'uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire in modo sostenibile le foreste, combattere la desertificazione, arrestare il degrado del suolo e fermare la perdita della biodiversità" (ONU, 2015).



Figura 2. Sintesi grafica dei 17 Sustainable Development Goals. Fonte: ONU, 2015

Sempre per quanto riguarda il contesto internazionale, è importante citare alcune importanti iniziative che mirano al miglioramento della governance urbana in materia di adattamento ai cambiamenti climatici a livello urbano e la creazione di città più resilienti. Una delle principali esperienze in questa direzione è "Cities Climate Leadership Group" (C40), un gruppo di 96 grandi città a livello globale (tra cui Milano) che rappresenta un dodicesimo della popolazione mondiale ed un quarto dell'economia globale. Creato e guidato dalle città, C40 si concentra sulla lotta ai cambiamenti climatici e sulla promozione dell'azione urbana per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e i rischi climatici, aumentando nel contempo la salute, il benessere e le opportunità economiche dei cittadini urbani (C40, 2019). Più focalizzato sul tema della resilienza delle città è invece il network di città "100 Resilient Cities", promosso dalla Rockefeller Foundation a partire dal 2013, che si pone l'obiettivo di condividere e diffondere a livello internazionale buone pratiche e strumenti di governance legate alla resilienza urbana. Lo strumento operativo con cui persegue questo obiettivo, oltre a finanziamenti diretti per specifiche progettualità, è legato all'individuazione all'interno delle municipalità aderenti di un "Chief Resilience Officer", un funzionario ad alta specializzazione formato appositamente per

guidare l'amministrazione pubblica verso l'adozione di misure in grado di aumentare il livello di resilienza delle aree urbane.

Per quanto riguarda il **contesto europeo**, il riferimento normativo in materia di Adattamento è la "Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" approvata ad aprile 2013 (Commissione Europea, 2013). L'approvazione di questa strategia ha rappresentato il culmine di un lungo lavoro iniziato con la pubblicazione del Libro bianco sull'Adattamento del 2009. Nella Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, l'Unione Europea ha definito principi, linee-guida e obiettivi della politica comunitaria in materia di adattamento ai cambiamenti climatici, con l'obiettivo di promuovere visioni nazionali coordinate e coerenti con i piani nazionali per la gestione dei rischi naturali e antropici. Nel dettaglio, la strategia consiste in un pacchetto di tredici documenti: l'atto principale è la comunicazione "Una strategia dell'Unione Europea per l'adattamento ai cambiamenti climatici", che descrive gli obiettivi e una serie di azioni concrete da intraprendere da parte della Commissione lungo tre assi prioritari, al fine di forgiare un'Europa più resiliente agli impatti dei cambiamenti climatici. Questo documento è accompagnato da una serie di rapporti tecnici, linee guida e documenti informativi su specifici settori e aree politiche di interesse per la strategia, come le questioni costiere e marine, le assicurazioni contro le catastrofi naturali, la salute, le infrastrutture, l'emigrazione legata al degrado ambientale, le strategie nazionali e le politiche di coesione e di sviluppo rurale. La valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici, la stima della vulnerabilità e l'adattamento sono diventati perciò compiti prioritari per tutti gli Stati membri. Ad oggi, sebbene i Paesi dell'Unione Europea si trovino a diversi stadi di preparazione e sviluppo delle strategie e dei piani nazionali per l'adattamento ai cambiamenti climatici, si può affermare che la quasi totalità dei Paesi membri stia lavorando in linea con le direttive di questa Strategia europea (CMCC, 2018).

Per quanto riguarda il **contesto nazionale italiano**, esistono due strumenti di riferimento in materia di strategie di adattamento (CMCC, 2018):

- Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici (SNAC);
- Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), documento pubblicato per la consultazione pubblica nel 2017 ma mai approvato in via definitiva. Tale documento rappresenta comunque un utile riferimento per quanto riguarda le linee di indirizzo di alcuni interventi specifici di adattamento.

La Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), è stata approvata con il decreto direttoriale n.86 del 16 giugno 2015. La Strategia Nazionale individua i principali impatti dei cambiamenti climatici per una serie di settori socio-economici e naturali e propone azioni di adattamento a tali impatti. In estrema sintesi la SNAC si propone di:

- Individuare le azioni prioritarie in materia di adattamento per alcuni settori chiave, specificando le tempistiche e i responsabili per l'implementazione delle azioni;
- Fornire indicazioni per migliorare lo sfruttamento delle eventuali opportunità;
- Favorire il coordinamento delle azioni a diversi livelli.

Successivamente alla SNAC, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha intrapreso il percorso di predisposizione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), che è stato sottoposto alla consultazione dei livelli amministrativi regionali e locali. Il Piano al momento non è ancora stato approvato. Il PNACC "si propone di dare impulso all'attuazione della SNAC con l'obiettivo generale di offrire uno strumento di supporto alle istituzioni nazionali, regionali e locali per l'individuazione e la scelta delle azioni più efficaci nelle diverse aree climatiche in relazione alle criticità che le connotano maggiormente e per l'integrazione di criteri di adattamento nelle procedure e negli strumenti già esistenti" (CMCC, 2018). Come evidenziato nella Figura 3, l'Italia ad oggi di fatto è uno dei pochi paesi europei a non essersi ancora dotata di un Piano Nazionale di Adattamento (EEA, 2018).

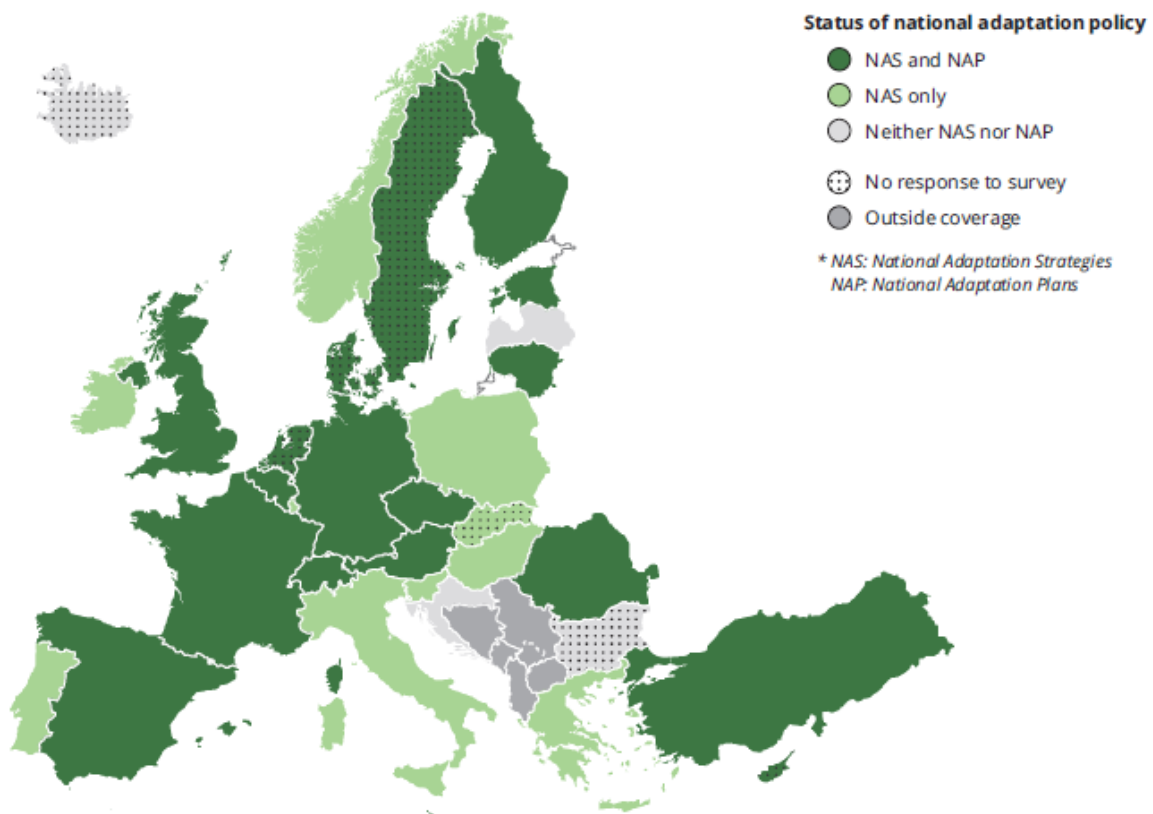


Figura 3. Stato di attuazione delle Strategie e dei Piani di adattamento in Europa. NAS: National Adaptation Strategy. NAP. National Adaptation Plan. Fonte: EEA, 2018.

In riferimento al **contesto regionale**, sono ancora poche le Regioni che hanno adottato una Strategia Regionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Questo è determinato dal fatto che in Italia non è al momento presente una normativa di riferimento sull'adattamento ai cambiamenti climatici e non ci sono quindi obiettivi specifici fissati né obblighi per le Regioni di dotarsi di uno strumento di pianificazione su questo tema (Ispra, 2018). La Strategia incoraggia inoltre una più efficace cooperazione tra gli attori istituzionali a tutti i livelli (Stato, Regioni, Comuni) e promuove l'individuazione delle priorità territoriali e settoriali ma a questi buoni propositi non sembra essere seguita una vera attuazione a livello nazionale e regionale.

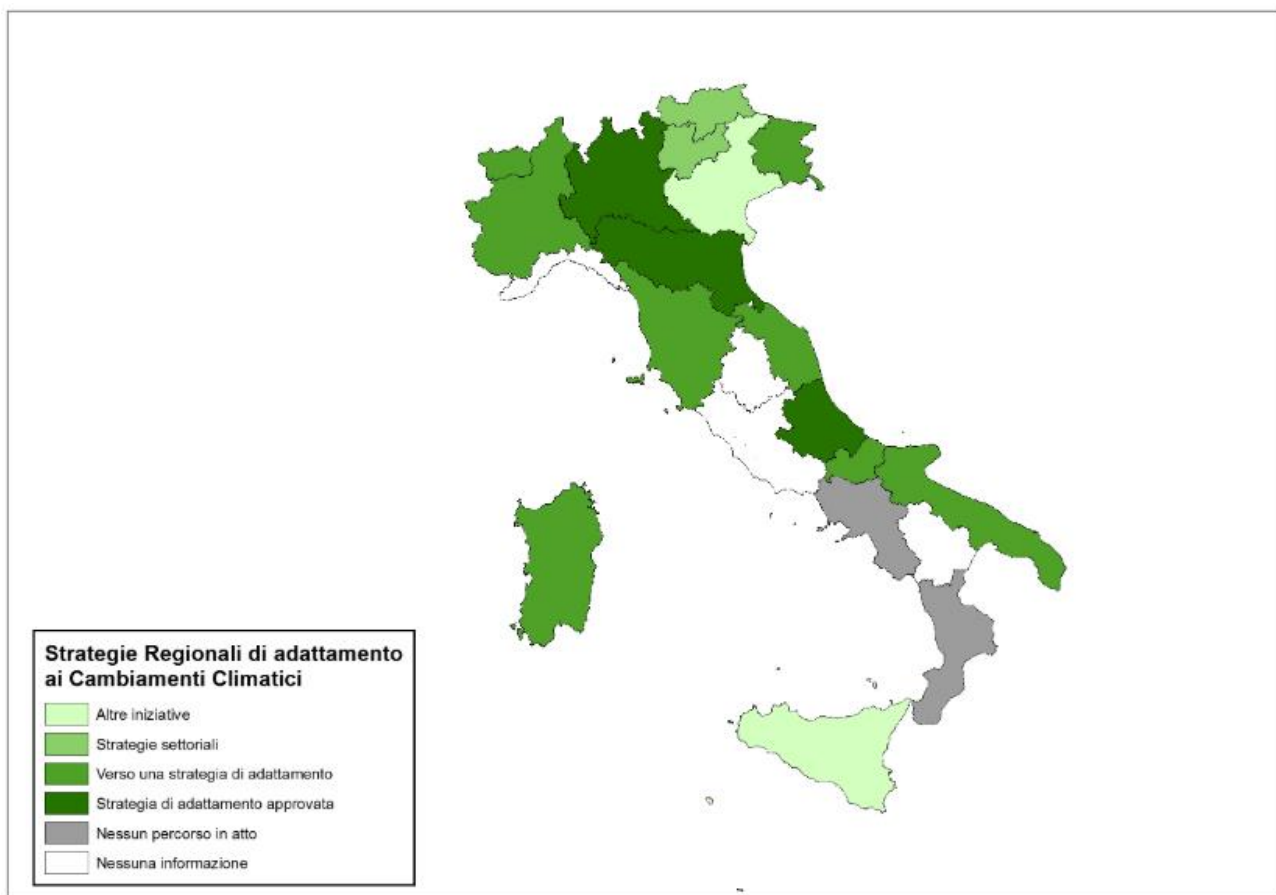


Figura 4. Stato delle Regioni italiane nell'adottare una Strategia Regionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Fonte: ISPRA, 2018.

Come si evince dalla carta della Figura 4, ad oggi sono solo 3 le Regioni italiane che hanno approvato una Strategia di Adattamento: Lombardia, Abruzzo ed Emilia-Romagna. Molte altre Regioni stanno lavorando per arrivare ad una Strategia regionale mentre altre Regioni, soprattutto nella parte meridionale del Paese, non hanno avviato nessuna iniziativa di questo tipo.

Per quanto riguarda l'Emilia-Romagna, caso studio del presente lavoro di ricerca, la "Strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia-Romagna" è stata approvata in via definitiva

nel dicembre 2018 (Delibera n. 1256 del 2018). La Strategia di Adattamento regionale “si propone di fornire un quadro d’insieme di riferimento per i settori regionali, le amministrazioni e le organizzazioni coinvolte, anche per valutare le implicazioni del cambiamento climatico nei diversi settori interessati” (Regione Emilia-Romagna, 2018).

Tra i punti qualificanti della strategia regionale vi sono il “valorizzare le azioni, i Piani e i Programmi della Regione Emilia-Romagna in tema di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico attraverso la ricognizione delle azioni già in atto a livello regionale per la riduzione delle emissioni climalteranti e l’adattamento ai cambiamenti climatici”, “contribuire a individuare ulteriori misure e azioni da mettere in campo per i diversi settori, in relazione ai piani di settore esistenti, contribuendo ad armonizzare la programmazione territoriale regionale in riferimento agli obiettivi di mitigazione e adattamento” e “coordinarsi con le iniziative locali (comunali e di unione dei comuni) relativamente ai Piani d’azione per l’energia sostenibile e il clima del Patto dei Sindaci (PAESC) e ai piani di adattamento locale” (Regione Emilia-Romagna, 2018). In diversi punti viene trattato il tema delle misure di adattamento per le industrie regionali.

Per quanto riguarda il **livello locale** italiano, ad oggi “specialmente nel contesto italiano, gli aspetti riguardanti una gestione oculata dell’energia in ambito urbano e più in generale temi di resilienza urbana e di protezione del clima hanno cominciato timidamente a essere introdotti nei sistemi normativi, anche se le esperienze compiute sono ancora molto contenute e in genere limitate a strumenti di natura volontaria, con risultati ancora lontani dalle aspettative di drastica riduzione dei consumi energetici e di abbattimento delle emissioni climalteranti” (Musco F. Fregolent L., 2014). In un contesto non normato, tutte le esperienze sono state sviluppate su base volontaria e con caratteristiche non omogenee. “I piani volontari a seconda del livello di governo o della tipologia hanno assunto denominazioni differenti, non dimenticando che a denominazioni diverse non sempre corrispondono sostanziali differenze nei contenuti se non diversi livelli di attenzione alla mitigazione e/o all’adattamento: climate strategy plans, national mitigation / adaptation strategies, Piani d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES), piani per la protezione del clima, climate action / protection plans, climate mitigation plans sono alcuni degli strumenti e delle strategie costruiti nel panorama europeo e internazionale, con la volontà di introdurre il tema della protezione del clima all’interno della pianificazione territoriale, tanto a scala vasta quanto a quella locale” (Musco F. Fregolent L., 2014). “Nonostante i limitati risultati di questi strumenti, non va però sottaciuto che un merito ai piani di natura volontaria finalizzati alla protezione dei sistemi urbani rispetto alle variabilità climatiche vada assegnato: avere avviato un dibattito rilevante a livello istituzionale e locale favorendo l’avvio di sperimentazioni alle varie scale e innovazioni dal punto di vista normativo” (Musco F. Fregolent L., 2014). Oggi pertanto a livello locale lo strumento di riferimento per quanto riguarda l’adattamento è il Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile e il Clima (PAESC) che ha trovato attuazione in diversi Comuni italiani (per il caso emiliano-romagnolo si segnalano in particolare

Bologna, uno dei primi comuni italiani a dotarsi di uno strumento di questo tipo, seguito da Ferrara, Rimini, Modena, e Parma).

2.2 Cambiamenti climatici e pianificazione urbana in tempi di incertezza. Pensare la città in condizioni di rischio. L'approccio del Disaster Risk Management (DRM)

Il concetto di cambiamento climatico è profondamente legato a quello di incertezza (Bougleux, 2017; Barsugli J.J., Vogel J.M., Kaatz L., Smith J.B., Waage M., Anderson C., 2012). Per incertezza, nelle discipline scientifiche, si intende la “mancanza di certezza per quanto riguarda gli esiti che un fenomeno può avere” (Treccani, 2019). Tale incertezza non è legata solo alle complessità che si hanno in ogni disciplina quando si costruiscono modelli per studiare ed analizzare determinare gli scenari futuri (tanto più nell'epoca contemporanea caratterizzata da livelli di complessità tecnica ed economica sempre più elevati). Le principali incertezza quando si fa riferimento ai cambiamenti climatici sono legate alla complessità nel definire con esattezza le alterazioni del clima a livello mondiale e le relazioni di questi cambiamenti con le ripercussioni sugli ecosistemi naturali e sociali (CMCC, 2018). Questa incertezza cresce ancora di più quando dal livello globale si passa a quello regionale e locale, dove prevedere con esattezza gli impatti climatici a medio e lungo termine diventa ancora più complesso (CMCC, 2018).

“In situazioni di incertezza diventano fondamentali tematiche tipiche della gestione del rischio quale il calcolo delle probabilità e di conseguenza la valutazione del rischio” (D'Ambrosio V., Leone M.F, 2017). Il rischio è un concetto probabilistico, è la probabilità che accada un certo evento capace di causare un danno ad un target preso come riferimento, che nel caso dei cambiamenti climatici potrebbero essere persone, infrastrutture o sistemi naturali. La nozione di rischio implica l'esistenza di una sorgente di pericolo e delle possibilità che essa si trasformi in un danno. Esistono numerose definizioni di rischio, ognuna delle quali evidenzia un aspetto specifico (D'Ambrosio V., Leone M.F, 2017):

- Insieme della possibilità di un evento e delle sue conseguenze sugli obiettivi (UNI 11230 – Gestione del rischio);
- Combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità di quel danno (UNI EN ISO 12100-1);
- Probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno (Orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi sul lavoro);
- Combinazione della probabilità e della conseguenza del verificarsi di uno specifico evento pericoloso (OHSAS 18001, 3.4).

- “Probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione” (art. 2, lettera s, D.Lgs. 81/08)

Nella letteratura internazionale, quando il concetto di rischio viene associato al tema dei cambiamenti climatici, esso viene declinato in due concetti operativi fondamentali (EEA, 2016):

- **Disaster Risk Reduction (DRR)**. Tale concetto si riferisce “alle misure attuate per anticipare il rischio di disastri futuri, per ridurre l’esposizione esistente, la vulnerabilità e per migliorare la resilienza complessiva del sistema”;
- **Disaster Risk Management (DRM)**. Tale concetto si riferisce ai “processi per pianificare, attuare e valutare le strategie, le politiche e le misure idonee alla riduzione dei fattori di rischio, incoraggiare la riduzione ed il trasferimento del rischio di disastri, promuovere un miglioramento continuo nella preparazione ai rischi (disaster preparedness) e ideare risposte in grado di aumentare la sicurezza umana e la qualità della vita e dello sviluppo economico”.

Il concetto di gestione/riduzione del rischio non sono direttamente connessi con quello di adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC, 2018, EEA, 2017). Tali concetti infatti si sono storicamente e metodologicamente sviluppati in due momenti e in due contesti differenti. Il primo infatti è sempre esistito ed è tradizionalmente legato al mondo delle assicurazioni. Il secondo invece è un approccio nuovo ed emergente, sviluppatosi in tempi più recenti in riferimenti all’emergenza climatica (D’Ambrosio V., Leone M.F, 2017).

Ad oggi in Europa “le due comunità attive in DRR e adattamento hanno operato in modo piuttosto indipendente” (EEA, 2016). Pertanto “è necessario, al contrario, che i decisori politici, gli esperti e i practitioners coinvolti in entrambi i processi comunichino e collaborino tra loro in maniera efficace per sviluppare strategie e piani a livello locale e nazionale che assicurino un approccio integrato alla gestione del rischio” (SNAC, 2015). Proprio per questo motivo al punto nove della “Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici” si legge la necessità di “adottare un approccio basato sul rischio nella valutazione dell’adattamento” (SNAC, 2015). Questa convergenza tra questi due mondi è auspicabile in quanto, sebbene con origini diverse, i due processi presentano aspetti comuni in quanto “entrambi si pongono l’obiettivo di ridurre la vulnerabilità alle calamità naturali rafforzando la resilienza della società o di specifici settori al fine di prevenire e far fronte agli impatti di tali disastri” e “entrambi affrontano gli eventi estremi idro-meteorologici o eventi climatici e adoperano strumenti simili per monitorare, analizzare e valutare i disastri e gli impatti” (D’Ambrosio V., Leone M.F, 2017).

Un’integrazione tra queste due dimensioni è sempre più urgente soprattutto se si va ad analizzare a livello internazionale come l’attenzione al tema dei rischi sia evoluta nel corso del tempo. Oggi infatti, oltre ai rischi

indotti da eventi naturali, tecnologici e dalle emergenze umanitarie, fra i rischi ambientali i cambiamenti climatici rappresentano una condizione particolarmente allarmante nella realtà contemporanea. Il rischio climatico potrà infatti determinare, in un futuro non troppo lontano date le ultime previsioni fornite nel report speciale 2019 dell'IPCC, picchi e fenomeni estremi nonché impatti con durata ed intensità rilevanti e potrà accompagnarsi alla pericolosa stabilizzazione di alcuni livelli di impatto come per esempio l'innalzamento della temperatura media, l'estensione temporale di periodi di siccità, la riduzione delle precipitazioni estive.

A livello internazionale lo studio di riferimento in materia di percezione del rischio da parte dei cittadini delle imprese è svolto da Munich RE, uno dei gruppi assicurativi più grandi del Mondo. Dal 2009, Munich RE svolge a livello internazionale una ricerca su un campione molto vasto di esperti (del settore pubblico e privato) per identificare quali siano i principali rischi percepiti a livello globale in collaborazione con il World Economic Forum. Il Global Risks Report 2019, ha evidenziato come "il deterioramento delle condizioni ambientali rappresenta il principale rischio a lungo termine della nostra epoca" (Munich RE, 2019). Si tratta di un'indagine che offre una prospettiva dei rischi a più alto impatto e con le maggiori probabilità che accadano nel corso dell'anno oggetto del report e, in prospettiva, nel prossimo decennio, alla cui redazione hanno contribuito circa 1.000 esperti che hanno valutato 30 differenti rischi globali e le tendenze che potrebbero amplificarli o contenerli, raggruppati in cinque categorie (rischi economici, ambientali, geopolitici, sociali e tecnologici). Il rapporto presenta i risultati dell'indagine sulla percezione globale sui rischi in cui circa 1.000 esperti (decisori pubblici e privati, mondo accademico, società civile) valutano le minacce che affliggono il mondo sia nei prossimi 10 anni che a breve termine.

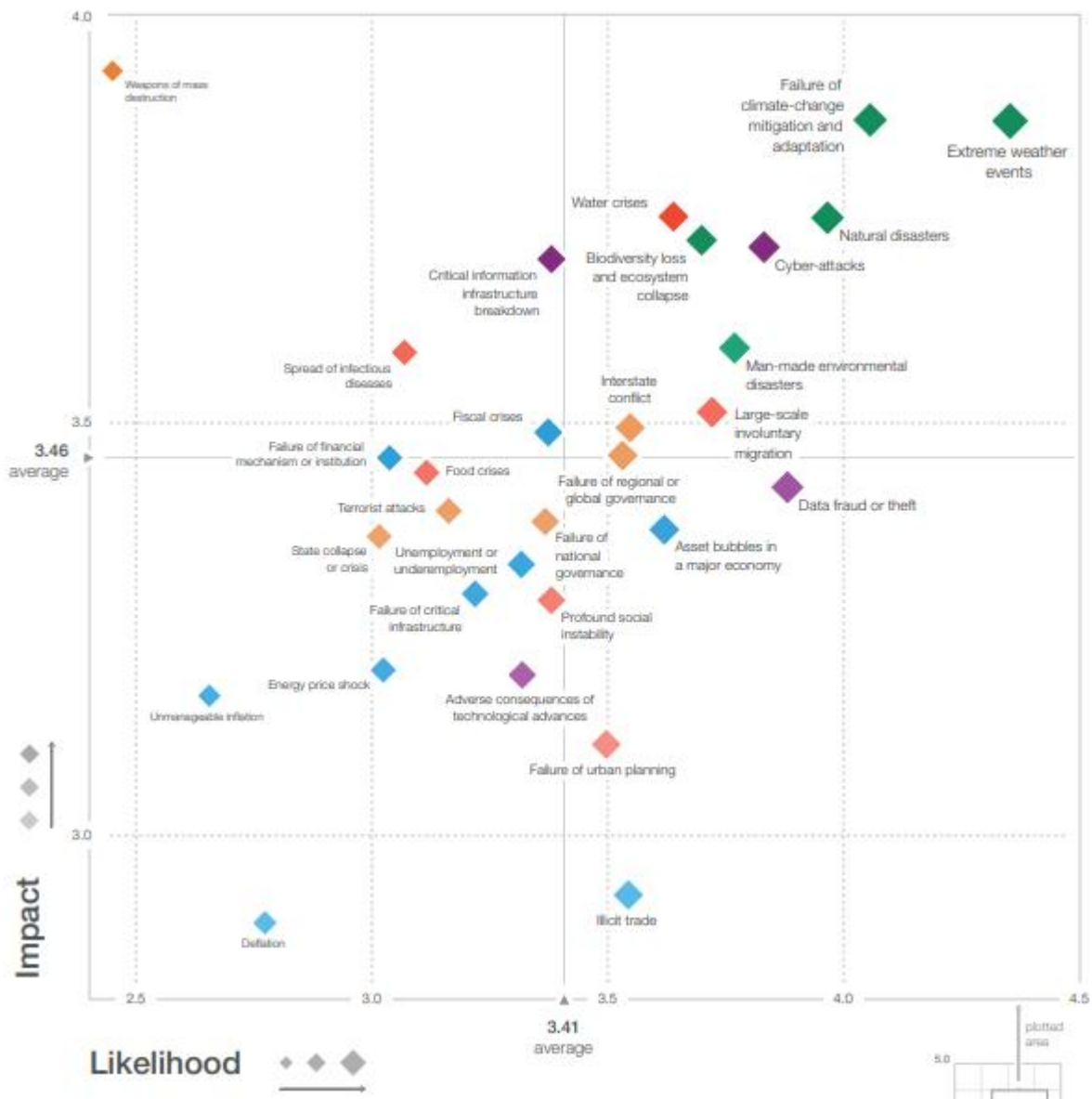


Figura 5. Percezione del rischio a livello globale. Classifica globale 2019. Fonte: Global Risks Report 2019

Come mostrato nello schema di Munich RE (Figura 5), i rischi naturali vengono percepiti dagli esperti intervistati come gli eventi con il maggiore impatto potenziale e la maggiore probabilità di accadimento, in relazione soprattutto agli eventi metereologici estremi, tema strettamente collegato con i cambiamenti climatici.

Vista la lunga serie storica di dati raccolti, è interessante analizzare come la percezione dei differenti rischi sia evoluta nel tempo, in riferimento soprattutto a quelli di carattere ambientale. Per il terzo anno consecutivo, infatti, il Global Risk Report annovera l'ambiente e soprattutto i cambiamenti climatici e le loro conseguenze nei primi cinque posti della classifica dei principali rischi a livello globale (Figura 6).

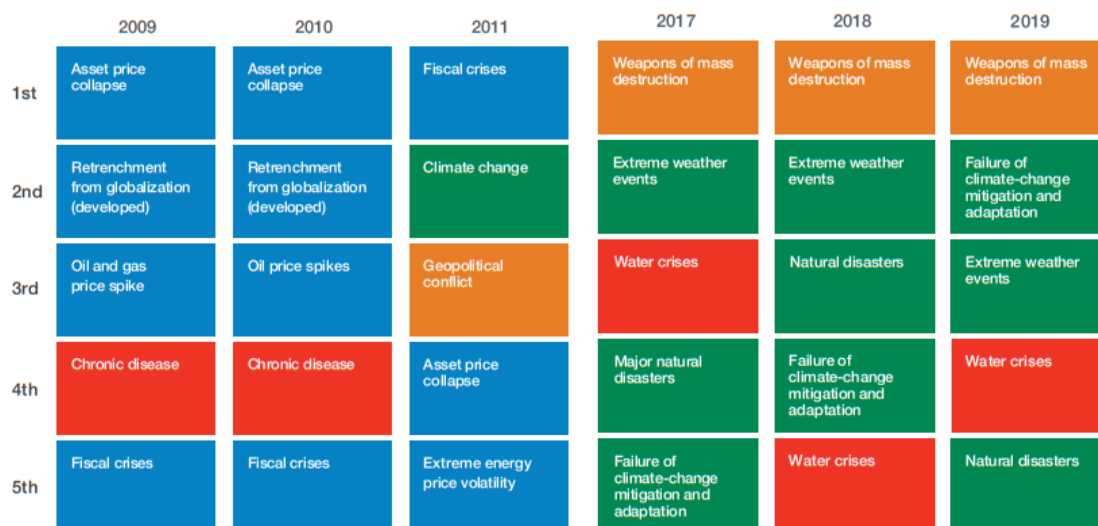


Figura 6. Evoluzione della percezione del rischio a livello globale. Fonte: World Economic Forum 2009–2019, Global Risks Reports.

E'interessante notare come fino al 2010 non c'era nessuna tematica di tipo ambientale tra i primi cinque rischi a livello globale. I pericoli percepiti erano maggiormente legati alla dimensione economica e finanziaria, preoccupazioni facilmente spiegabili vista la vicinanza alla grande crisi globale del 2008. Agli aspetti di tipo economico si legavano preoccupazioni legate a malattie e ai conflitti di natura geopolitica. A partire dal 2011 il tema dei rischi legati al cambiamento climatico sono andati costantemente crescendo, sino ad arrivare al periodo dal 2017 in poi in cui tra i primi cinque rischi a livello globale tre sono sempre di natura ambientale.

Lo studio di Munich Re evidenzia anche con grande chiarezza le connessioni esistenti tra dimensione ambientale e sociale (Figura 7). I rischi climatici sono infatti "profondamente interconnessi con altre emergenze globali e disuguaglianze sociali e possono scatenare o aggravare i rischi geopolitici e sociali come le migrazioni involontarie o le crisi alimentari o l'instabilità politica" (Munich RE, 2019).

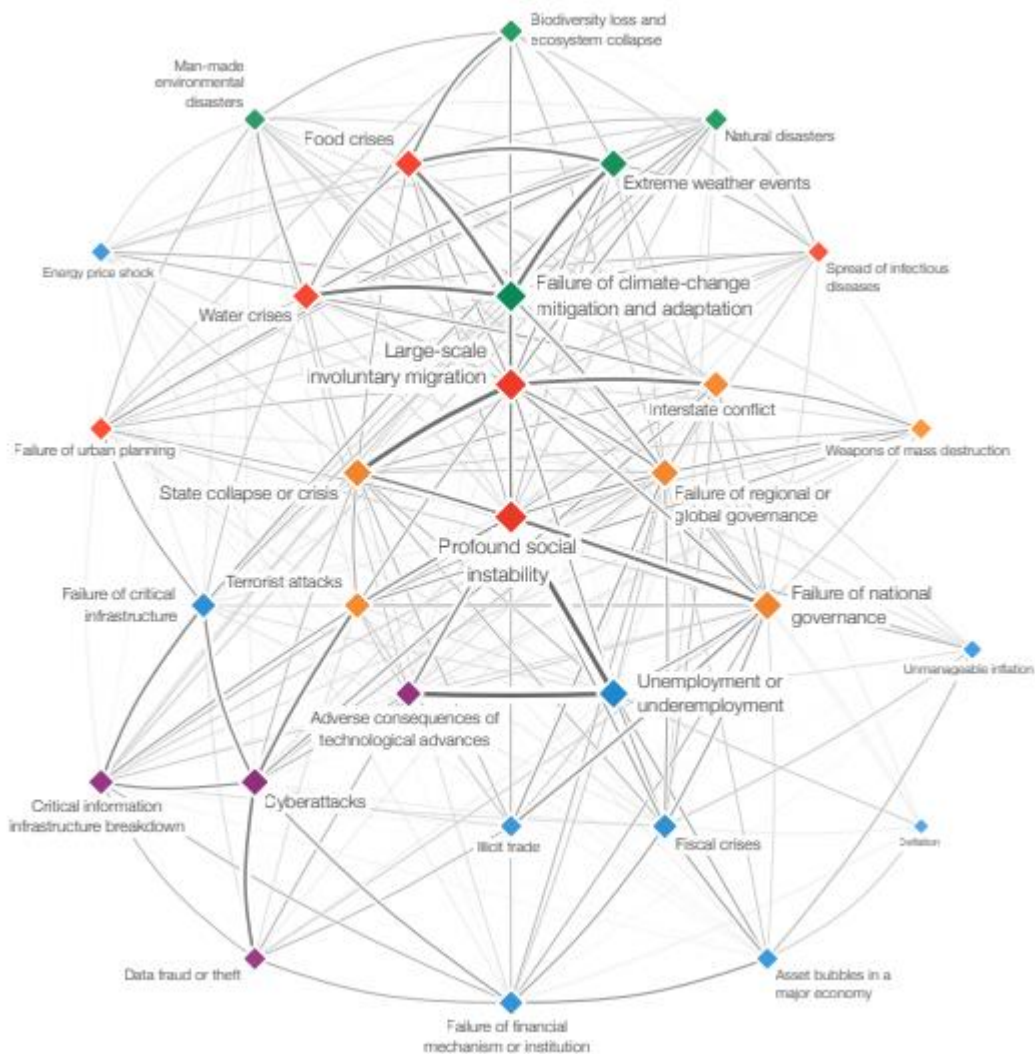


Figura 7. Interconnessioni tra rischi ambientali, rischi climatici e rischi sociali. Fonte: Munich RE, 2019

Le relazioni tra fattori ambientali e fattori sociali sono complesse e articolate, con connessioni non sempre dirette e numerosi effetti indiretti che possono innescarsi a valle di rischi diversi tra loro e trascurabili se presi singolarmente. Vige cioè quello che nella scienza viene chiamato “effetto farfalla”, un concetto con cui nella scienza solitamente ci si riferisce al concetto di “dipendenza sensibile alle condizioni iniziali” utilizzata nella teoria del caos (Lorenz E., 1972). L'idea è che piccole variazioni nelle condizioni iniziali possano produrre grandi variazioni nel comportamento a lungo termine di un sistema. Interessante inoltre notare come nella rete di relazioni tra rischi differenti, molti rischi vadano ad incidere sulla dimensione della pianificazione urbana. E' interessante notare come uno studio redatto da una compagnia di assicurazione ponga la pianificazione urbanistica al centro di queste relazioni globali, riconoscendo alla disciplina la sua importanza nella corretta gestione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

Emerge quindi con evidenza come “il cambiamento climatico è una questione al tempo stesso estremamente scientifica e completamente sociale. Non esiste evidenza significativa, aspetto problematico né discorso sul

clima senza una società che lo vive, lo commenta, lo misura, lo confronta con il proprio passato, tanto recente quanto lontano” (Bougleux, 2017). Pertanto

La gestione dei rischi e dei disastri rappresenta un elemento centrale per il governo del territorio e dei sistemi urbani, vista la natura sociale e tecnica degli strumenti di pianificazione (Salzano, 1998). Le città devono pertanto organizzarsi per fronteggiare eventi estremi senza che questi determinino perdite, danni o funzionalità ridotte e gravi implicazioni sulla qualità della vita. In particolare “problemi così complessi che riguardano il sistema urbano richiedono di mettere in campo conoscenze e progettualità articolate e con il concorso paritetico di numerose competenze sia scientifiche che operative accanto all’attività dei decisori pubblici. Mitigare i rischi, prepararsi agli shock climatici e sviluppare capacità di ripristino delle condizioni precedenti agli impatti estremi richiede di alimentare la capacità di ricondurre alcuni indicatori e prestazioni del sistema ai valori precedenti agli impatti” (D’Ambrosio V, Leone M, 2017). Un approccio di questo tipo all’adattamento “rappresenta una modalità efficace di supporto alle decisioni politiche, economiche e sociali. Esse si basano su aspetti innovativi legati alle tecnologie ICT, legandosi profondamente con il tema dell’acquisizione e gestione di una elevata quantità di dati accanto alla simulazione e modellizzazione come fattori previsionali per il governo del processo decisionale” (D’Ambrosio V, Leone M, 2017).

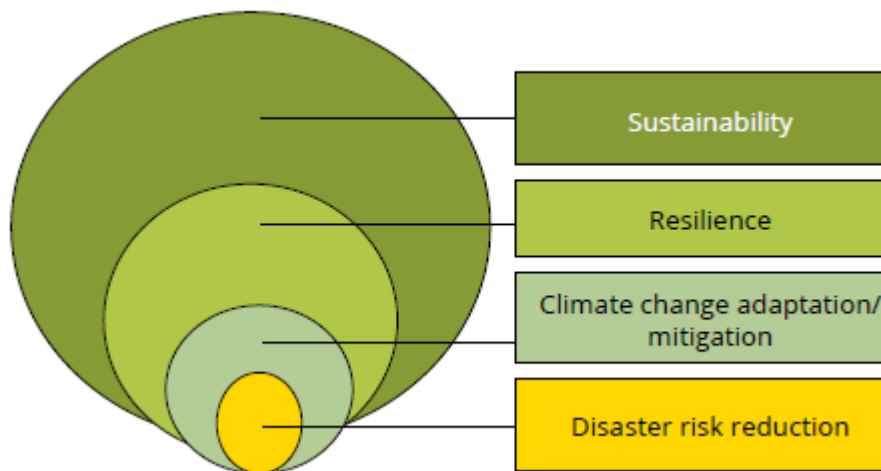


Figura 8. Adattamento ai cambiamenti climatici. Relazione tra i differenti concetti costitutivi. Fonte: Robrecht and Morchain, 2012.

Pianificazione urbana al tempo del rischio significa pertanto considerare una pluralità di dimensioni, dimensioni che grazie all’urbanistica e al Piano devono arrivare ad una sintesi e ad una integrazione (Figura 8). Una integrazione che però genera complessità, non a caso in letteratura si parla sempre più di “pianificazione dei sistemi complessi” (Musco F., Zanchini E., 2014). Pensare alla città e alla pianificazione urbanistica all’epoca dell’incertezza vuole dire per chi scrive adottare un approccio che miri alla sostenibilità ambientale, sociale ed economica delle azioni e delle strategie intraprese nel breve, medio e lungo periodo.

2.3 Integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA): dalla teoria alla pratica

L'integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA) è un'urgenza teorica e pratica a livello internazionale ed italiano (SNAC, 2015; IUCN, 2013). Le due dimensioni infatti, storicamente trattate in maniera distinta e settoriale sia nella ricerca scientifica che nella gestione delle implicazioni pratiche, se non opportunamente integrate rischiano di rendere vani tutti gli sforzi messi in campo per incrementare la resilienza delle città (IUCN, 2013).

L'Unione Europa, attraverso le sue iniziative di regolamentazione, i suoi programmi di finanziamento a livello comunitario (Horizon2020 e fondi di cooperazione territoriali in primis) e nell'ambito delle azioni di governance e policy su scala globale promosse dall'ONU, sta attuando uno sforzo significativo nel superare la dicotomia tra le due prospettive, sottolineando la necessità di sviluppare sinergie tra approcci DRR e CCA in tutte le principali strategie e accordi a livello europeo, ad esempio nella Strategia Europea di Adattamento, nelle politiche di coesione europee, nell'Action Plan europeo in applicazione della Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 e nelle strategie macro-regionali del Danubio, del Baltico, dell'Adriatico- Ionico e delle Alpi.

Vari studi in letteratura (elencati e sintetizzati in EEA, 2017) hanno analizzato le principali differenze tra i due approcci. Le principali evidenze sono state sintetizzate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente nella Figura 9.

CCA	DRR
Common objective	
Both CCA and DRR address prevention and reduction of risks of disasters by reducing vulnerability and increasing resilience of societies.	
Main differences	
Focus mainly on future and addressing uncertainty and new risks — CCA addresses climate change and climate variability, including changes in climate extremes, and focuses on reducing risks of present and future climate change.	Focus on present and addressing existing risks — DRR focuses on reducing risks based on previous experience and knowledge of the past, considers as stationary the probability of occurrence of extremes, and does not systematically consider climate change as a driver of risk.
Addressing mainly weather- and climate-related hazards — CCA addresses weather-related hazards (e.g. storm, heavy precipitation), climate-related hazards (e.g. heat wave, drought), and hydrological hazards (e.g. flood), which are sub-sets of the hazards covered by DRR.	Addressing all hazard types — DRR covers all hazard types including geophysical (e.g. earthquake, mass movement, volcanic activity, landslide, avalanche), hydro-meteorological (e.g. storm, extreme temperature, flood, wave action), climatological (e.g. drought, wildfire), biological (e.g. disease, insect infestation), and technological (e.g. oil and toxic spills, and industrial accidents).
In addition: Longer time scale — CCA also addresses impacts of slow onset changes (e.g. average temperature rise, sea level rise, drought, ice melting and loss of biodiversity).	
Origin and culture in scientific theory — CCA has been developed as the progress of understanding the threat of climate change has increased.	Origin and culture in humanitarian assistance and civil protection — in general DRR has a longer history and originated from civil protection and humanitarian action following disaster events.
Mainly actors in environment ministries and agencies — CCA is developed and managed mainly from governmental departments, ministries, and scientific institutions responsible for environment and climate.	Mainly actors in civil protection ministries and agencies — DRR is developed and managed mainly from governmental departments, ministries and agencies responsible for civil protection, national security, emergency management and humanitarian assistance.

Figura 9. Sintesi delle principali differenze tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA). Fonte: EEA, 2017.

Oltre alle differenze è comunque opportuno evidenziare come esistano anche dei punti di contatto, quei punti di contatto su cui l'integrazione deve lavorare (EEA, 2016). Tali punti di contatto sono legati al comune obiettivo di sviluppare capacità di resilienza ai disastri nel contesto dello sviluppo sostenibile.

Questi due concetti inoltre, possono trovare una sintesi nel concetto di "Resilienza". Per resilienza si intende "la capacità di un sistema socio-ecologico di far fronte ad un evento pericoloso, o ad anomalie, reagendo o riorganizzandosi in modi che ne preservano le sue funzioni essenziali, l'identità e la struttura, mantenendo tuttavia anche le capacità di adattamento, apprendimento trasformazione" (IPCC, 2014).

La resilienza e la riduzione del rischio di disastri (DRR) sono temi fondamentali delle agende di summit internazionali come Rio+20 Summit on Sustainable Development (UNCSD, 2012), o le iniziative in ambito G20 sul DRR. L'Hyogo Framework for Action (HFA), istituito nel 2005, ha posto le basi per un nuovo quadro legale internazionale sul DRR che assegna maggiore risalto agli aspetti finanziari connessi ai disastri. Anche a livello europeo è forte ormai la consapevolezza sulla necessità di sviluppare e attuare efficaci politiche per la gestione del rischio di disastri (DRM) con l'obiettivo di promuovere la resilienza e mitigare i loro effetti più severi.

Le sfide poste a livello internazionale, europeo ed italiano indicano pertanto come sia necessario lavorare sullo "sviluppo di un approccio metodologico multidisciplinare ed integrato alla modellazione della vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e alla quantificazione degli impatti attesi, orientato al supporto alle decisioni e allo sviluppo di idonee soluzioni progettuali e tecniche di adattamento" (SNAC, 2017). Infatti "l'integrazione degli approcci valutativi e progettuali legati agli ambiti della riduzione dei rischi naturali (DRR) e dell'adattamento ai cambiamenti climatici (CCA) sta emergendo in anni recenti come una priorità per promuovere azioni di design resiliente orientato a ridurre gli impatti sull'ambiente costruito e sulle comunità in un'ottica di trasformazione adattiva, che tenga in conto le diverse condizioni di vulnerabilità di edifici, infrastrutture e popolazione a diversi fenomeni di hazard, nonché le variazioni in termini di intensità degli eventi climatici estremi e dei pattern stagionali di temperature e precipitazioni dovute all'accelerazione dei cambiamenti climatici" (Ministero dell'Ambiente, 2017). Il presente lavoro cerca di muoversi esattamente all'interno di questo perimetro d'azione, provando a fornire un contributo innovativo non solo tra le possibili modalità di integrazione di questi due approcci, ma soprattutto nello sviluppo di una metrica condivisa che consenta un raccordo tra queste due dimensioni.

Le ricadute positive di tale approccio vengono messe in risalto in più studi. "Lo sviluppo di un approccio integrato rappresenta un'opportunità per allineare dal punto di vista metodologico e operativo tali ambiti strategici, consentendo di ottenere benefici significativi in termini di sostenibilità economica, ambientale e sociale delle azioni di governance e rigenerazione derivanti dalle possibili sinergie in termini di obiettivi e priorità di azione. Numerosi studi, nel delineare una varietà di approcci alla gestione dei rischi, sottolineano

come il fronteggiare solo le situazioni di emergenza stia diventando una strategia sempre più inefficace ed economicamente insostenibile. Le azioni di mitigazione e adattamento, al contrario, si rivelano economicamente efficaci se paragonate agli enormi costi per ripristinare condizioni di “normalità” dopo un disastro” (D’Ambrosio V, Leone M, 2017).

Al fine di sostenere il grande potenziale operativo di una simile prospettiva strategica, la comunità scientifica è chiamata a uno sforzo multi-disciplinare coordinato, da orientare in rapporto ad alcuni temi prioritari (D’Ambrosio V, Leone M, 2017):

- Sviluppare metodi e strumenti innovativi per una simulazione affidabile delle condizioni di rischio e di impatto;
- Sviluppare sistemi di supporto alle decisioni basati su analisi costi-benefici e analisi multicriterio adattabili alle condizioni locali di contesto;
- Individuare soluzioni tecnologiche e progettuali multi-scalari, sostenibili e resilienti per l’ambiente costruito.

Il tema centrale diventa quindi quello della simulazione degli effetti di policy, piani e progetti a scala territoriale come strumento applicato al supporto alla decisione dei principali stakeholder pubblici e privati. Questi temi infatti “definiscono una filiera logica che individua nei modelli di conoscenza e di simulazione una risorsa chiave per il progetto architettonico e urbano resiliente [..]. Al fine di garantire un processo di attuazione efficace e sostenibile, il trasferimento delle conoscenze e degli scenari progettuali ai decisori deve pertanto includere modalità di valutazione delle possibili opzioni di intervento, che consentano di comprendere al tempo stesso gli impatti fisici ed economici dovuti ai diversi hazard e di orientare le scelte con riferimento alle diverse alternative tecniche e progettuali. A supporto dell’opportunità di sviluppare approcci di modellazione “all-hazards” e multirischio comuni agli ambiti DRR e CCA, vi è la condivisione di una comune comprensione concettuale delle componenti del rischio” (EEA, 2017). Come già evidenziato, diventa pertanto centrale l’approccio consolidato legato alla teoria del rischio. Le soluzioni tecniche vanno orientate in rapporto agli scenari di rischio attesi, individuando i livelli prestazionali richiesti a seconda dei tipi di pericolo, della localizzazione spaziale e della tipologia di intervento.

Il progetto urbano appare “ancora una volta il luogo in cui le prospettive convergenti legate al Disaster Risk Reduction e al Climate Change Adaptation possono trovare un’adeguata sintesi in un’ottica inclusiva, multi-disciplinare e partecipativa. Trattare tali tematiche in una prospettiva orientata al design resiliente implica la chiara necessità di rafforzare la collaborazione tra aree caratterizzate da diversi background di ricerca, ma tutte complementari per contribuire efficacemente all’individuazione di risposte e soluzioni adeguate alla complessità sistemica della sfida, laddove le città possono essere concepite come sistemi complessi risultanti

dall'interazione di diversi sottosistemi: sistema fisico, sistema funzionale e sistema socio-economico" (EEA, 2017).

2.4 Cambiamenti climatici, aziende e PMI. Evidenze dal contesto europeo e nazionale circa la fragilità del sistema industriale europeo e nazionale agli effetti dei cambiamenti climatici

Esiste un ambito tematico particolarmente esposto ai rischi dei cambiamenti climatici e che potrebbe maggiormente beneficiare dall'integrazione della dimensione del risk management con quella delle politiche di adattamento: le imprese, le PMI in particolare. Il tema delle misure di adattamento nelle aree industriali è andato ad assumere una centralità crescente (GIZ, 2019), insieme con la crescente consapevolezza dei danni e delle perdite economiche subite dal settore industriale in seguito ad eventi metereologici estremi legati ai cambiamenti climatici. Pur con questo maggiore riconoscimento dell'importanza delle aree industriali nella pianificazione delle misure di adattamento, queste aree non sempre hanno trovato un posto centrale all'interno degli strumenti di adattamento attivati a livello locale (nei PAESC in particolar modo). Questi strumenti di pianificazione infatti, spesso si sono focalizzati maggiormente sulle aree urbane-residenziali, ritagliando un ruolo piuttosto marginale per quelle industriali (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017). Grazie al contributo di alcuni progetti europei in primis (si evidenziano in particolare, per il contesto italiano, i progetti Life IRIS, Life BlueUP e LIFE DERRIS), e di alcune amministrazioni locali attente al tema, questa tendenza ha subito un'inversione e le aree industriali stanno sempre più assumendo importanza e centralità nei processi e nelle decisioni pianificatorie (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017).

I cambiamenti climatici impattano sulle industrie in modi profondamente diversi ed in fasi del processo produttivo diverse (Figura 10). L'impatto sulle imprese infatti può avvenire anche in maniera indiretta, ad esempio con danni subiti da un'azienda a valle o a monte della sua supply chain. Oppure con un danneggiamento delle infrastrutture (strade, reti elettriche, reti idriche, ecc.) che possono comportare un'interruzione delle lavorazioni e dei rifornimenti alle aziende ed un conseguente blocco delle attività produttive e pertanto ingenti perdite economiche legate sia ai danni diretti che alla mancata produzione.

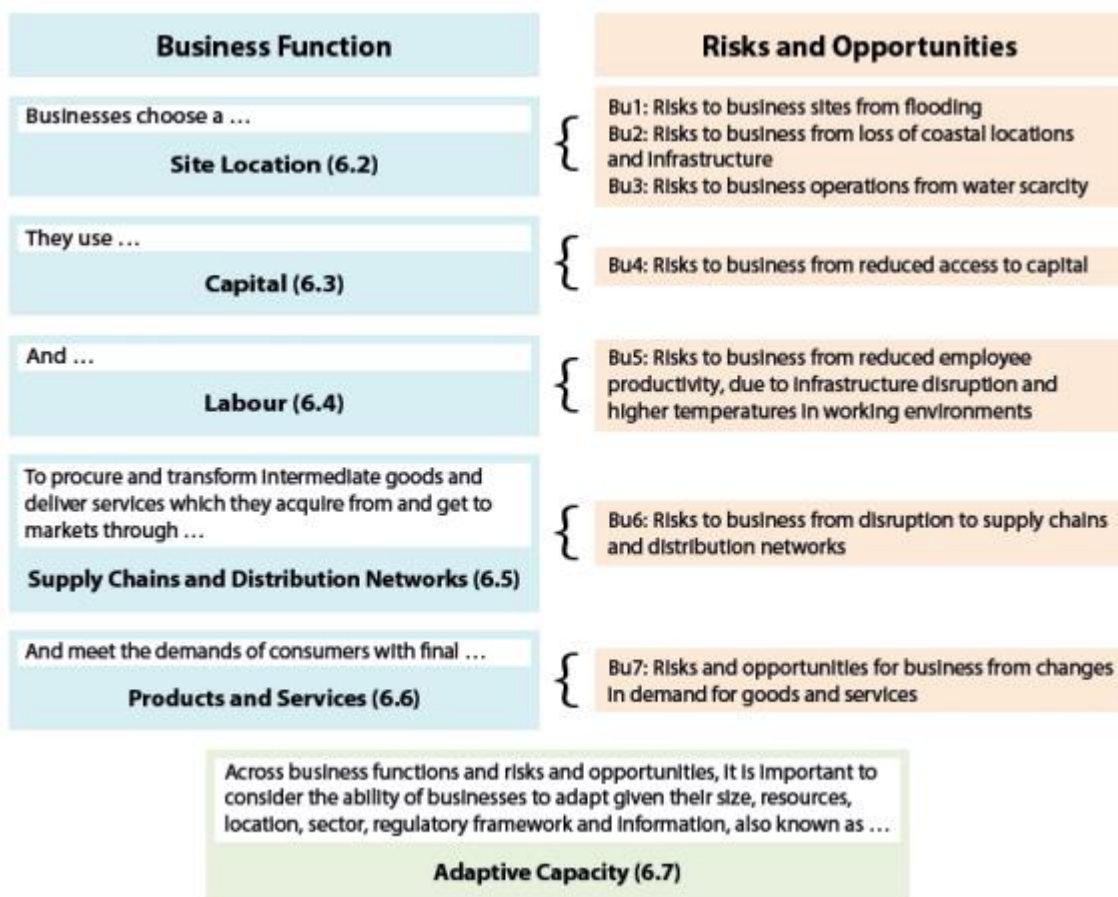


Figura 10. Rischi ed opportunità per le imprese legate al cambiamento climatico. Fonte: IPCC, 2013

La Figura 10 riporta in sintesi la pluralità dei rischi e delle opportunità legate ai cambiamenti climatici a cui le aziende sono esposte. I cambiamenti climatici infatti impattano in particolare sulle seguenti dimensioni industriali (IPCC, 2013):

- Infrastrutture fisiche delle imprese;
- Capitale;
- Forza lavoro;
- Supply chain e catena distributiva;
- Domanda di beni e servizi.

Per un'azienda aumentare la sua capacità adattiva, il suo livello di resilienza, vuole dire andare ad intervenire su tutte queste differenti dimensioni. Il trascurare anche una sola di queste dimensioni potrebbe avere effetti rilevanti sugli altri ambiti d'azione con conseguenti gravi impatti sull'impresa nel suo complesso.

Il focus sugli impatti dei cambiamenti climatici sulle imprese ed in particolare sulle PMI deriva dal fatto che il settore industriale nel suo complesso è tra i settori più vulnerabili a questi cambiamenti in atto a livello globale (IPCC, 2013). Si tratta inoltre di un tema meno trattato nella letteratura urbanistica e di pianificazione

urbanistica, in quanto solitamente il focus di queste discipline è più sulle aree urbane residenziali e sulle aree naturali e le relative funzioni ecosistemiche. Il focus sugli impatti dei cambiamenti climatici sulle imprese e più in generale sulle aree industriali rappresenta pertanto un punto di vista meno consolidato nella letteratura scientifica afferente all'urbanistica e alla pianificazione territoriale.

Il focus sulle aziende tuttavia è soprattutto legato ai numeri preoccupanti presentati in numerosi studi relativi al grado di esposizione delle aziende e il loro basso livello di preparazione, di resilienza a questi cambiamenti già in atto. Una fotografia molto dettagliata di questi aspetti è stata fornita da un gruppo assicurativo, il gruppo Zurich, che ha svolto un sondaggio internazionale sull'impatto dei cambiamenti climatici su oltre 2.600 piccole e medie imprese in tredici differenti Paesi del mondo tra Europa, America e Asia-Pacifico.

A livello globale queste sono le principali evidenze raccolte mediante interviste dirette alle imprese sul tema dei cambiamenti climatici (Gruppo Zurich, 2016):

- L'80% delle piccole e medie imprese (PMI) teme l'impatto dei cambiamenti climatici sul proprio business;
- Alluvioni (22%) e ondate di calore (20%) sono gli eventi climatici estremi più temuti dalle PMI, in relazione soprattutto ai potenziali danni alle strutture produttive e alla necessità di dovere interrompere la produzione;
- Danni materiali (36%) e interruzioni delle attività di business (26%) sono le conseguenze che possono avere gli impatti maggiori sull'azienda e sono i rischi da cui è più difficile proteggersi. Seguono altri rischi quali i danni alla salute dei dipendenti (15%) e i costi maggiori per l'approvvigionamento di acqua ed energia (15%);

In Europa "le PMI sono, in assoluto, meno propense a considerare i cambiamenti climatici un rischio per il business. Un quarto delle piccole e medie aziende europee, dato più alto registrato in tutte le aree oggetto dell'indagine, non anticipa alcun impatto negativo sulla propria attività a causa dei cambiamenti climatici. Fra le PMI che ritengono che il cambiamento climatico possa essere invece un rischio (75%), le alluvioni sono gli eventi che possono avere i più ingenti impatti sul business; mentre i danni materiali sono i maggiori rischi (35%)" (Gruppo Zurich, 2016).

Per quanto riguarda l'Italia nello specifico invece, lo studio evidenzia come essa sia "uno dei Paesi, al pari di Svizzera e Irlanda, in cui le PMI sottovalutano maggiormente l'impatto di eventi climatici estremi sul proprio business. Ben il 37% delle aziende intervistate non teme infatti alcun effetto negativo sulla propria attività. Forti piogge (19,5%) e alluvioni (18,5%) sono gli eventi climatici più temuti. A seguire eventi climatici estremi, quali siccità e ondate di calore (12%), forti venti e frane di fango (5,5%). Nessuna azienda teme invece l'innalzamento del livello medio del mare" (Gruppo Zurich, 2016).

I medesimi dati e tendenze sono stati confermati anche da altri studi simili condotti a livello internazionale. Un altro studio molto interessante condotto sul tema è quello condotto da “DNV GL Business Assurance” con la collaborazione dell’istituto di ricerca internazionale GFK Eurisko. Lo studio, condotto nel 2017 su un campione di 1.241 professionisti provenienti da imprese del settore primario, secondario e terziario dei vari settori in Europa, Nord America, Centro e Sud America e Asia, ha indagato, mediante un sondaggio online, come le aziende si stiano muovendo sia per adattarsi ai cambiamenti climatici sia per incrementare la propria resilienza al clima. I dati ottenuti hanno mostrato come il “98% delle aziende intervistate ha subito almeno un fenomeno legato ai cambiamenti climatici o stima che la propria organizzazione subirà un impatto, diretto o indiretto, generato dal clima nel breve termine. Le temperature in aumento, le ondate di calore, le tempeste e le alluvioni rappresentano le minacce più sentite” (DNV GL, 2017). Inoltre “solo un’azienda su otto, invece, dichiara che i cambiamenti climatici avranno un impatto diretto o indiretto sulla propria organizzazione nel lungo termine. Ciò nonostante solo un’azienda su quattro (il 40% se ci si limita a considerare le grandi aziende) dichiara di essere già attiva e di applicare misure di adattamento o di resilienza. Per oltre la metà delle aziende intervistate, le leggi e i regolamenti sono il principale fattore di adattamento ai cambiamenti climatici e il costo di attuazione delle misure di adattamento è il principale ostacolo all’azione” (DNV GL, 2017).

Tutti i principali studi analizzati (Gruppo Zurich, 2016; DNV GL, 2017) sono concordi nell’identificare due i fenomeni legati ai cambiamenti climatici che maggiormente impattano ed impatteranno le imprese a livello internazionale:

- Ondate di calore;
- Precipitazioni estreme e conseguenti eventi alluvionali.

Per quanto riguarda le ondate di calore, esistono molti studi che correlano direttamente l’aumento delle temperature con una potenziale riduzione della produttività dei lavoratori. Lo stress termico si “riferisce all’eccessivo caldo ricevuto rispetto a quello che il corpo può tollerare senza subire danni fisiologici. Generalmente si verifica a temperature superiori a 35°C e in condizioni di alta umidità. L’eccesso di caldo durante il lavoro è un rischio per la salute sul lavoro; limita le funzioni e le capacità fisiche dei lavoratori, la capacità di lavoro e, quindi, la produttività. In casi estremi può portare al colpo di caldo, che può essere fatale” (OIL, 2019). Si prevede che il settore che sarà maggiormente colpito a livello globale è l’agricoltura (tema non affrontato nella presente ricerca). Secondo il rapporto 2019 dell’Organizzazione Internazionale del Lavoro (OIL), nel 2030 l’aumento dello stress termico, derivante dal riscaldamento globale, causerà perdite di produttività pari a 80 milioni di posti di lavoro a tempo pieno a livello globale (OIL, 2019). Nello studio si evidenzia come, le proiezioni basate su un aumento della temperatura di 1,5°C a livello globale entro la fine di questo secolo, suggeriscono che sempre nel 2030, il 2,2% del totale delle ore di lavoro in tutto il mondo andrà perso a causa di temperature più elevate. Questo equivale a perdite economiche globali pari a

circa 2.400 miliardi di dollari (OIL, 2019). Si tratta tuttavia di una stima conservativa perché, oltre a postulare che l'aumento a lungo termine della temperatura media a livello globale non supererà 1,5°C, si basa sul presupposto che i lavori agricoli e edili, due dei settori più colpiti dallo stress termico, si svolgeranno all'ombra.

Importante evidenziare, come già fatto dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, che quello delle ondate di calore si pone anche come un problema di equità a livello internazionale e non solo. Le Nazioni Unite infatti avvertono come “gli effetti economici, sociali e sulla salute derivanti dallo stress termico renderanno più difficile affrontare la povertà e promuovere lo sviluppo umano e, di conseguenza, anche raggiungere la maggior parte degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (SDG)” (ONU, 2015). Infatti “saranno le persone nelle regioni più povere a subire perdite economiche più significative. Ci si aspetta che i paesi e le regioni a basso e medio reddito subiranno le conseguenze maggiori soprattutto perché hanno meno risorse per adattarsi efficacemente all'aumento del caldo. Le perdite economiche dovute allo stress termico rafforzeranno quindi lo svantaggio economico già esistente, in particolare i tassi più elevati di povertà lavorativa, occupazione informale e vulnerabile, l'agricoltura di sussistenza e la mancanza di protezione sociale” (ONU, 2018). Viene chiesto pertanto di effettuare sforzi maggiori per progettare, finanziare e attuare politiche nazionali e locali in grado di affrontare efficacemente i rischi legati allo stress termico e di conseguenza la sicurezza dei lavoratori. Questi sforzi dovrebbero includere infrastrutture adeguate e una migliore attuazione delle norme internazionali sul lavoro relative alla salute e sicurezza sul lavoro.

Per quanto riguarda le precipitazioni estreme esistono numerosi studi che quantificano nei dettagli le perdite economiche che ad esse si associano. Si procederà ad un'analisi dettagliata di questi dati per il contesto italiano ed emiliano romagnolo nel paragrafo successivo. Prima di un'analisi specifica, è importante evidenziare come “i rischi di danni da eventi alluvionali sono in forte aumento per le aziende e, se non correttamente gestiti, possono avere effetti potenzialmente irreversibili sia in termini di danni ai beni di proprietà sia in termini di danni patrimoniali e perdita di quote di mercato associate al fermo attività. Le aziende devono gestire in modo proattivo il rischio adottando soluzioni di tipo tecnico, organizzativo, contrattuale e assicurativo. È importante rivolgersi a partner in grado di supportare le aziende in tale gestione “integrata” del rischio, scegliendo quali soluzioni privilegiare e come integrarle tra loro, ottimizzando il cosiddetto costo totale del rischio” (Confindustria, 2018).

2.5 Il rischio climatico in Italia ed in Emilia-Romagna. Rischio idro-geologico ed esposizione delle aziende italiane agli effetti dei cambiamenti climatici in Emilia-Romagna

L'Italia è uno dei Paesi europei maggiormente esposti a rischio idro-geologico (EEA, 2017), esposizione che sarà destinata a crescere in seguito agli effetti dei cambiamenti climatici. Basta analizzare alcuni dati per quantificare con precisione l'entità di questo triste primato. Negli ultimi 15 anni l'Italia è stata colpita da disastri naturali che hanno provocato danni per un totale di 49,9 miliardi di euro, pari a circa il 40% di tutti i danni registrati a livello europeo nello stesso periodo (EEA, 2017). Per questa ragione, il 49% del Fondo di Solidarietà da 5,1 miliardi di euro stanziato dall'Unione Europea per sostenere i Paesi colpiti dalle calamità naturali è andato all'Italia (EEA, 2017). Frane e alluvioni sono stati tra le principali cause dei danni registrati in Italia.

L'elevato rischio idrogeologico di ampi territori italiani è legato sia alle loro specifiche caratteristiche geologiche, morfologiche e idrografiche, sia al forte incremento a partire dagli anni '50 delle aree urbanizzate, industriali e delle infrastrutture lineari di comunicazione (Salzano E., 1997). Una crescita urbana spesso avvenuta in assenza di una corretta pianificazione territoriale e con percentuali di abusivismo che hanno raggiunto anche il 60% in alcune aree dell'Italia meridionale (ISPRA, 2015). Per queste ragioni oggi l'82% dei Comuni italiani hanno almeno un'area ad alto rischio idrogeologico (ISPRA, 2015) e quasi 500.000 imprese si trovano in un'area ad alta criticità idrogeologica (Legambiente e Protezione Civile, 2011).

Secondo i più recenti dati ISPRA riassunti nella Figura 11 (anno 2018), la popolazione esposta a rischio alluvioni in Italia è pari a 2.062.475 abitanti (3,5% della popolazione totale nazionale) nello scenario di pericolosità idraulica elevata (tempo di ritorno fra 20 e 50 anni), 6.183.364 abitanti (10,4%) nello scenario di pericolosità media (tempo di ritorno fra 100 e 200 anni) e 9.341.533 abitanti (15,7%) nello scenario di pericolosità bassa (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi, bassa (tempo di ritorno superiore ai 200 anni)).

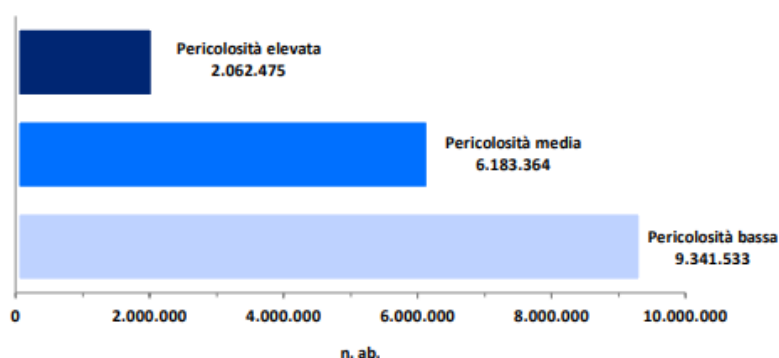


Figura 11. Popolazione a rischio alluvioni residente in aree a pericolosità idraulica in Italia nel 2018. Fonte: Ispra, 2018.

Le Regioni con i valori più elevati di popolazione a rischio alluvioni nello scenario di pericolosità idraulica media sono Emilia-Romagna, Toscana, Veneto, Lombardia e Liguria (Ispra, 2018).

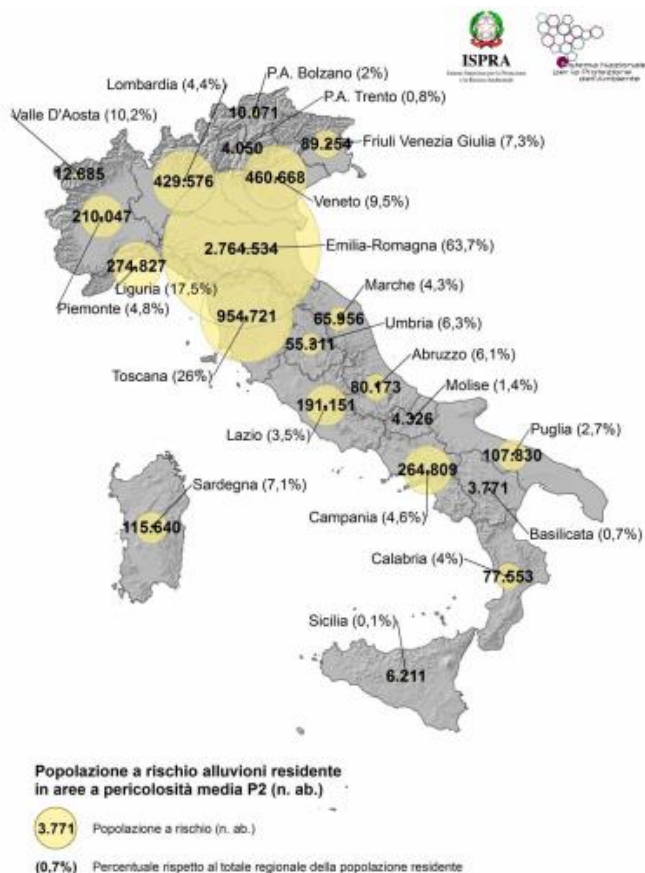


Figura 12. Popolazione a rischio residente in aree a pericolosità idraulica media su base regionale nel 2018. Fonte: Ispra 2018.

Le imprese italiane esposte a rischio alluvioni in Italia, secondi i dati aggiornati al 2018, sono 197.565 (4,1% del totale delle imprese italiane) nello scenario a pericolosità idraulica elevata (tempo di ritorno fra 20 e 50 anni), 596.254 (12,4%) nello scenario a pericolosità idraulica media (tempo di ritorno fra 100 e 200 anni) e 884.581 (18,4%) nello scenario a pericolosità idraulica bassa (tempo di ritorno superiore ai 200 anni). Si segnala come relativamente alle stesse stime fatte dall'Ispra nel 2015, tutte le percentuali sono cresciute, sintomo di un generale peggioramento delle situazioni di dissesto legate a cambiamenti climatici già in atto a livello locale.

La stima degli addetti esposti nello scenario di pericolosità media è pari a **2.306.229** (14%) (Figura 13). L'elevato numero di unità locali di imprese a rischio idraulico è legato alla maggiore densità di industrie e servizi nelle aree di pianura nel territorio italiano.

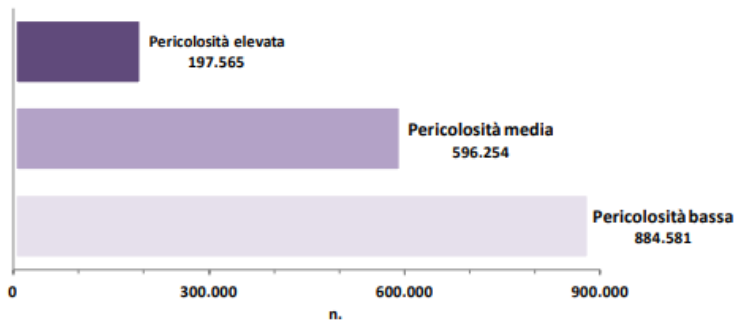


Figura 13. Unità locali di Imprese a rischio alluvioni in Italia. Fonte: ISPRA 2018

Come evidenziato nella Figura 14, la Regione Emilia-Romagna è la Regione con il maggior numero di aziende esposte al rischio di alluvioni a livello italiano, seguita da Toscana, Veneto, Lombardia e Liguria. Su base provinciale i valori più elevati si registrano in provincia di Bologna, Firenze, Reggio Emilia e Ravenna (Ispra, 2018).

Regione	Unità locali delle Imprese ISTAT 2011	Unità locali di Imprese (IM) a rischio in aree a pericolosità idraulica - Scenari D.Lgs. 49/2010						Addetti in Unità IM	Addetti in Unità IM a rischio in aree a pericolosità idraulica media P2	
		Elevata - P3		Media - P2		Bassa - P1			n.	%
		n.	%	n.	%	n.	%			
Piemonte	369.062	6.188	1,7%	18.430	5,0%	58.956	16,0%	1.354.444	79.984	5,9%
Valle d'Aosta	12.876	573	4,5%	1.245	9,7%	5.209	40,5%	42.324	4.489	10,6%
Lombardia	888.054	19.169	2,2%	40.447	4,6%	114.783	12,9%	3.496.393	177.031	5,1%
Trentino-Alto Adige	91.614	1.121	1,2%	2.144	2,3%	5.020	5,5%	362.303	13.935	3,8%
Bolzano	46.666	901	1,9%	1.644	3,5%	2.092	4,5%	188.292	10.364	5,5%
Trento	44.948	220	0,5%	500	1,1%	2.928	6,5%	174.011	3.571	2,1%
Veneto	440.623	31.616	7,2%	44.512	10,1%	110.033	25,0%	1.667.825	170.368	10,2%
Friuli Venezia Giulia	95.940	2.278	2,4%	7.541	7,9%	10.408	10,8%	376.682	30.995	8,2%
Liguria	140.737	27.500	19,5%	40.102	28,5%	50.389	35,8%	458.897	124.943	27,2%
Emilia-Romagna	403.272	40.272	10,0%	254.612	63,1%	160.300	39,7%	1.515.059	1.030.232	68,0%
Toscana	358.984	27.189	7,6%	105.411	29,4%	259.633	72,3%	1.153.994	382.627	33,2%
Umbria	75.262	2.662	3,5%	5.666	7,5%	9.180	12,2%	249.162	19.524	7,8%
Marche	142.657	836	0,6%	8.574	6,0%	3.629	2,5%	485.185	34.009	7,0%
Lazio	456.377	10.963	2,4%	16.672	3,7%	22.057	4,8%	1.544.224	81.214	5,3%
Abruzzo	109.925	4.982	4,5%	12.383	11,3%	11.386	10,4%	340.815	36.929	10,8%
Molise	23.254	126	0,5%	444	1,9%	541	2,3%	62.802	5.919	9,4%
Campania	362.502	6.987	1,9%	15.468	4,3%	23.791	6,6%	1.015.950	42.140	4,1%
Puglia	269.834	4.316	1,6%	7.376	2,7%	10.761	4,0%	771.425	23.971	3,1%
Basilicata	38.043	228	0,6%	353	0,9%	377	1,0%	109.939	1.550	1,4%
Calabria	117.904	3.924	3,3%	4.900	4,2%	6.749	5,7%	301.427	15.007	5,0%
Sicilia	291.506	393	0,1%	619	0,2%	721	0,2%	790.753	6.006	0,8%
Sardegna	117.588	6.242	5,3%	9.355	8,0%	20.658	17,6%	324.483	25.356	7,8%
Totale Italia	4.806.014	197.565	4,1%	596.254	12,4%	884.581	18,4%	16.424.086	2.306.229	14,0%

Figura 14. Indicatori di rischio alluvioni relativi a popolazione, famiglie, edifici, imprese e Beni Culturali su base regionale - elaborazione 2018. Fonte ISPRA, 2018.

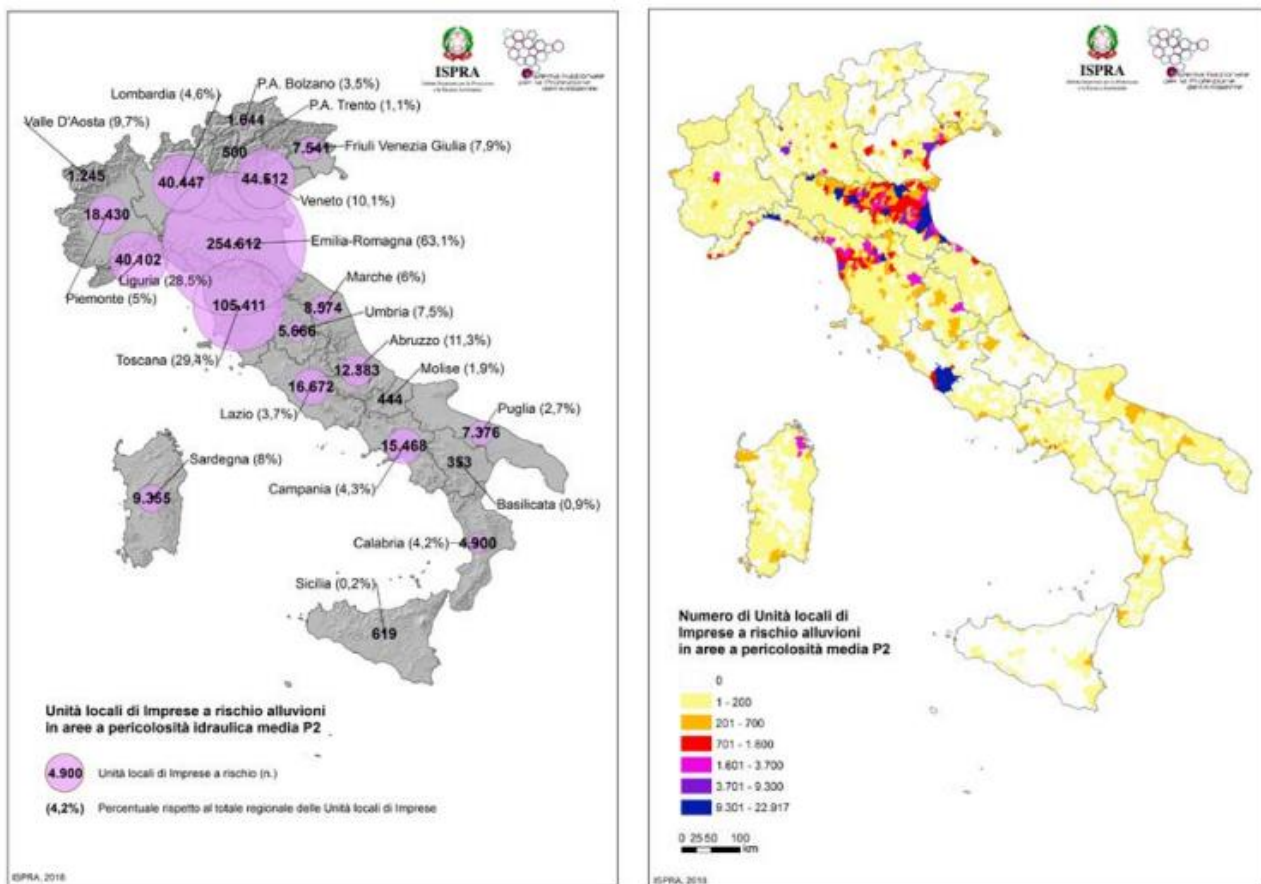


Figura 15. Unità locali di Imprese a rischio alluvioni in aree a pericolosità idraulica media su base regionale e comunale. Fonte ISPRA, 2018.

I cambiamenti climatici in atto, così come ormai ampiamente documentato nella letteratura scientifica, porteranno ad una crescita di frequenza ed intensità dei fenomeni meteorologici estremi, con un progressivo attestarsi pertanto su valori probabilistici di esposizione sempre più vicini agli scenari di massima pericolosità (EEA, 2017). I principali trend climatici infatti mostrano come gli eventi estremi andranno ad intensificarsi sia per numero che per intensità (IPCC, 2015). Per il contesto italiano “la frequenza e l’intensità degli eventi meteorologici estremi, con il loro corredo di fulminazioni, alluvioni e frane, sono destinate ad aumentare a causa dei cambiamenti climatici ed è quindi probabile, anche se al momento non stimabile quantitativamente a causa dell’indisponibilità di proiezioni affidabili, che gli impatti sulle infrastrutture (es. gasdotti, oleodotti, condotte trasportanti sostanze infiammabili o tossiche) e le attività industriali pericolose (ad es. stabilimenti a rischio di incidente rilevante e altre attività produttive che utilizzano processi e sostanze chimiche pericolosi) saranno sempre più significativi” (PNAC, 2017).

Quantificare come tutto questo si ripercuoterà a livello economico sull’economia italiana e nello specifico sulle imprese non è semplice. Sono pochi infatti gli studi che propongono un’analisi complessiva degli impatti

dei cambiamenti climatici sul PIL italiano (SNAC, 2015). Uno degli studi più attendibili è stato svolto da Carraro (Carraro, 2008) nell'ambito della Conferenza Nazionale sul Clima. In questo studio, usando un modello econometrico, si è arrivati a quantificare che in uno scenario di minimo aumento della temperatura (+0,93°C rispetto al 2001), la perdita indotta dai cambiamenti climatici, nel 2050, potrebbe essere compresa tra lo 0,12% e lo 0,16% del PIL. Se si considera il valore del PIL dell'Italia, "la perdita ammonterebbe a circa 2,5 miliardi di Euro di mancata produzione di beni e servizi; la perdita economica potrebbe arrivare fino allo 0,2% del PIL se la variazione di temperatura fosse di +1,2°C. Inoltre, se gli impatti aumentassero in modo esponenziale nella seconda metà del secolo, si registrerebbe una riduzione del PIL nel 2100 sei volte più grande rispetto a quella del 2050" (Carraro, 2008).

Questi dati circa l'elevato rischio a cui sono esposte le aziende italiane in parte contrasta con il fatto che "il settore industriale (con l'eccezione di quello energetico e dei settori grandi consumatori di risorse idriche) non è comunemente percepito come un settore economico particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici, essendo anzi prevalente la considerazione delle nuove opportunità che questi potranno offrire ad alcuni business (es. delle tecnologie ambientali, dei materiali di costruzione e per l'isolamento)" (FEEM, 2017). I dati sopra presentati sembrano invece confermare tutta un'altra storia. E sottostimare i rischi a cui si è esposti può essere pericoloso in quanto "i costi per l'adattamento possono essere significativi, ma i costi derivanti da una mancata considerazione dei rischi naturali ad essi associati può essere ben maggiore; gli investitori già adesso ricercano evidenze dell'adozione di misure di adattamento e le imprese devono pertanto includere le proiezioni di cambiamenti climatici nel risk management e nel ciclo degli investimenti" (EEA, 2018).

Relativamente al settore industriale e i cambiamenti climatici, diversi studi evidenziano come "è prevedibile che, in futuro, le informazioni climatiche acquisiranno un ruolo fondamentale, non solo nella gestione degli impianti industriali che possono essere messi in crisi dalle alterazioni dei cicli idrici (es. quelle provocate dalla carenza di precipitazioni), ma già a partire dalle scelte di localizzazione e di progettazione" (FEEM, 2017). Questo "richiederà lo sviluppo di scenari climatici su base regionale, che permettano di tener conto dell'orografia, dell'uso dei suoli e delle isole di calore urbane. L'approccio modellistico a scala regionale non può comunque prescindere dalle osservazioni storiche (di qualità) delle variabili meteorologiche necessarie sul nostro territorio. A tal riguardo, sarebbe utile valorizzare il grande patrimonio di dati meteorologici disponibili, curandone l'aggiornamento, la qualità e la fruibilità" (FEEM, 2017). Questo, visto il livello di rischio a cui le imprese emiliane romagnole sono esposte, sarà particolarmente importante per la Regione Emilia-Romagna, focus del presente studio.

Al momento tuttavia è necessario evidenziare come la cultura dell'adattamento e della riduzione del rischio sia poco sviluppata tra le industrie italiane (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017).

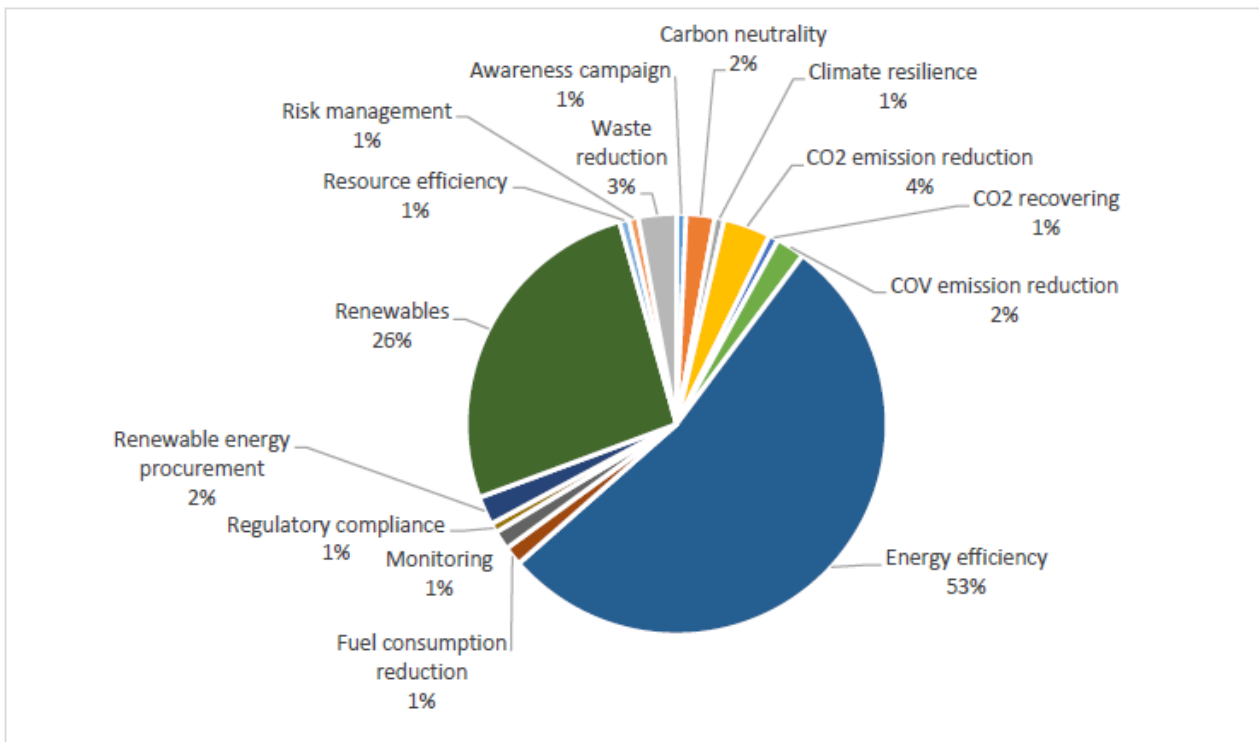


Figura 16. Misure di mitigazione e adattamento implementate dalle aziende italiane. Risultati di interviste condotte su oltre 500 imprese. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.

Come si evince dai dati sopra riportati (Figura 16) che fanno riferimento ad un ampio studio portato avanti da Scuola Sant’Anna di Pisa in collaborazione con il Ministero dell’Ambiente nel corso del 2017, le misure di gestione del rischio e di adattamento rappresentano intorno al 2% delle misure messe in campo dalle aziende italiane. Il grosso dello sforzo delle imprese italiane ad oggi sembra essere andato su misure di mitigazione dei cambiamenti climatici (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017).

2.6 Analisi delle principali barriere nell’implementazione delle politiche e delle misure di adattamento a livello locale

Sebbene emerga con sempre maggiore forza ed evidenza la necessità di attuare efficaci e concrete politiche di adattamento ai cambiamenti climatici e riduzione dei rispettivi livelli di rischio a livello locale, ad oggi sono pochi i casi di efficaci misure di adattamento attuate in applicazione di policy locali di adattamento (EEA, 2016). Sono infatti molto limitati a livello internazionale ed europeo i casi di misure di adattamento pianificate, progettate, attuate e monitorate in applicazione di specifiche politiche di adattamento. Questo scollamento molto significativo tra politiche di adattamento e pratiche dell’adattamento è stato ampiamente analizzato e studiato all’interno della letteratura scientifica. Solitamente la letteratura scientifica si riferisce

a questo scollamento tra policy e pratiche dell'adattamento ricorrendo al concetto di "barriere". Tali barriere nell'implementazione delle politiche legate ai cambiamenti climatici, sono state mappate definendole in taluni casi "problemi delle politiche climatiche" (Berrang-Ford et al., 2011), limiti delle politiche climatiche (Moser S., Ekstrom A., 2010), in altri casi ostacoli delle politiche climatiche (Moser S., Ekstrom A., 2010), in altri casi sfide delle politiche climatiche (Moser S., 2009). Per semplicità ci si riferirà a tutte queste tematiche in termini di barriere.

L'esistenza di queste barriere nell'attuazione delle politiche climatiche di adattamento a livello locale è documentato ampiamente in diversi studi scientifici e in diversi lavori che la Commissione Europea e l'Agenzia Europea per l'Ambiente hanno dedicato al tema. Le principali barriere nell'attuazione delle politiche climatiche di adattamento a livello locale possono così essere classificate (Magni F., 2019):

- Mancanza di informazione per il processo decisionale;
- La mancanza di risorse economiche;
- Frammentazione del processo decisionale;
- Vincoli normativi ed istituzionali;
- Assenza di leadership;
- Percezione del rischio non uniforme.

Si riporta di seguito una analisi sintetica di ciascuna delle principali barriere evidenziando le principali evidenze della letteratura scientifica e fornendo i principali indirizzi dei documenti di programmazione italiani in materia di adattamento per cercare di superarle e/o limitarle.

Mancanza di informazioni per il processo decisionale

La mancanza di informazioni nel processo decisionale è una delle principali preoccupazioni del policy maker e una delle principali barriere nell'attuazione di politiche e misure di adattamento (Moore S., Zavaleta E., Shaw R., 2012). Prendere decisioni in tempi di complessità ed incertezze crescenti diviene sempre più complesso e difficile. Non a caso la necessità di un miglioramento della base conoscitiva per il supporto alla decisione dei decisori pubblici e privati è messa al centro della Strategia Nazionale Adattamento ai Cambiamenti Climatici italiana. Qui si legge che "è necessario migliorare la base conoscitiva disponibile su cui impostare strumenti di aiuto e supporto alla decisione per l'individuazione delle priorità di azione, coinvolgendo la comunità scientifica esperta in materia di clima e di valutazioni di impatto. La base informativa deve essere fondata su approfondite analisi ma al tempo stesso deve essere di facile accesso e comprensibilità per i decisori politici, gli stakeholder, le comunità locali, le associazioni e i cittadini" (SNAC, 2015).

La barriera principale al facile accesso e comprensibilità dei dati climatici è legata alla natura stessa di questi dati, per loro natura complessi e afferenti alle discipline delle scienze della terra e della climatologia (CMCC, 2018). Al decisore pubblico servirebbero proiezioni climatiche regolari e aggiornate, alle opportune scale spaziali e temporali, sugli impatti del cambiamento climatico in grado di orientare le strategie del governo del territorio (Barsugli et al, 2012). Gli altri dati il cui accesso è non è semplice per il decisore pubblico sono quelle di natura economica, legate in primo luogo all'individuazione di costi e benefici delle differenti opzioni di adattamento e del costo del non agire (FEEM, 2017). Vi è poi una terza dimensione tecnica legata invece alla misurazione dell'efficacia delle varie opzioni di adattamento, in un quadro di valutazione supportato da metriche in grado di misurare con precisione il grado di successo o il fallimento di politiche e misure (Vose et al. 2012). La dimensione tecnica si lega anche alla mancanza di informazioni tecniche sulle differenti opzioni di adattamento che possono aiutare ad aumentare la capacità di adattamento nonostante il permanere di incertezze (Kareiva P., 2008) e informazioni su come migliorare la capacità di adattamento può risolvere altri fattori di stress ambientale e sociale, come l'inquinamento e la frammentazione degli habitat (IPCC, 2007).

In sintesi quindi sono tre le principali tipologie di dati su cui la letteratura evidenzia carenze e limiti:

- Dati/informazioni climatiche precise;
- Dati/informazioni su costi e benefici delle varie opzioni di adattamento e del non agire;
- Dati/informazioni sull'efficacia tecnica delle varie opzioni di adattamento.

Sono diverse le ragioni per cui si verifica questa carenza di informazioni climatiche a disposizione del decisore pubblico e dell'impresa privata. Da un lato vi è un'"ignoranza" da parte di questi soggetti delle banche dati, istituti, rapporti, ecc. in cui è possibile reperire queste informazioni. Vi è cioè una mancanza di conoscenza su dove è possibile trovare informazioni in formati comprensibili e utili per supportare la comunicazione e il processo decisionale (Brunner R., Nordgren J., 2012). Un secondo aspetto è invece legato alle differenti lingue parlate dalle varie discipline scientifiche e delle scienze sociali. Molti professionisti del clima, o ingegneri o economisti spesso non sono ancora adeguatamente preparati in materia di cambiamento climatico, il che limita la loro capacità di comunicare informazioni utili ai decisori pubblici e allo stesso tempo non sono in grado di utilizzare le informazioni climatiche nei loro processi decisionali (Carmin et al., 2012; Schramm, 2012). La barriera legata alla mancanza di informazioni utili e rilevanti per il processo decisionale rappresenta pertanto una priorità di lavoro e ricerca, una ricerca che va legata sempre più ai temi emergenti degli Open Data e dei Big-Data (FEEM, 2017). Siamo sempre più nell'epoca del dato e stanno dell'informazione, a livello internazionale si stanno moltiplicando le università e le società private che lavorando sulla restituzione dei dati in modalità più facilmente utilizzabili. Su questa barriera insomma sembrerebbero esserci ampi margini di lavoro, con diverse opportunità per arrivare ad un superamento/riduzione di questa barriera nel processo di definizione e attuazione di politiche e misure di adattamento.

Mancanza di risorse economiche

Questa è la barriera per antonomasia, la mancanza di risorse economiche per pianificare e realizzare le misure di adattamento pensate e ideate dal settore pubblico e privato. In primo luogo va registrato una generale riduzione delle risorse economiche pubbliche da parte di molti dei soggetti coinvolti all'interno dei processi di adattamento. Mancanza di risorse che si traduce non solo in una mancanza delle risorse economiche per attuare le misure, ma anche del personale adeguato (per numero e per conoscenze tecniche) in grado di attuare individuare, progettare, realizzare e monitorare misure di adattamento (Needham et al., 2012; Schramm, 2012).

Il problema tuttavia non è legato solo alla mancanza di risorse economiche ma anche alla difficoltà di accedere alle risorse economiche disponibili a questo scopo. Poche amministrazioni pubbliche, soprattutto quelle a livello locale, hanno le competenze tecniche e le risorse umane necessarie per accedere a questi bandi europei, nazionali e regionali. Inoltre i finanziamenti disponibili per le tematiche legate all'adattamento sono spesso legate a contributi a fondo perduto una tantum (Lackstrom et al., 2012). La mancanza di finanziamenti globali facilmente accessibili, coordinata e sostenuta in maniera pluriennale continua a ostacolare la capacità delle parti interessate di promuovere progetti ambiziosi in materia di adattamento (Brunner e Nordgren, 2012). Senza finanziamenti supplementari e più stabili nel tempo, gli attuali limiti di bilancio e le priorità concorrenti continueranno ad essere significativi ostacoli all'attività adattamento a livello nazionale e locale (Needham et al., 2012;).

In sintesi la barriera legata alla mancanza di risorse economiche per l'adattamento può essere declinata nelle seguenti sotto-barriere:

- Progressiva riduzione delle risorse economiche a disposizione per progettare e attuare misure di adattamento ai cambiamenti climatici;
- Difficoltà ad accedere alle risorse disponibili da parte degli enti pubblici, soprattutto quelli locali e più piccoli;
- Fondi pubblici per il clima una tantum che non rendono possibili progetti di medio e lungo periodo.

Una possibilità, forse la possibilità principale per il superamento di questa barriera, è il coinvolgimento dei privati, oggi sempre più identificata come una misura necessaria ed imprescindibile per attuare efficaci misure di adattamento ai cambiamenti climatici (Unipol, 2018). Questa opzione viene anche identificata nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici italiana che invita a prestare "particolare attenzione alla definizione di dispositivi di coinvolgimento "volontario" che promuovano la partnership dei privati nella attuazione degli obiettivi di intervento. Le azioni del settore privato possono infatti essere un complemento agli impegni nazionali. Il perseguimento degli obiettivi di adattamento climatico può infatti essere notevolmente migliorato da o con il coinvolgimento del settore privato, soprattutto per quanto

riguarda lo sviluppo e il trasferimento tecnologico, le disponibilità finanziarie e il capacity building” (SNAC, 2015). Sempre più quindi sarà necessario muoversi verso delle partnership pubblico-private, in grado di porsi e di realizzare importanti ed ambiziosi obiettivi di adattamento ai cambiamenti climatici accostandosi al problema con creatività relativamente alla ripartizione degli oneri e dei benefici (Crocì E., Colelli F., 2017).

Frammentazione del processo decisionale

Questa barriera si lega alle complessità di governance e di government dei processi decisionali pubblici legati all’adattamento ai cambiamenti climatici. Le misure di adattamento infatti, per loro natura misure complesse sia dal punto di vista tecnico che di meccanismi di governance necessari, richiedono lunghe catene di decisioni ed autorizzazione che sfilacciano il processo decisionale rendendo le scelte più lunghe, complesse e non chiare in termini di responsabilità (Magni F., Musco F., 2014). L’Adattamento al cambiamento climatico è un tema che viene interessato con forza da questa frammentazione delle responsabilità. Una mancanza di coordinamento tra soggetti diversi che impediscono un processo di policy-making lineare ed efficiente (Horton et al., 2012; Lebow et al., 2012). Anche la frammentazione tra diversi livelli giurisdizionali di un dato sistema naturale è un notevole ostacolo nell’attuazione di politiche e misure di adattamento (Clark e Levin, 2010).

La barriera legata alla frammentazione del processo decisionale può pertanto essere scomposta nelle seguenti sotto-barriere:

- Frammentazione delle responsabilità;
- Complessità dei processi decisionali e delle procedure burocratiche;
- Mancato coinvolgimento nelle forme e nei tempi giusti di tutti gli stakeholder rilevanti;
- Presenza di confini amministrativi che non corrispondono con le scale ambientali su cui è necessario intervenire (si pensi ad esempio ad un bacino fluviale e le difficoltà di coordinare tutti i soggetti che su quel sistema fluviale hanno competenze e responsabilità).

La Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici italiana anche in questo caso individua quali siano le strategie e le direzioni da intraprendere per superare questa barriera. In particolare sottolinea come “l’adattamento alle conseguenze dei cambiamenti climatici è una sfida fondata sulla governance multilivello (multilevel governance). In quanto tale, oltre ai governi centrali e alle amministrazioni locali, coinvolge un elevato numero di stakeholder del settore pubblico e privato” (SNAC, 2015). Aggiunge inoltre come sia fondamentale e necessaria “la partecipazione attiva dei cittadini e delle loro associazioni può apportare un significativo valore aggiunto al processo di adattamento e migliorare la consapevolezza e la condivisione delle azioni che devono essere intraprese” (SNAC, 2015). Evidenzia infine come “le azioni di adattamento devono essere integrate nelle politiche, nei piani e nei programmi in atto, coerentemente e a complemento di azioni specificatamente riguardanti l’ambiente o il settore socioeconomico. In tal senso l’adattamento può essere

inteso non solo come una politica ambientale in senso stretto ma piuttosto come una azione di tipo sociale che si integri nelle altre politiche pubbliche” (SNAC, 2015).

Vincoli normativi ed istituzionali

Questa barriera si lega alla complessità dal punto di vista delle policy del tema dell’adattamento, complessità legata alla varietà di ambiti normativi e legislativi differenti che interessa direttamente e/o indirettamente. La presenza di tali vincoli inoltre, soprattutto per il contesto italiano, è legato ad una legislazione cresciuta in maniera frammentata, non completa ed in tempi relativamente recenti (MATMM, 2014). L’esistenza di tali vincoli normativi ed istituzionali determinano in primo luogo una riduzione della flessibilità necessaria per consentire lo sviluppo e la realizzazione di misure di adattamento efficaci in un contesto climatico in forte e veloce cambiamento (Garfin et al., 2012; McNeeley, 2012). Infatti le leggi e i regolamenti esistenti hanno spesso strutture rigide, o si basano su principi di un clima che non cambia in grado di inibire l’uso di strategie flessibili necessarie per prepararsi per un cambiamento sempre più intenso. Tali vincoli spesso vengono posti in totale “buonafede” da parte di uno specifico settore. Infatti misure molto rigide in materia di conservazione della biodiversità o in materia di gestione delle emergenze ad esempio, possono tradursi in vincoli insuperabili per l’attuazione di efficaci politiche di adattamento (USGS, 2012). Tali vincoli possono inoltre manifestarsi come ad una non corretta e chiara identificazione delle responsabilità e dei poteri dei vari soggetti istituzionali, impedendo pertanto interventi tempestivi in materia di adattamento ai cambiamenti climatici (Vose et al., 2012).

La barriera legata ai vincoli normativi ed istituzionali può pertanto essere scomposta nelle seguenti sotto-barriere:

- Normativa sviluppata nei decenni passati e che non considera adeguatamente il tema dell’adattamento ai cambiamenti climatici;
- L’adattamento interessa numerosi ambiti legislativi e normativi, andando a sommare i vincoli e i limiti presenti all’interno di ciascun settore specifico;
- Rigidità delle regole e dei vincoli esistenti;
- Conflitti tra enti e normative settoriali differenti.

Anche in questo caso la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici italiana individua delle strategie per superare tale barriera, in particolare “l’adattamento dovrà essere integrato nelle politiche e nei processi esistenti che spesso non identificano come azione di “adattamento” quanto espresso in quelle politiche, non solo in campo ambientale, ma anche nell’ambito socio-economico. L’adattamento in tal senso può essere inteso appunto non solo come una politica ambientale, ma come una pratica sociale che favorisca il mainstreaming nelle altre politiche pubbliche, ad esempio valutando anche la possibilità di modificare o integrare la normativa corrente nazionale o regionale, e nelle prassi del settore privato, ad esempio nella

predisposizione delle Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA) di impianti e infrastrutture e, più in generale, nella valutazione di piani e progetti, estendendo tali valutazioni alla salute e sicurezza umana” (SNAC, 2015). Evidenza pertanto come “sarà importante adottare un approccio integrato intersettoriale al fine di prevenire conflitti negli obiettivi e negli usi e di promuovere le sinergie con altri obiettivi” (SNAC, 2015).

Assenza di leadership

Il successo di una misura di adattamento nella maggior parte dei casi è direttamente legata ad una forte leadership nel processo decisionale e nell’identificazione degli obiettivi e delle priorità d’azione (Moser e Ekstrom, 2012; Smith et al., 2009). Gioca inoltre la presenza di figure in grado di catalizzare il processo decisionale in materia di adattamento, con quello che potrebbe essere chiamato “effetto Greta Thunberg”. L’assenza di una leadership inoltre, spesso è legata alla corta durata dei mandati politici dei decisori pubblici (Smith et al., 2010). Decisioni e progettualità intraprese da una data amministrazione possono talvolta essere interrotti e/o revocati al cambiamento “di colore” dell’amministrazione di riferimento.

La barriera legata all’assenza di leadership può pertanto essere scomposta nelle seguenti sotto-barriere:

- Ripartizione della leadership del processo di adattamento tra figure tecniche e politiche, tra differenti dirigenti e figure politiche;
- Difficoltà a livello locale di innescare un “effetto Greta Thunberg” in grado di coinvolgere cittadini, imprese, istituzioni e decisori politici;
- Mandati politici corti che non pagano nell’assumere decisioni con ricadute di medio e lungo periodo.

Possibili soluzioni per superare questa barriera sono legati all’individuare un responsabile del processo politico legato all’adattamento, una figura (tecnica o politica) che funga da catalizzatore e punto di riferimento nel processo decisionale. E’ chiaro tuttavia che questo non basta. Servono impegni e strategie che vadano oltre i singoli mandati politici. In tale direzione si muovono ad esempio i PAESC, strumenti ideati e pensati per sopravvivere al singolo politico e salvaguardare nel tempo la continuità di programmi e azioni finalizzati a ridurre gli impatti dei cambiamenti climatici (Magni F., Musco F., 2014).

Percezione del rischio non uniforme

Questa barriera si lega profondamente con quella della mancanza di dati ed informazioni adeguate relativamente al tema dell’adattamento. La mancanza di dati comprensibili possono generare una diversa percezione dei livelli di rischio dei vari soggetti. Può così accadere che soggetti molto esposti si sentano in realtà molto tranquilli o che soggetti poco esposti agli effetti dei cambiamenti climatici sentano profondamente a rischio la loro incolumità e il loro modo di vivere. Questo oltre che singoli soggetti può interessare intere comunità e/o realtà territoriali (Leiserowitz, 2006; Verweij et al., 2006). Una percezione del rischio non corretta, può portare ad una polarizzazione e/o ad uno stallo delle decisioni su come

prepararsi per far fronte alla variabilità climatica a lungo termine. Alcuni soggetti potrebbero vedere nell'adattamento e nella mitigazione ai cambiamenti climatici una priorità, altri no (Renn O., 2011).

La barriera legata all'assenza di leadership può pertanto essere scomposta nelle seguenti sotto-barriere specifiche:

- Mancanza di informazioni precise e attendibili circa la propria esposizione al rischio;
- Mancanza di strumenti pubblici e/o privati in grado di attestare con chiarezza e una riconoscibilità condivisa da tutti i soggetti il livello di rischio di un determinato territorio e/o edificio;
- Esistenza di conflitti tra percezioni divergenti del livello di rischio che portando alla identificazione di diverse priorità di azione e/o misure da attuare generando conflitti tra territori o gruppi sociali.

Molti studi tuttavia mostrano come la percezione del rischio legato ai cambiamenti climatici stia crescendo a tutti i livelli (FEEM, 2017). Esiste cioè un numero sempre maggiore di imprese e soggetti che prendono consapevolezza dei cambiamenti in atto e sulle conseguenze che questi cambiamenti hanno sulle loro vite e sulle loro attività economiche. Si tratta pertanto di una barriera che in un qualche modo sta attenuando il suo impatto sulle politiche di adattamento, politiche che sempre più vengono viste come necessarie ed urgenti (Musco F., Zanchini E., 2014).

Esistono nuove strategie e opportunità per superare molte di queste barriere. Nel presente studio si indagheranno soprattutto modalità innovative per il superamento della barriera legata alla mancanza di informazione per il processo decisionale, la mancanza di risorse economiche e la percezione del rischio non uniforme. Le innovazioni proposte su questi tre aspetti, si innestano direttamente in un'altra delle barriere analizzate, ovvero la frammentazione del processo decisionale cercando di individuare modalità e strategie per il coinvolgimento dei privati nel perseguire obiettivi e risultati di interesse pubblico.

2.7 I diversi approcci all'adattamento e alla riduzione del rischio di disastri naturali. Il ruolo delle Nature-Based-Solutions

Esistono diverse strategie per adattarsi ai cambiamenti climatici riducendo allo stesso tempo i livelli di rischio a cui si è esposti. Nei sistemi antropici infatti, l'adattamento al clima attuale e atteso e ai suoi impatti cerca di limitare i danni o di sfruttare le opportunità favorevoli. Nei sistemi naturali, l'intervento umano può agevolare l'adattamento al clima atteso e ai suoi impatti. A tal proposito esistono tre differenti strategie di adattamento (IPCC, 2014):

- **Adattamento ai singoli eventi (Coping).** In tale strategia di adattamento, vengono messe in atto azioni di adattamento spot per rispondere a specifiche emergenze. Questo approccio di adattamento solitamente consente di superare un dato rischio climatico nel breve periodo, senza però risolvere il problema sul medio e lungo periodo;
- **Adattamento incrementale.** In tale strategia di adattamento rientrano le “azioni di adattamento in cui l'obiettivo principale è quello di mantenere l'essenza e l'integrità di un sistema o di un processo su una scala temporale di medio e lungo periodo”. L'approccio incrementale funziona per determinati livelli di rischio (EEA, 2016), ovvero all'interno dei parametri fisici per le quali le azioni di adattamento sono state progettate e sviluppate. Un caso di approccio all'adattamento incrementale può essere identificato nel Mose (MODulo Sperimentale Elettromeccanico) di Venezia, pensato per proteggere la città di Venezia dai fenomeni di acqua alta. Poiché in futuro il fenomeno delle acque alte potrebbe aggravarsi per il previsto aumento del livello del mare come effetto dei cambiamenti climatici, il Mose è stato progettato per proteggere da maree fino a tre metri e dovrebbe quindi garantire una protezione della città di Venezia anche se si dovessero verificare le ipotesi più pessimistiche dell'IPCC relative alla crescita del livello del mare di circa 60 cm nei prossimi 100 anni. Si tratta quindi di un intervento che funziona all'interno di determinati parametri climatici;
- **Adattamento trasformativo.** In tale strategia di adattamento, rientra una modalità di “adattamento che cambia gli attributi fondamentali di un sistema in risposta al clima e dei suoi effetti”. A differenza dei modelli precedenti, i tempi necessari per realizzare misure di adattamento di tipo trasformativo sono molto più lunghi rispetto ai due approcci precedenti e richiedono progettualità e schemi di pianificazione urbani/territoriali completamente nuovi e solo in parte esplorati. Questi sforzi aggiuntivi tuttavia consentono di adattarsi al clima che cambia in maniera più efficace e duratura, con la capacità di resistere senza subire danni anche agli impatti meteo climatici di maggiore intensità. Uno degli esempi più noti di questo approccio trasformativo è quello delle “case galleggianti” costruite sia nel Nord Europa che in alcune aree costiere degli Stati Uniti e dell'Asia.

Una sintesi grafica dei principali approcci strategici all'adattamento è riportata nella Figura 17.

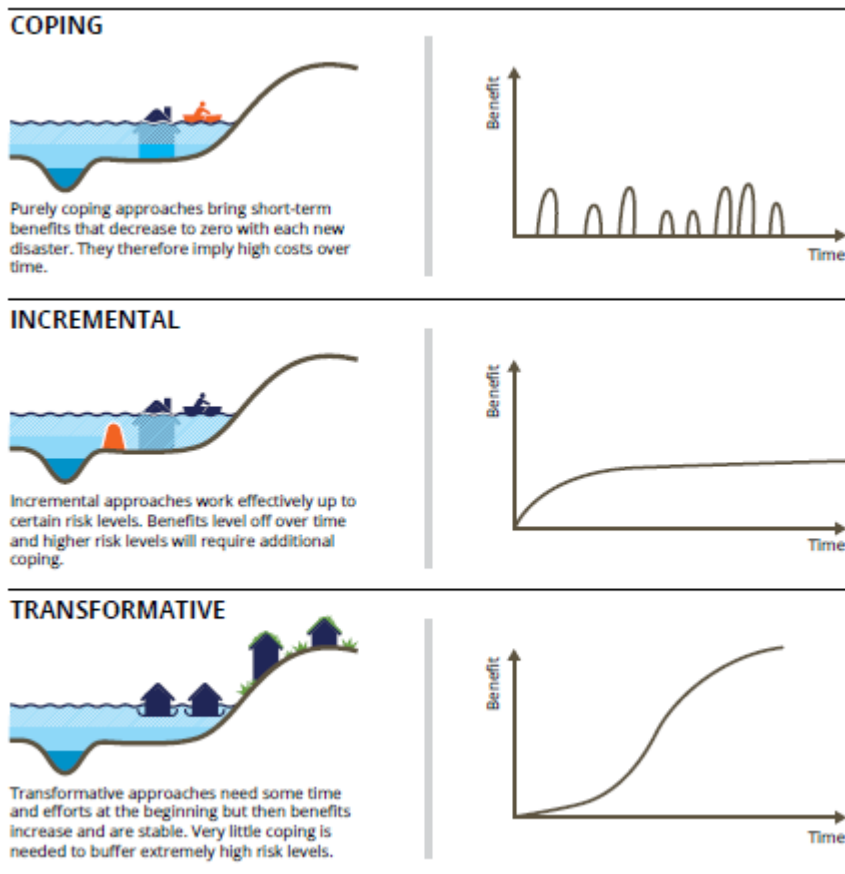


Figura 17. Sintesi grafica dei principali approcci strategici all'adattamento. Fonte: EEA, 2016

Le misure di adattamento possono essere classificate anche in base al livello di pianificazione e livello di consapevolezza con cui vengono sviluppate e attuate (SNAC, 2015):

- **Adattamento preventivo e/o proattivo.** Tale modalità di adattamento viene attuata prima che si osservino gli impatti dei cambiamenti climatici;
- **Adattamento autonomo e/o spontaneo.** Tale modalità di adattamento non costituisce una risposta cosciente agli stimoli climatici, ma è attivato da cambiamenti ecologici nei sistemi naturali e da cambiamenti del mercato o del benessere nei sistemi umani;
- **Adattamento pianificato.** Tale modalità di adattamento è il risultato di una deliberata decisione politica, basata sulla consapevolezza che le condizioni sono cambiate o stanno per cambiare e che è necessario intervenire per ripristinare, mantenere o raggiungere uno stato desiderato.

Ovviamente agire in maniera preventiva e/o pianificata sarebbe la soluzione ideale ma, come già evidenziato nel paragrafo relativo alle barriere nell'attuazione delle politiche di adattamento, non è semplice e richiede un'attenta programmazione e pianificazione. Ci si muove infatti in uno scenario di incertezza degli impatti dei cambiamenti climatici sul breve, medio e lungo periodo e di incertezza di quali siano le soluzioni migliori da attuare in un'ottica di costo-efficienza (le misure con il costo minore ma il beneficio maggiore in termini

di aumento dei livelli di resilienza di un dato territorio o, a scala più piccola, di un singolo edificio). In tale scenario di incertezza tuttavia, è possibile agire seguendo alcuni principi progettuali e pianificatori che possono essere così riassunti (SNAC, 2015):

- Adottare misure “low-regret” o “no-regret” che producono benefici anche in assenza di cambiamenti climatici e con le quali i costi di adattamento sono relativamente bassi rispetto ai benefici dell’azione;
- Individuare le misure “win-win” che ottengono il risultato desiderato in termini di riduzione dei rischi climatici o sfruttamento delle potenziali opportunità, ma apportano anche altri benefici sociali, ambientali o economici;
- Prediligere le opzioni reversibili e flessibili che consentono modifiche future;
- Progettare aggiungendo “margin di sicurezza” ai nuovi investimenti per garantire che le risposte siano resilienti ad una molteplicità di impatti climatici futuri;
- Partire, dove possibile, da strategie di adattamento “soft” rivolte a costruire una capacità di adattamento in grado di dotare un’organizzazione di strumenti grazie ai quali far fronte agli impatti dei cambiamenti climatici in maniera più efficace e tempestiva;
- Ridurre gli orizzonti temporali di decisione (ad esempio, il settore forestale può scegliere di piantare specie arboree con un tempo di rotazione più breve);
- Ritardare le azioni e gli interventi più controversi in chiave di aumento della capacità di adattamento. Questo ritardare alcuni interventi deve essere inteso come parte di una strategia di adattamento attiva di lungo termine in cui si sia stabilito che non vi sia alcun vantaggio significativo a portare avanti nell’immediato una particolare azione.

A tal proposito è necessario misurare le singole opzioni progettuali e pianificatorie in chiave di capacità di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici, intesa come “capacità di un sistema di adattarsi ai cambiamenti climatici (includendo la variabilità climatica e gli eventi estremi) per ridurre i potenziali danni, per sfruttare le opportunità, o per far fronte alle conseguenze dei cambiamenti climatici” (IPCC, 2007).

Queste considerazioni teoriche sono molto importanti perché esistono anche misure che apparentemente possono passare come misure di adattamento ma che in realtà possono aumentare il livello di rischio a cui una data comunità e territorio sono esposti (IPCC, 2013). In letteratura il caso più citato è quello di barriere costiere costruite per contrastare l’aumento dei fenomeni di mareggiata. Si tratta di grandi infrastrutture in cemento, che non rispetta nessuno dei punti precedenti e che quindi non lascia alle generazioni future nessuna possibilità di ripensare il suo funzionamento e utilità se non a costi altissimi (si pensi ai costi per smantellare centinaia di chilometri di barriere costiere in cemento). Oltre ad essere misure dal forte impatto economico e sociale, queste barriere potrebbero anche provocare l’effetto opposto. Ovvero la gente, sentendosi più sicura, potrebbe abbassare il livello di guardia rimanendo così vulnerabile ed impreparata ad eventi eccezionali in grado di superare i parametri secondo i quali quell’opera era stata realizzata. Obiettivo

del policy maker e del pianificatore territoriale è quindi sempre più quello di orientare le decisioni verso quelle scelte progettuali e pianificatorie in grado di massimizzare non solo la riduzione dei rischi, ma anche i benefici sociali, ambientali ed economici legati all'attuazione di un intervento.

Al contrario invece, le soluzioni "basate sulla natura", come possono essere ad esempio la costruzione di aree verdi, il ripristino di aree naturali, pavimentazioni esterne maggiormente drenanti, il miglioramento delle infrastrutture fluviali, ecc. possono invece non solo portare ad un complessivo aumento del livello di resilienza di un dato territorio e/o di un edificio, ma conseguire una molteplicità di benefici sociali, ambientali ed economici. Inoltre questi interventi basati sulla natura sono funzionali all'attuazione di un approccio trasformativo ed incrementale all'adattamento (Musco F., Zanchini E., 2014) e richiedono una pianificazione di medio e lungo periodo per essere attuate e per fare in modo che tutti i benefici ad esse associati si manifestino in tutta la loro potenzialità. Si tratta inoltre di interventi low regret, win-win, reversibili, flessibili, soft (Croci E., Colelli F., 2017) e pertanto ideali per agire in tempi rapidi pur in un quadro di complessiva incertezza.

La connessione teorica ed operativa tra soluzioni di adattamento e NBS in riferimento alla riduzione del rischio di catastrofi naturali grazie alle funzionalità fornite degli ecosistemi, venne affrontata per la prima volta dallo IUCN nel 2009 con il concetto di Eco-Disaster Risk Reduction (Eco-DRR) (Commissione Europea, 2018). Con Eco-DRR ci si riferisce alla "conservazione ed il ripristino degli ecosistemi per fornire servizi che vanno dalla diminuzione del rischio di catastrofi all'aumento della resilienza" (IUCN, 2013). In pratica l'approccio Eco-DRR si concentra sulla minimizzazione degli impatti di eventi pericolosi, migliorando la capacità delle persone di gestire al meglio le situazioni critiche, facendo affidamento al potere adattivo e di riduzione del rischio delle soluzioni basate sulla natura. Nello specifico, sono cinque le ragioni per cui gli ecosistemi sono centrali per ridurre il rischio di disastri naturali (IUCN, 2013):

- Il benessere umano dipende dagli ecosistemi che forniscono molteplici benefici per la vita. Aumentano inoltre la capacità di resistenza delle persone più vulnerabili, consentono di far fronte e riprendersi da catastrofi derivanti da eventi pericolosi quali siccità e uragani;
- Gli ecosistemi come zone umide, foreste e sistemi costieri possono fornire tamponi naturali a basso costo contro eventi naturali e gli impatti dei cambiamenti climatici;
- Gli ecosistemi sani e diversificati sono più resistenti agli eventi meteorologici estremi;
- Il degrado degli ecosistemi riduce la capacità degli ecosistemi naturali di sequestrare il carbonio, aumentando l'incidenza e l'impatto dei cambiamenti climatici;
- I conflitti umani possono causare devastazioni per le comunità simili agli effetti dei pericoli naturali. Questi conflitti sono spesso causati dalla concorrenza su risorse naturali scarse. Questi conflitti causano inoltre un ulteriore degrado ambientale. La gestione ambientale è quindi essenziale sia per ridurre il rischio di conflitto sia per consentire il recupero postbellico.

Nello sviluppare queste misure di adattamento basate sulla natura è necessario pertanto agire in un'ottica di ottimizzazione dei servizi ecosistemici (MA, 2005). Per servizi ecosistemici si intendono “i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano” così come definito dal Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2005). Il Millenium Ecosystem Assessment fu condotto dalle Nazioni Unite e dall'United Nations Environmental Programme (UNEP) con l'obiettivo di “analizzare, con robuste basi scientifiche multidisciplinari, l'evoluzione degli ecosistemi del pianeta dovute soprattutto alle attività umane, i relativi impatti sulle condizioni di benessere e identificare strategie di intervento per uno sviluppo sostenibile” (MA, 2005). I servizi ecosistemici si possono distinguere in quattro categorie (MA, 2005):

- Supporto alla vita (es. formazione del suolo);
- Approvvigionamento (es. di cibo);
- Regolazione (es. controllo dell'erosione);
- Valori culturali (es. estetici o religiosi).

Il riferimento alla percezione da parte della comunità è un aspetto chiave nella definizione dei servizi ecosistemici. Infatti con “funzione ambientale” ci si riferisce genericamente ad un impatto connesso alla presenza di risorse ambientali (a prescindere dalla percezione che di questo può avere la comunità), mentre per “servizio ecosistemico” ci si riferisce direttamente alle condizioni di benessere di una data comunità (ISPRA, 2009). Per questa ragione l'applicazione del concetto di servizio ecosistemico si collega direttamente al problema della sua misurabilità, in termini fisici ed economici, anche al fine di orientare le scelte degli operatori pubblici.

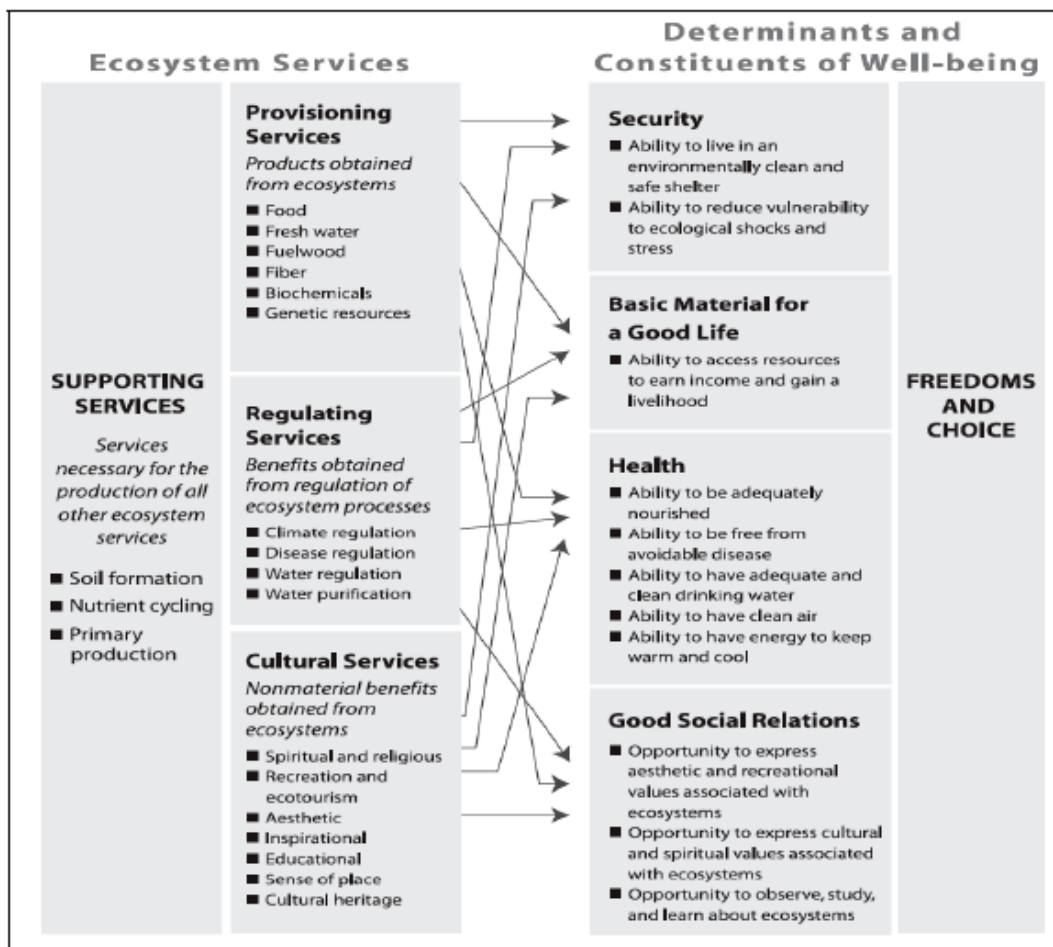


Figura 18. Relazioni fra servizi ecosistemici e benessere umano. Fonte: Millenium Ecosystem Assessment, 2005

Un aspetto interessante ed utile per la presente ricerca legato ai servizi ecosistemici, riguarda l'importanza di questo concetto nell'aprire un dialogo ed una integrazione tra ecologia ed economia, arrivando a sviluppare metodologie di studio e linguaggi compatibili tra loro (Figura 18). Questo dialogo avviene sulla base della scelta della medesima unità di misura per valutare le pressioni antropiche sull'ambiente naturale. Questa unità di misura che per gli ecologi è da tempo l'ecosistema, recentemente è stata scelta anche dagli economisti ambientali (Ispra, 2009). Il tema dei Servizi Ecosistemici ha visto una rapida evoluzione anche in Italia. Fino agli anni '80 i Servizi Ecosistemici sono stati prevalentemente tutelati con strumenti di regolamentazione quali vincoli, standard, procedure autorizzative e tasse (Ispra, 2009). A partire invece dai primi anni '90 la gamma degli strumenti si è ampliata includendo incentivi e compensazioni ad adesione volontaria. Dalla fine degli anni '90, con l'affermazione del principio della "condizionalità" dell'aiuto pubblico al rispetto di standard di tutela ambientale minimi, sono stati introdotti criteri innovativi anche nel campo della tutela dei Servizi Ecosistemici che hanno portato l'Italia, almeno dal punto di vista normativo, in linea con i principali Paesi europei (Ispra, 2009).

2.8 Le soluzioni di adattamento basate sulla Natura (Nature-Based-Solutions). Dalla teoria alla pratica.

Per progetti urbani “nature-based” (Nature-Based-Solutions, NBS) così come indicato dalla Commissione Europea nel rapporto “Nature-Based Solutions and Renaturing Cities” del 2015, si intendono quelle misure “ispirate, supportate e replicate dai meccanismi naturali” che consentono di aumentare la resilienza dei contesti urbani garantendo allo stesso tempo maggiore attrattività e opportunità di sviluppo. Il tema rappresenta una priorità di ricerca per la Commissione Europea, tanto che all’interno dei principali programmi di ricerca europei al tema sono stati dedicati fondi specifici. Una priorità di ricerca non solo per la Commissione Europea, ma anche per la ricerca scientifica sul tema dell’adattamento ai cambiamenti climatici. Accanto al tema delle politiche urbane di adattamento infatti, sta crescendo l’attenzione alle cosiddette nature-based solutions come soluzioni efficaci nel creare contesti urbani più resilienti, garantendo al contempo una molteplicità di benefici sociali, ambientali ed economici.

Prima di procedere nell’analisi è necessario fare chiarezza sulla definizione di Nature-Based-Solutions e sulle similitudini e differenze con altri concetti molto simili, in primo luogo con il concetto di infrastrutture verdi (Green Infrastructure). Per quanto riguarda il concetto di infrastrutture verdi, non esiste una definizione ampiamente riconosciuta ed univoca (Commissione Europea, 2013). Esiste tuttavia una definizione utilizzata dalla Commissione Europea nella Strategia Europea per le infrastrutture verdi dal titolo “Infrastrutture verdi. Rafforzare il capitale naturale in Europa” del 2003 che viene qui utilizzata come definizione di riferimento.

Le Infrastrutture Verdi sono definite come "una rete di aree naturali e semi-naturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici sulla terraferma (incluse le aree costiere) e nelle aree marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti sia in contesti rurali che urbani" (Strategia Europea per le Infrastrutture Verdi, Commissione Europea, 2013).

Tale definizione si focalizza di fatto sulla costruzione/mantenimento di una rete di aree naturali e semi-naturali e di spazi verdi in grado di salvaguardare l’erogazione dei servizi ecosistemici alla base del benessere umano e della qualità della vita. Nell’Unione Europea “le infrastrutture verdi includono la rete Natura 2000, quale struttura portante, nonché spazi naturali e semi-naturali al di fuori di Natura 2000, come parchi, giardini privati, siepi, fasce tampone vegetate lungo i fiumi o paesaggi rurali ricchi di strutture con determinate caratteristiche ed elementi artificiali come giardini pensili, muri verdi, oppure ponti ecologici e scale di risalita per pesci. I benefici annui dei servizi ecosistemici forniti dalla sola rete Natura 2000 sono stati stimati a 300

miliardi di Euro in tutta l'UE, mentre i benefici delle infrastrutture verdi sono di gran lunga superiori" (Commissione Europea, 2003).

Nonostante l'importanza delle infrastrutture verdi "si riscontra una mancanza di analisi quantitative e di indicatori specifici. Di conseguenza, i decisori politici faticano ad integrare le infrastrutture verdi nello scenario politico. Tuttavia, alcuni tipi di infrastrutture verdi sono in contrasto con questa tendenza. Ad esempio, gli ecodotti e i sistemi naturali di gestione idrica, quali i tetti verdi, tendono ad avere funzioni chiare ed esistono misure per valutare le loro prestazioni" (Commissione Europea, 2003). Per questo la "Strategia Europea per la Biodiversità" del 2011 ha posto obiettivi ambiziosi per l'Europa: "entro il 2020 preservare e valorizzare gli ecosistemi e i relativi servizi mediante l'infrastruttura verde e il ripristino di almeno il 15 % degli ecosistemi degradati" (Strategia Europa per la Biodiversità, 2011). L'importanza del lavorare per l'attuazione di queste infrastrutture è anche di tipo economico visto che "di norma il rendimento degli investimenti nell'infrastruttura verde è molto elevato e le relazioni sui progetti di ripristino evidenziano un rapporto costi-benefici nell'ordine di valori da 3 a 75" (Strategia Europea per le Infrastrutture Verdi, Commissione Europea, 2013).

La Strategia Europea per le infrastrutture verdi è un supporto politico ed istituzionale fondamentale per supportare lo sviluppo di misure di adattamento basate sulla natura. Essa infatti riconosce un grande valore alle infrastrutture verdi all'interno delle politiche "settoriali" di adattamento e riduzione dei rischi associati ad eventi meteorologici estremi. La Strategia sulle infrastrutture verdi ricorda come "la strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici mira a valutare l'eventuale necessità di emettere ulteriori orientamenti per le autorità, la società civile, le imprese private e gli addetti alla conservazione, al fine di garantire una piena mobilitazione degli approcci all'adattamento basati sugli ecosistemi" (Commissione Europea, 2013). Evidenzia inoltre come "le soluzioni basate sulle infrastrutture verdi che migliorano la resilienza alle catastrofi sono anche parte integrante della politica dell'Unione Europea sulla gestione dei rischi di catastrofi" (Commissione Europea, 2013), evidenziando come "gli impatti di questi eventi sulla società umana e sull'ambiente in molti casi possono essere ridotti ricorrendo a soluzioni basate sulle infrastrutture verdi come pianure alluvionali funzionali, zone ripariali, foreste di protezione in aree montane, cordoni litorali e zone umide litoranee che possono essere realizzate in combinazione con infrastrutture per la riduzione degli effetti delle catastrofi, ad esempio opere a protezione degli argini. Le infrastrutture verdi possono altresì contribuire a ridurre i rischi legati a specifiche situazioni di vulnerabilità, favorendo i mezzi di sostentamento e l'economia locale. Gli investimenti nella riduzione degli effetti delle catastrofi basate sugli ecosistemi e nelle infrastrutture verdi possono quindi dare un apporto positivo agli approcci di gestione del rischio innovativi, che puntano sull'adattamento ai rischi legati ai cambiamenti climatici garantendo mezzi di sostentamento sostenibili e favorendo la crescita verde". Inoltre "gli approcci basati sugli ecosistemi mettono in atto strategie e misure che sfruttano la capacità di adattamento della natura e rappresentano uno degli

strumenti con la più ampia applicazione, fattibilità economica ed efficacia per contrastare gli impatti dei cambiamenti climatici. Ove opportuno, questi approcci adottano soluzioni basate sulle infrastrutture verdi per sfruttare la biodiversità e i servizi ecosistemici nel quadro di una strategia di adattamento più ampia al fine di aiutare i cittadini ad adattarsi agli effetti negativi dei cambiamenti climatici o ad attenuarli” (Commissione Europea, 2013).

Il concetto di Nature-Based-Solutions (NBS) invece, è un concetto relativamente nuovo il cui utilizzo si è affermato in tempi recenti (Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. Eds., 2019). Nello specifico questo concetto si è sviluppato in forte relazione con altri due concetti molto simili: Servizi Ecosistemici e Infrastrutture Verdi. Da un punto di vista cronologico, è possibile osservare come il concetto di servizi ecosistemici è apparso per primo nel 2006, seguito da quello di infrastrutture verdi nel 2007 e da quello di NBS nel 2015 (Escobedo F, Giannico V., Jim C.Y., Senesi G., Laforzezza R., 2019). Il concetto di NBS nasce come un “ombrello concettuale” all’interno del quale raccogliere tutte le definizioni legate alla natura nate nel tempo (Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. Eds., 2019). Nature Based Solution (NBS) può quindi essere vista come una “parola valigia” che comprende al suo interno tutti gli altri concetti sviluppati in precedenza in questa materia.

Esistono diverse definizioni di Nature-Based-Solution (NBS). Il riferimento a livello internazionale è la definizione data dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) nel 2016. Questa definizione afferma che le “Nature-Based-Solution sono un insieme di soluzioni alternative per conservare, gestire in modo sostenibile e preservare la funzionalità di ecosistemi naturali o ristabilire ecosistemi alterati dall'uomo, che affrontino le sfide della società in modo efficace e flessibile: l'incremento del benessere umano e della biodiversità, i cambiamenti climatici, la sicurezza alimentare ed idrica, i rischi di catastrofi, lo sviluppo sociale ed economico” (IUCN, 2016). Esiste poi la definizione data dalla Commissione Europea che per NBS intende le “soluzioni ispirate, copiate e replicate dalla Natura” (Commissione Europea, 2015). Esistono poi altre definizioni più operative di NBS che di fatto aggiungono specificità ai benefici associati alle NBS. Una di queste definizioni operative evidenzia come le Nature-Based-Solution (NBS) “sono soluzioni tecniche, alternative a quelle tradizionali, che usano, si ispirano o imitano elementi naturali per rispondere a un’esigenza di carattere prettamente funzionale. Tali soluzioni si caratterizzano inoltre per la possibilità di essere aggregate in sistemi multifunzionali in grado di generare significativi valori aggiunti superiori alla semplice sommatoria delle parti” (Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevski S., 2018).

Le **Nature-Based-Solution** (NBS) sono l'insieme di soluzioni alternative per conservare, gestire in modo sostenibile e preservare la funzionalità di ecosistemi naturali o ristabilire ecosistemi alterati dall'uomo, che affrontino le sfide della società in modo efficace e flessibile: l'incremento del benessere umano e della biodiversità, i cambiamenti climatici, la sicurezza alimentare ed idrica, i rischi di catastrofi, lo sviluppo sociale ed economico (IUCN, 2016).

Le NBS pertanto si basano sulla sostituzione o integrazione di funzioni fornite dai sistemi ecologici che sarebbero altrimenti offerte attraverso l'impiego di risorse non rinnovabili. Infatti "attraverso l'uso delle NBS, sia in modo puntuale che sistemico e sistematico, è possibile contribuire a strategie intersettoriali e multisettoriali che assumano le risorse e le componenti ambientali e paesaggistiche quali leve dello sviluppo socio-economico, e il potenziamento degli strumenti di governance del capitale naturale quale motore di una efficace ricomposizione delle relazioni tra attività economiche e ambiente, anche entro filiere produttive innovative" (Antonini e Tucci, 2017). Le NBS vengono pertanto individuate come strumento utile a perseguire obiettivi quali l'incremento della sostenibilità dei sistemi urbani, il recupero degli ecosistemi degradati, l'attuazione di interventi adattivi e di mitigazione rispetto ai cambiamenti climatici e il miglioramento della gestione del rischio e della resilienza (Commissione Europea, 2015). Progetti e piani di infrastrutture verdi e NBS sono ormai diffusi nel panorama internazionale e cominciano a trovare applicazione, sebbene a differenti livelli, anche in Italia. Tuttavia si deve segnalare un ritardo sia nella programmazione delle infrastrutture verdi che nella predisposizione di apparati normativi e regolamentari che dovrebbero invece favorirne l'introduzione nelle prassi correnti di Piano e progettazione (Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevschi S., 2018).

Sia che si parli di infrastrutture verdi che di NBS, le misure e gli interventi basati sulla natura, come esemplificato da Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevschi S. (2018), si possono considerare tali se soddisfano le seguenti caratteristiche essenziali:

- **Massa critica.** Un singolo albero può essere un componente di una infrastruttura verde solo se è parte di un habitat più grande, un corridoio o una rete che serva una funzione più ampia;
- **Integrazione.** Il verde urbano deve essere progettato come una infrastruttura integrata con altre infrastrutture urbane in termini di relazioni fisiche e funzionali (ad esempio nel costruito con le infrastrutture di trasporto e i sistemi di gestione delle acque);
- **Multifunzionalità.** Le infrastrutture verdi combinano funzioni ecologiche, sociali ed economiche, abiotiche, biotiche e culturali degli spazi verdi;
- **Sostituibilità con le infrastrutture grigie.** Il termine "infrastruttura" implica che l'infrastruttura verde sia un bene che richiede investimenti e manutenzione per fornire servizi alla società. Essa può e deve

sostituire alcune delle funzioni che altrimenti sarebbero svolte da infrastrutture artificiali o “infrastrutture grigie”;

- **Connettività:** le infrastrutture verdi comprendono collegamenti fisici e funzionali tra spazi verdi a diverse scale e da diverse prospettive;
- **Multiscalarità:** le infrastrutture verdi possono essere utilizzate per interventi a diverse scale, dai singoli lotti, alla comunità, alla regione e a livello nazionale, operando in modo sinergico tra le differenti scale;
- **Multi-oggetto:** le infrastrutture verdi comprendono tutti i tipi di spazio (urbano) verdi e blu; ad esempio aree naturali e seminaturali, corpi d’acqua, spazi pubblici e privati come parchi e giardini.

Le NBS inoltre non sono solo “progetto”, sono anche comunicazione ed adeguata struttura di governance in grado di attuarle prima e gestirle poi (Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevschi S., 2018). Le NBS infatti “sono elementi antropici identificati e circoscritti frutto di un agire che le protegge, le ripristina, le migliora o le mantiene. L’attuazione delle infrastrutture verdi deve essere supportata anche da una pianificazione e gestione comunicativa e socialmente inclusiva, basata sulla conoscenza di molteplici discipline quali l’ecologia paesistica, la pianificazione urbana e regionale, la progettazione ambientale e del paesaggio, e deve essere sviluppata in collaborazione tra le diverse autorità locali e gli stakeholder (Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevschi S., 2018). Per loro natura pertanto le NBS sono interventi multi stakeholder.

Il tema delle NBS è al centro non solo della ricerca accademica ma anche di numerosi progetti di ricerca. Ad esempio focalizzandosi sui soli progetti di ricerca europei che hanno cercato di approfondire questo tema (dato aggiornato al 2019), sono 23 i progetti (conclusi ed in corso) con focus specifico sulle NBS e 6 piattaforme (Figura 19) che raccolgono tutti i materiali teorici e pratici che si riferiscono alle NBS (Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. Eds., 2019). Un proliferare di esperienze e di competenze che dimostra la centralità assunta negli ultimi anni da questo tema.

RESEARCH AND INNOVATION ACTIONS AND PARTNERSHIPS	DIALOGUE PLATFORMS TO PROMOTE INNOVATION WITH NBS
Biodiversa (http://www.biodiversa.org/)	ThinkNature (https://www.think-nature.eu/)
CLEVER Cities (http://clevercities.eu/)	Oppla (https://www.oppla.eu/)
Connecting Nature (https://connectingnature.eu/)	EU Smart Cities Information System (SCIS) (https://www.smartcities-infosystem.eu/)
EdiCitNET (https://cordis.europa.eu/project/rcn/216082_de.html)	EU Climate Adaptation Platform CLIMATE-ADAPT (https://climate-adapt.eea.europa.eu/)
Eclipse (http://www.eclipse-mechanism.eu/)	SUSTAINABLE CITIES PLATFORM (http://www.sustainablecities.eu/)
GRaBS (http://www.ppgls.manchester.ac.uk/grabs/)	
GREEN SURGE (https://greensurge.eu/)	
Grow Green (http://growgreenproject.eu/)	
Inspiration (http://www.inspiration-h2020.eu/)	
Nature4Cities (https://www.nature4cities.eu/)	
Naturvation (https://naturvation.eu/)	
NAIAD (http://www.naiad2020.eu/)	
OpeNESS (http://www.openness-project.eu/)	
OPERAs (http://operas-project.eu/)	
OPERANDUM (https://www.operandum-project.eu/)	
PHUSICOS (https://phusicos.eu/)	
proGireg (http://www.progireg.eu/)	
RECONNECT (https://reconnect-europe.eu/)	
TURAS (http://t1.zotol.com/)	
Unalab (https://www.unalab.eu/)	
URBAN GreenUp (http://www.urbangreenup.eu/)	
URBINAT (http://urbinat.eu/)	
ReNAture (http://renature-project.eu/)	

Figura 19. Principali progetti di ricerca e piattaforme informative europee in materia di NBS. Fonte: Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. Eds., 2019. Deliverable del progetto H2020 Thinknature.

Quali sono nel dettaglio le NBS con una funzione specifica in termini di adattamento ai cambiamenti climatici? La letteratura a tal riguardo è vasta, con numerosi studi che analizzando diverse soluzioni NBS dal punto di vista progettuale e ne misurano gli impatti e gli effetti in termini quantitativi. Data la vastità della letteratura sul tema si è fatto ampio riferimento a quei meta-studi e a quelle piattaforme che analizzano e mettono a sistema i singoli lavori scientifici condotti nel corso degli anni (in primis i lavori tematici dell’Agenzia Europea per l’Ambiente che hanno proprio la funzione di mettere a sistema la letteratura internazionale esistente su un dato tema). Uno degli studi più interessanti e con i maggiori risvolti operativi per le finalità del presente lavoro, è quello di D’Ambrosio e Leone del 2017 che ha portato alla redazione di un catalogo ragionato di soluzioni tecniche per l’adattamento a livello di edificio/scala progettuale. Lo studio è partito dall’analisi di un ampio ventaglio di “buone pratiche” desumibili nel panorama internazionale della ricerca e della sperimentazione progettuale sul tema dell’adattamento climatico dei sistemi urbani e a partire da queste ha fatto una sistematizzazione attraverso opportune classificazioni e specifiche tecniche che consentano di definirne l’ambito di applicazione nello specifico contesto locale, sia in termini di condizioni di rischio climatico che di caratteristiche spaziali, morfologiche, tecnologiche e costruttive del tessuto urbano. Lo studio ha così individuato nove differenti soluzioni tecniche per l’adattamento ai cambiamenti climatici (D’Ambrosio V., Leone M. F., 2017):

- **Configurazione Piano Terra.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche riguardanti la riorganizzazione funzionale/spaziale e il retrofit tecnologico dei piani terra o interrati, maggiormente vulnerabili agli effetti del fenomeno delle inondazioni fluviali;
- **Impianti.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche legate alla realizzazione di nuovi impianti o la manutenzione di quelli esistenti, sia sugli edifici, che negli spazi aperti considerando gli impatti dei cambiamenti climatici;
- **Involucro Opaco Orizzontale.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche volte a migliorare la qualità prestazionale delle coperture degli edifici nel periodo estivo, agendo su indicatori quali lo sfasamento termico ed il fattore di attenuazione;
- **Involucro Opaco Verticale.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche volte a migliorare la qualità prestazionale delle facciate degli edifici nel periodo estivo, agendo su indicatori chiave quali lo sfasamento termico ed il fattore di attenuazione.
- **Involucro Trasparente.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche volte a migliorare la qualità prestazionale delle superfici trasparenti dell'involucro edilizio nel periodo estivo, attraverso l'utilizzo di elementi schermanti o di infissi con vetri speciali;
- **Schermature per Spazi Aperti.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche relative ai sistemi di ombreggiamento per gli spazi aperti, in grado di ridurre sensibilmente l'apporto di calore dovuto alla radiazione solare diretta. Tale schermatura può avvenire con strutture artificiali o naturali, alberi ad esempio;
- **Pavimentazioni Esterne.** Tale classe di interventi raggruppa le alternative tecniche che prevedono la realizzazione di superfici pavimentate caratterizzate da elevati valori di permeabilità, che favoriscono l'infiltrazione e riducono il sovraccarico dei sistemi di smaltimento, e idonei valori di albedo, per limitare il verificarsi del fenomeno dell'isola di calore urbana;
- **Superfici Verdi.** Questa classe raggruppa le alternative tecniche di adattamento inerenti l'utilizzo di vegetazione negli spazi aperti (piazze, strade e aree attrezzate), con la duplice funzione di ridurre il sovraccarico dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, incidendo positivamente sui parametri di infiltrazione e deflusso superficiale, e di attenuare le condizioni di isola di calore urbana per il contributo positivo in termini di evapotraspirazione, emissività e ombreggiatura;
- **Water Bodies.** Questa classe che raggruppa le alternative tecniche che hanno come obiettivo da un lato il miglioramento del drenaggio urbano, laminando le acque in piccoli o grandi volumi distribuiti negli spazi urbani e riducendo il sovraccarico dei sistemi di smaltimento, e dall'altro il miglioramento del comfort termico outdoor attraverso l'uso dell'acqua come elemento di raffrescamento.

Data la seguente classificazione, si considerano NBS le schermature esterne mediante alberi, le pavimentazioni esterne verdi, le superfici verdi e gli specchi d'acqua/infrastrutture blu. Nonostante

l'importanza e la documentata efficacia di queste misure NBS nel ridurre gli effetti negativi dei cambiamenti climatici, ad oggi sono soluzioni poco conosciute e impiegate dal settore industriale italiano (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017).

3. Parte II. Valutare l'efficacia delle NBS nel ridurre gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sulle imprese. Definizione della metodologia di studio e del percorso logico di analisi

Nel precedente capitolo sono stati messi in evidenza i numerosi limiti e difficoltà degli strumenti di pianificazione urbana nell'arrivare in tempi celeri alla pianificazione e progettazione esecutiva di misure di adattamento ai cambiamenti climatici. Come ricordato da diversi studi dell'Agenzia Europea per l'Ambiente e dalla Commissione Europea, ad oggi esistono un numero crescente di Piani di Adattamento a livello urbano ma sono pochissimi invece le misure effettivamente implementate e i cui risultati siano stati puntualmente valutati e misurati in maniera quantitativa. Dati quantitativi precisi sono ancora più difficili da trovare per quanto riguarda le soluzioni di adattamento basate sulla natura. Il presente studio è stato costruito per dare un contributo nel colmare questa lacuna legata alla misurabilità degli interventi, fornendo evidenze quantitative circa l'efficacia delle NBS nel ridurre i potenziali impatti negativi connessi ai cambiamenti climatici.

Nel presente paragrafo si andrà a definire una metodologia di analisi e valutazione quantitativa del ruolo delle NBS nel ridurre i rischi indotti dai cambiamenti climatici in atto. L'innovazione della metodologia proposta consiste prevalentemente nel prendere metodologie di analisi note e consolidate come quelle legate alla valutazione del rischio, utilizzando però nuove banche dati e nuovi approcci metodologici per quantificare i fattori di rischio, di danno e di capacità di adattamento delle soluzioni di tipo NBS. Un'altra innovazione metodologica consiste nel proporre indicatori e indici utilizzabili tanto dalla pianificazione urbanistica che dal mondo imprenditoriale ed assicurativo. Come evidenziato in più studi, oggi pianificazione urbana e mondo della finanza "parlano due lingue diverse" (Unipol, 2018). Queste due lingue diverse non consentono alla pianificazione urbana di arrivare a proposte progettuali in grado di essere prontamente finanziate da privati e/o da enti finanziari (banche, assicurazioni, imprese). Il presente studio intende portare evidenze circa possibili modalità per colmare questo gap comunicativo, utilizzando il concetto di "rischio" e di "danno" come possibile elemento di unificazione tra il soggetto pubblico che pianifica e il soggetto privato che sempre più spesso è chiamato a finanziare interventi di adattamento. Un'ulteriore innovazione nell'approccio metodologico proposto è la ricerca della "semplicità", che non è sinonimo di banalizzazione e/o inaffidabilità del risultato. Semplicità è sinonimo invece di replicabilità e praticità della metodologia proposta in altri contesti. Velocità nel passare da una fase di pianificazione dell'intervento ad una di prefattibilità e definizione delle opportunità di finanziamento e di governance per la sua realizzazione. Praticità in quanto gli indicatori utilizzati sono compatibili con quelli utilizzati nel mondo della finanza e della gestione del rischio nelle imprese.

Data la complessità del tema da indagare e il livello di innovazione che non consente di individuare molti modelli di riferimento, si è scelto di focalizzarsi sulle sole aree industriali. Dato che l'Emilia-Romagna è la Regione italiana con il maggiore numero di imprese esposte a rischio idro-geologico (ISPRA, 2018) si è scelto di focalizzarsi su questa specifica Regione ed in particolare su due aree studio in particolare: l'area industriale del porto di Ravenna e l'area industriale di Bomporto. La scelta della seconda, come verrà mostrata in seguito, è legata soprattutto al fatto che su questa area industriale è già stato condotto, nell'ambito del progetto europeo Life IRIS, una ricerca in parte simile a quella condotta nel presente studio e utilizzando il medesimo tool di valutazione CAST. La scelta dell'area industriale di Bomporto è quindi stata utilizzata come "elemento di controllo" per verificare l'allineamento del presente studio con la metodologia di valutazione sviluppata all'interno del progetto IRIS. L'utilizzo di un tool specifico di valutazione dell'esposizione al rischio ha consentito di attuare quanto definito dalla Strategia Nazionale di Adattamento italiana che evidenzia come "le politiche e le azioni di adattamento devono essere contestualizzate, cioè "devono essere elaborate e pianificate caso per caso, al fine di rispondere in maniera efficace alle diverse necessità e situazioni regionali e locali" (SNAC, 2015).

3.1 Domande di ricerca e innovazione rispetto allo stato dell'arte sul tema del ruolo delle NBS come soluzioni per ridurre il rischio dei cambiamenti climatici

Le aree industriali delle città contemporanee così come si sono venute a costituire negli ultimi decenni di rapida crescita ed espansione sono scarsamente resilienti ed estremamente vulnerabili alle trasformazioni indotte dai cambiamenti climatici in atto a livello globale. La vulnerabilità di numerose aree industriali è legata da un lato alla costruzione di queste aree in vicinanza di corsi d'acqua per necessità specifiche dei processi produttivi, dall'altro dalla costruzione di infrastrutture ed impianti in un'epoca in cui le preoccupazioni climatiche erano minori e c'era meno attenzione al tema nelle pratiche pianificatorie e progettuali di queste aree (Salzano E., 1998). Si tratta di dinamiche in corso a livello globale, che si ripetono ognuna con le proprie specificità in ogni area industriale del globo e con differenti livelli di gravità. Per quanto riguarda l'Italia, di certo questa rappresenta una tematica da affrontare con la massima urgenza a causa dell'elevato rischio idro-geologico a cui il Paese è esposto. Infatti negli ultimi 15 anni l'Italia è stata colpita da disastri naturali che hanno provocato danni per un totale di 49,9 miliardi di euro, pari a circa il 40% di tutti i danni registrati a livello europeo nello stesso periodo (EEA, 2017). Questo dato diventa ancora più rilevante se ci si focalizza sull'Emilia-Romagna, la Regione italiana con il maggiore numero di imprese esposte a rischio idro-geologico (ISPRA, 2018).

La Commissione Europea denuncia una grave lacuna soprattutto in riferimento alle modalità innovative di finanziamento delle soluzioni NBS. Tale lacuna riguarda sia la pianificazione urbanistica che il mondo economico-finanziario. Per quanto riguarda i limiti della pianificazione urbanistica a tal proposito si rimanda alla trattazione fatta nella Parte I del presente rapporto. Per quanto riguarda i soggetti economico finanziari, è necessario evidenziare come ad oggi siano pochissime le banche a livello globale che hanno utilizzato indici quantitativi che includessero i rischi ambientali nella gestione del rischio finanziario, in particolare in relazione ai cambiamenti climatici (Weber, 2012). I modelli finanziari sviluppati dall'industria finanziaria in previsione della capacità delle società di ripagare il debito e/o generare valore aggiunto potrebbero essere inadeguati se non considerano le conseguenze finanziarie delle future condizioni climatiche (CDP, 2018). Tuttavia, "se le banche considerano i rischi climatici nelle procedure di gestione del rischio di credito, le imprese che implementano misure di adattamento e quindi mitigano i loro rischi in relazione ai cambiamenti climatici diventando più resilienti, potrebbero beneficiare di meccanismi premianti, ad esempio un più facile accesso a prestiti per attività commerciali. L'identificazione dei meccanismi premianti nella gestione del rischio di credito può avere un effetto indiretto nel sollecitare le imprese a migliorare la loro capacità di resilienza ai cambiamenti climatici. In altre parole, può innescare l'adattamento dell'intera comunità" (Commissione Europea, 2016).

Date tutte le premesse teoriche della Parte I, le domande di ricerca specifiche a cui questo lavoro intende dare risposta sono le seguenti:

- Efficacia delle misure NBS nel ridurre il livello di rischio a cui le imprese sono sempre più esposte in seguito all'aumento degli impatti meteo-climatici legati ai cambiamenti climatici;
- Definizione di uno schema concettuale per la valutazione del valore assicurativo delle soluzioni basate sulla natura (NBS) che consenta un allineamento teorico e pratico tra l'approccio territoriale della "pianificazione dell'adattamento" (CCA) e l'approccio di gestione del rischio di disastri (DRR).

La possibilità di individuare e definire soluzioni efficaci alle due domande di ricerca passa inevitabilmente dalla definizione di innovative metodologie di analisi e valutazione di interventi NBS in grado di raccordare le metriche e i linguaggi della pianificazione urbanistica con quelle del mondo della finanza e del mondo imprenditoriale.

Le due domande di ricerca si riferiscono direttamente ad una delle "sette priorità di ricerca e innovazione in materia di nature-based-solution" definite dalla Commissione Europea nel 2015 per guidare i temi dei principali programmi di finanziamento alla ricerca europei (Horizon 2020 in particolare). Tali sette priorità nel settore della ricerca sono in seguito state sintetizzate nel rapporto "Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities'" della Commissione Europea.

Il punto specifico delle sette priorità di ricerca e innovazione in materia di NBS a cui le domande di ricerca fanno diretto riferimento è il numero sei “Nature-based solutions for enhancing the insurance value of ecosystems” (Commissione Europea, 2015). Qui nello specifico si legge come vi sia “un urgente bisogno di esplorare scientificamente metodologie e schemi concettuali per valutare il valore assicurativo delle soluzioni basate sulla natura ed integrare questi aspetti all’interno di un approccio di gestione del rischio di disastri”.

“C’è un bisogno urgente di esplorare scientificamente metodologie e schemi concettuali per valutare il valore assicurativo delle soluzioni basate sulla natura e integrare questi aspetti all’interno di un approccio di gestione del rischio di disastri”. Commissione Europea, 2015

La Commissione Europea fa esplicito riferimento a due concetti chiave attorno ai quali sono state costruite le due domande di ricerca a cui il presente lavoro fa riferimento:

- La capacità delle NBS di fungere come misure attive di “**disaster risk management**”;
- Il **valore assicurativo** delle NBS, inteso come valutazione del valore degli ecosistemi nel ridurre i rischi per la società umana causati dai cambiamenti climatici.

Il documento della Commissione Europea fornisce ulteriori dettagli circa alcune direzioni di ricerca che andrebbero maggiormente esplorate al fine di valutare nuove forme e modalità di collaborazione tra settore pubblico e settore privato nel promuovere soluzioni di tipo NBS come interventi di gestione del rischio. In particolare la Commissione Europea evidenzia come “una strategia potrebbe essere quella di tradurre la capacità di riduzione del rischio delle NBS in un valore quantificabile mediante il calcolo del rapporto benefici/investimenti di interventi di gestione e recupero del territorio. In tale strategia i benefici sarebbero rappresentati dalla riduzione del rischio e conseguente potenziale abbassamento del premio assicurativo su terreni e proprietà interessati dagli interventi. A tal proposito è necessario esplorare un nuovo quadro di riferimento amministrativo e legale che serva per creare incentivi per chi conserva e/o migliora il valore assicurativo degli ecosistemi”.

La definizione della suddetta strategia passa da un percorso caratterizzato da tre passaggi fondamentali (Commissione Europea, 2015):

- “Sviluppare un quadro di riferimento in cui i modelli e i dati utilizzati (compreso il downscaling e la regionalizzazione degli scenari climatici) che catturano la capacità degli ecosistemi nel ridurre i rischi climatici siano resi compatibili e armonizzati con i modelli ed i dati di valutazione del rischio utilizzati dal settore assicurativo privato”;

- “Sviluppare un approccio economico per comprendere gli ecosistemi naturali come generatori del flusso dei servizi ecosistemici dotati di valore economico ed esplorare come catturare i benefici a lungo termine del mantenere intatti e/o migliorare lo stock di servizi ecosistemici esistenti”;
- “Esplorare la dimensione culturale del valore assicurativo degli ecosistemi naturali e la percezione delle persone dei concetti di rischio e di valore assicurativo degli ecosistemi”.

Un'altra sfida del presente studio, strettamente collegato con le due domande di ricerca sopra presentate, è l'applicazione delle metodologie di studio e la ricerca delle risposte all'intero di due casi studio specifici dell'Emilia-Romagna. Questa sfida, risponde in parte all'esigenza evidenziata nella Strategia nazionale di Adattamento in cui si legge la necessità che “le politiche e le azioni di adattamento siano contestualizzate, cioè devono essere elaborate e pianificate caso per caso, al fine di rispondere in maniera efficace alle diverse necessità e situazioni regionali e locali” (SNAC, 2015). Questa sfida ha introdotto degli elementi di complessità nella metodologia utilizzata e negli approcci utilizzati che verranno puntualmente analizzati nella Parte III del presente studio.

3.2 Descrizione dell'approccio Decision Support System (DSS) d'area vasta e premesse teoriche dello studio

Gli effetti dei cambiamenti climatici a scala locale non sono semplici da analizzare e modellizzare, lasciando la pianificazione urbana e i decisori pubblici nel campo della gestione dell'incertezza. E spesso dove c'è incertezza non c'è scelta alcuna, in quanto le decisioni da prendere non possono essere supportate in alcun modo da dati precisi e percorsi decisionali chiari (questo soprattutto quando le scelte da prendere hanno ricadute di medio o lungo termine, dove il fattore incertezza cresce in maniera esponenziale).

Per queste ragioni si sono fatti sempre più strada negli ultimi decenni strumenti e approcci di supporto alla decisione, ovvero sistemi in grado di supportare coloro che devono prendere una decisione su un dato investimento e una scelta progettuale nell'individuare la strada migliore e quella maggiormente efficiente ed efficace. Tale supporto alle decisioni ruota tutto intorno alla facilitazione della generazione e gestione dell'informazione necessaria per decidere. In letteratura ci si riferisce a questi strumenti come ai “**Sistemi di Supporto alle Decisioni**” (Decision Support System, DSS). Un Sistema di Supporto alle Decisioni viene definito in letteratura come “un sistema software di supporto alle decisioni, che permette di aumentare l'efficacia dell'analisi in quanto fornisce supporto a tutti coloro che devono prendere decisioni strategiche di fronte a problemi che non possono essere risolti con i modelli della ricerca operativa. La funzione principale di un DSS è quella di estrarre in poco tempo e in modo versatile le informazioni utili ai processi decisionali, provenienti da una rilevante quantità di dati” (Marsden J.R, Pingy D., 1993). Per fare questo “utilizza dati misurati e

conoscenze proprie del decisore. Inoltre utilizza modelli e viene costruito attraverso un processo iterativo e interattivo che coinvolge l'end user" (Mocenni C., 2006).

Data la complessità e la molteplicità di dati su cui un DSS solitamente si basa, un DSS si configura come "un sistema informativo computer-based sviluppato allo scopo di individuare una soluzione per un problema gestionale non completamente strutturato". In letteratura, sono stati classificati tre differenti tipologie di problemi (Mocenni C., 2006):

- Un problema si dice **strutturato** se le procedure per ottenere la soluzione migliore sono note (tipicamente sono problemi ripetitivi di cui si conoscono metodi di risoluzione);
- Un problema si dice **non strutturato** se è molto complesso e non se ne conoscono metodi di risoluzione (il problema decisionale si basa prevalentemente sull'intuizione umana);
- Un problema si dice **semi-strutturato** se le procedure per ottenere la soluzione migliore sono parzialmente note: si collocano a metà tra i problemi strutturati e quelli non strutturati. Per la loro soluzione è necessario ricorrere sia a procedure standard che a valutazioni euristiche.

Gli effetti dei cambiamenti climatici a livello locale sono problemi di semi-strutturato e proprio per questo motivo la realizzazione e l'utilizzo di un DSS si applica particolarmente bene a questo tipo di problemi. Per questo motivo lo studio condotto nella Parte III e IV del presente studio si configurano esattamente all'interno di questo approccio metodologico.

L'utilizzo di un DSS richiede tuttavia anche notevoli precauzioni e cautele per fare in modo che i risultati ottenuti siano i più aderenti possibile con le realtà. Esiste una larga letteratura circa l'utilizzo dei DSS, un utilizzo che è stato condotto in numerosi settori (agricoltura, finanza, progettazione di infrastrutture, ecc.) e da stakeholder completamente diversi (prevalentemente decisori pubblici, ma ci sono anche casi di DSS utilizzati da imprese, organizzazioni internazionali e finanziarie).

In primo luogo, per un corretto utilizzo di un DSS, è importante chiarire le finalità che tali strumenti si devono prefiggere (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016):

- Creare una base di conoscenza comune e condivisa;
- Introdurre elementi di razionalità nei processi decisionali attraverso la formalizzazione e la strutturazione dei passi da svolgere;
- Creare le condizioni per una partecipazione attiva al processo, offrendo a tutti i soggetti interessati la possibilità di entrare nel merito delle analisi e delle scelte ed esprimere punti di vista, idee e preferenze.

La critica che più di frequente viene fatta a questa tipologia di strumenti è legata alla soggettività che permane all'interno degli schemi logici e valutativi costruiti. Una risposta chiara alla questione viene dalla

guida all'utilizzo di questi strumenti contenuta nella pubblicazione del 2016 "Valutare la Rigenerazione Urbana" a cura di Gabriele Bollini, Eliot Laniado e Maria Rosa Vittadini, tre dei massimi esperti italiani di valutazione di politiche e misure.

"L'uso di un DSS non rimuove la soggettività insita nei processi decisionali. Nell'ottica di un processo partecipato e a molti obiettivi, infatti, non ha senso ricercare una soluzione ottimale da un punto di vista tecnico oggettivo; piuttosto, il DSS ha lo scopo di fornire al decisore politico, cui spetta comunque la responsabilità finale della scelta, gli elementi necessari per effettuarla in modo informato e consapevole. Attraverso un DSS l'intero processo decisionale può essere reso trasparente e ripercorribile, sia dal punto di vista delle procedure che dei contenuti di studi e analisi" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016).

Esistono tuttavia strategie e accortezze metodologiche per ridurre e controllare la soggettività. Non è un caso che l'utilizzo di questi approcci di valutazione di politiche e misure trovi un largo spazio soprattutto nei lavori scientifici più di frontiera e innovativi. Come ricordato in precedenza dove c'è complessità e incertezza è inevitabile ricorrere a strumenti di questo tipo.

Come esplicitato nella pubblicazione precedentemente citata, "la non eliminabile soggettività può essere controllata e gestita esplicitando nei dettagli tutti i processi, le banche dati, gli assunti e le premesse teoriche utilizzate" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). Nello specifico "per quanto riguarda le procedure, la trasparenza consiste nel rendere espliciti i passi da compiere, la loro articolazione e il legame logico tra i diversi momenti, descrivendo le modalità di svolgimento previste, i tempi, il ruolo dei soggetti coinvolti e così via" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). Invece "per quanto riguarda gli studi, la trasparenza consiste nel chiarire le ipotesi effettuate, i dati e i modelli utilizzati ed i risultati ottenuti; è fondamentale che la comunicazione riguardi non solo le singole operazioni tecniche, ma anche il complesso delle analisi, in modo da fornire un quadro d'insieme degli aspetti considerati e verificarne la completezza" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016).

Alla luce di quanto sopra riportato, si procede nelle parti successive a chiarire nei dettagli tutti i seguenti aspetti metodologici legati alla riduzione della soggettività del lavoro svolto:

- Trasparenza nelle premesse teoriche;
- Trasparenza dei processi adottati (verrà chiarito tutto nei dettagli nella Sezione III);
- Trasparenza nelle banche dati utilizzate (verrà chiarito tutto nei dettagli nella Sezione III).

Nel presente paragrafo vengono descritte le principali premesse teoriche dello studio, evidenziando nel dettaglio le ragioni e la ratio dietro a ciascuna delle scelte compiute.

Per quanto riguarda le premesse teoriche, lo studio condotto ha richiesto due semplificazioni al fine di consentire di individuare un perimetro d'azione non troppo ampio su cui attivare delle attività di analisi e valutazione innovative e non pienamente strutturate. Le due semplificazioni condotte hanno riguardato:

- Un restringimento del campo di analisi in termini di territorio, impatti e aspetti progettuali trattati;
- L'adozione di un approccio statistico e di area vasta basato su DSS simile per molti aspetti ad uno studio di pre-fattibilità.

Negli studi scientifici tali semplificazioni sono spesso attuate, in tutti i settori disciplinari, legate soprattutto alla sempre maggiore complessità dei sistemi e delle organizzazioni da analizzare e studiare.

Per quanto riguarda il restringimento del campo di analisi del presente studio, si è proceduto ai seguenti restringimenti di campo:

- Circoscrivere lo studio ad un **contesto territoriale limitato**, quello emiliano-romagnolo e nello specifico di due comparti industriali specifici: l'area industriale del Porto di Ravenna e l'area industriale di Bomporto, in provincia di Modena. L'Emilia-Romagna però, è la Regione italiana con il maggior numero di aziende esposte a rischio meteo-climatico e questo rappresenta pertanto un elemento di notevole interesse scientifico e rappresentatività a livello italiano ed europeo;
- Circoscrivere lo studio ad **un contesto urbano**, ovvero quello delle aree industriali urbane. Le aree industriali urbane sono tuttavia aree sulle quali gli studi scientifici sugli impatti dei cambiamenti climatici si sono meno soffermati, focalizzandosi spesso con maggiore attenzione sulle aree prettamente urbane (centri storici e aree residenziali). Il focus specifico pertanto ha consentito di apportare nuove evidenze su un tema specifico maggiormente di frontiera;
- Circoscrivere lo studio a **due impatti meteo-climatici** dei cambiamenti climatici. E' tuttavia necessario evidenziare come si tratti dei due impatti legati al cambiamento climatico più rappresentativi per il contesto italiano ed emiliano-romagnolo, ovvero le ondate di calore e le precipitazioni estreme;
- Circoscrivere lo studio a **un solo aspetto delle NBS**, l'aspetto legato all'efficacia delle NBS, in una logica che si potrebbe dire legata ad uno studio di pre-fattibilità. Non si sono quindi trattati dettagli di tipo progettuale e/o ingegneristico (spessore dei tetti verdi, tipologie di materiali drenanti da utilizzare, ecc.). Tale aspetto è però un tema centrale all'interno della discussione scientifica contemporanea sul tema delle NBS.

Per quanto riguarda questo ultimo aspetto delle NBS, si riporta di seguito uno studio in cui vengono individuati e mappati nel dettaglio i principali gap conoscitivi legati allo studio delle NBS (Figura 20).

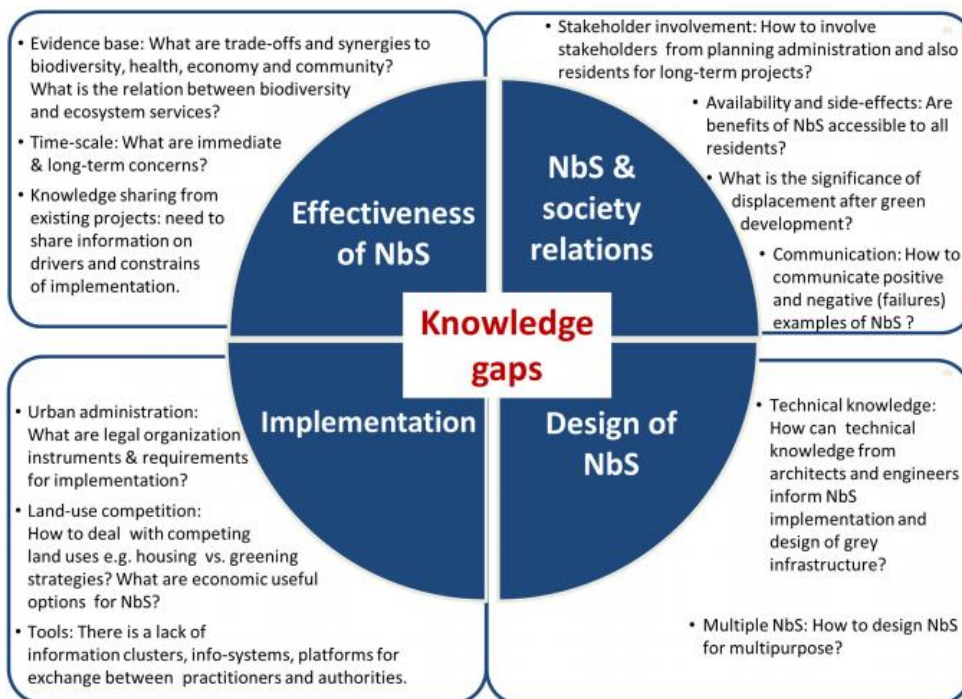


Figura 20. Gap conoscitivi nella ricerca scientifica sul tema delle NBS. Fonte: Kabisch N., Frantzeskaki N., Pauleit S., Naumann S. (2016), *Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action*.

Nel presente studio sono fornite evidenze scientifiche e quantitative legate agli aspetti di efficacia delle NBS e modalità operative per migliorare l'implementazione di interventi di tipo NBS. In particolare la perimetrazione del campo di indagine è stata condotta seguendo il seguente percorso logico:

- Le Pubbliche Amministrazioni non hanno sufficienti risorse economiche per attivare tutti gli investimenti green che sarebbero necessari per contenere gli impatti negativi legati ai cambiamenti climatici;
- Per queste ragioni è necessario trovare nuove forme di coinvolgimento operativo e soprattutto economico dei privati (imprese e mondo finanziario/assicurativo);
- Affinché questo accada è necessario trovare una “lingua progettuale comune” tra pianificazione urbana, mondo imprenditoriale e settore finanziario/assicurativo. Una lingua che permetta ai diversi soggetti di comprendere l'utilità di quella misura e i suoi impatti in termini quantitativi e misurabili;
- Le imprese sono particolarmente esposte agli effetti dei cambiamenti climatici e ad oggi molto raramente hanno implementato misure per proteggersi da potenziali danni (Unipol, 2018). Le imprese sono cioè molto vulnerabili, soprattutto quelle più piccole che sono però anche le più rappresentative del contesto industriale italiano;

- Per questo si è scelto di focalizzarsi non tanto sui grandi investimenti green che necessitano un coinvolgimento tecnico ed economico diretto delle Pubbliche Amministrazioni (con Green Infrastructure) ma piccoli investimenti green (NBS) più facilmente finanziabili e gestibili da privati;
- In tale nuovo contesto, il ruolo della Pubblica Amministrazione diventa quello di partecipare in quota parte alle spese e/o creare il framework normativo-istituzionale idoneo per attivare l'investimento diretto dei privati nelle NBS necessarie per ridurre la loro esposizione al cambiamento climatico.

Ad oggi esistono poche evidenze scientifiche quantitative sul tema della collaborazione tra Pubbliche Amministrazioni, imprese e settore finanziario nell'implementazione di NBS a scala urbana. La maggior parte dei casi studio relativi a questo tema sono stati sviluppati all'interno di diversi progetti europei sviluppati grazie alle risorse messe a disposizione dalla Commissione Europea sui grandi programmi di ricerca.

Per quanto riguarda la seconda semplificazione metodologica condotta, si è fatto un esplicito riferimento al fatto che "nell'ottica di un processo partecipato e a molti obiettivi, non ha senso ricercare una soluzione ottimale da un punto di vista tecnico oggettivo". Lo scopo deve essere invece quello di "fornire al decisore politico, cui spetta comunque la responsabilità finale della scelta, gli elementi necessari per effettuarla in modo informato e consapevole" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). Per questo motivo e alla luce delle finalità del presente studio, si è impostato lo studio e la ricerca del tool con il quale condurre le analisi e le valutazioni non tanto in termini di progettazione di dettaglio, quanto di un approccio statistico rappresentativo non di una singola impresa ma di un'area più vasta come quella di un comparto industriale.

L'approccio statistico relativo alla modellizzazione ed analisi degli impatti delle NBS all'interno dei comparti industriali oggetto dell'indagine ha riguardato le seguenti semplificazioni:

- Modellizzazione nei dettagli dell'efficacia degli interventi NBS nel ridurre il livello di rischio a cui un'impresa è esposta su un **gruppo rappresentativo e limitato di imprese**. I dati ricavati da tali modellizzazioni di dettaglio sono in seguito state espanse con metodologie statistiche ad un comparto territoriale più ampio. Per quanto riguarda il caso studio di Ravenna ad esempio, le modellizzazioni di dettaglio hanno riguardato 3 aziende. Tali dati di dettaglio, secondo un criterio di rappresentatività spiegato nel punto successivo, sono state ricondotte ad un numero di aziende superiore alle 1.000 unità;
- **Semplificazione delle tipologie di imprese** in tre macro categorie: manifatturiero di piccole dimensioni (meno di 50 dipendenti), manifatturiero di grandi dimensioni (sopra i 50 dipendenti) e servizi/uffici indipendentemente dal numero di dipendenti. Tale semplificazione, come spiegato nei dettagli nella Parte III, è stata giustificata da evidenze di letteratura che mostrano delle similitudini relative alle modalità di essere impattate dai cambiamenti climatici in atto. Maggiore precisione

sarebbe stata possibile raccordando i profili di rischio ai Codici ATECO ma la complessità dello studio sarebbe aumentata in maniera esponenziale;

- **Semplificazioni relative alle modalità e ai tempi di realizzazione degli interventi NBS** previsti all'interno dei comparti industriali analizzati e alla loro estensione superficiale. In primo luogo si è ipotizzato che tutti gli interventi NBS previsti verranno attuati entro il 2025. In secondo luogo si è considerato che tali interventi non saranno attuati da tutte le aziende, in primo luogo perché non tutte saranno interessate ed in secondo luogo perché non tutte le aziende hanno le condizioni morfologiche ideali per attuare interventi di questo tipo (tetti dei capannoni non eccessivamente inclinati, piazzali esterni idonei alla realizzazione di NBS e/o tipologie di operazioni compiute idonee con interventi NBS, ecc.). Per questo motivo si è considerato che solo il 40% delle aziende hanno condizioni ideali (tecniche ed economiche) per la realizzazione di questi interventi.

Nelle altre attività di modellizzazione condotte invece, il livello di semplificazione è stato molto inferiore, soprattutto per quanto riguarda la modellizzazione degli specifici contesti climatici e meteorologici locali che per quanto riguarda la quantificazione dei singoli fattori di rischio.

Questo focalizzarsi su una scala urbana/di comparto industriale si presta bene per lo studio delle NBS in quanto queste misure si caratterizzano per:

- **Un sistema di interventi.** Le NBS intervengono come misure di adattamento atte a ridurre il rischio climatico non in quanto singoli interventi ma solo in quanto rete di interventi messi a sistema tra di loro (EEA, 2016). La funzionalità ecosistemica e assicurativa delle NBS pertanto si esprime compiutamente solo quando una pluralità di interventi vengono attuati e coordinati tra di loro in una logica di servizi ecosistemici;
- **Equità tra soggetti forti e deboli.** Le imprese più piccole sono anche quelle più in difficoltà nel realizzare interventi di tipo NBS. Tale difficoltà deriva dalla scarsità di risorse economiche a disposizione e dalle difficoltà di occuparsi di attività non strettamente collegate con il proprio core business. Questa difficoltà si accentua soprattutto quando a rendersi necessari sono investimenti NBS più grandi che riguardano ad esempio la creazione di aree verdi di grandi dimensioni e/o interventi di aumento della permeabilità delle superfici di grandi dimensioni. Un approccio di “polo industriale” invece consente di ripartire responsabilità e oneri in maniera più equilibrata e equa, prevedendo ad esempio interventi congiunti tra più imprese che contribuiscono in quota proporzionale rispetto alla loro dimensione e alle proprie disponibilità economiche/finanziarie e/o del numero dei dipendenti;
- **Maggiori possibilità di finanziabilità.** Nel mondo della finanza (sostenibile e non), non manca mai ai primi posti delle ragioni per cui non si finanzia un dato intervento “perché il progetto è piccolo e non ha margini finanziari tali da giustificare un intervento da parte del finanziatore” (Crocì E., Colelli F.,

2017). Un approccio “di polo” consente di superare in parte questa difficoltà della scala progettuale, consentendo di mettere a sistema una pluralità di interventi fino al raggiungimento di una massa tale da rendere finanziariamente attraente l’operazione stessa;

- **Proprietà vs. funzionalità dei terreni.** Le NBS sono più efficaci se realizzate dove maggiormente servono e sono efficaci. Queste scelte localizzative non sempre coincidono con i vincoli legali e amministrativi che gravano su una data area. Per questo motivo un approccio “di polo” consente, se il processo viene adeguatamente guidato dalla pubblica amministrazione, di pianificare gli interventi andando oltre i vincoli amministrativi e coordinando gli interventi affinché vengano realizzati nelle aree territoriali più idonee;
- **Frammentarietà dei servizi ecosistemici.** Il beneficio ecosistemico di un dato intervento e/o sistema di interventi NBS è inversamente proporzionale alla frammentarietà con cui gli interventi vengono attuati;
- **Coerenza con l’approccio di policy attuale.** Le NBS a livello di comparti industriali vengono spesso gestiti in maniera integrata, spesso all’interno di processi piani di trasformazione delle aree industriali in Area Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA). L’approccio “di Polo” permette di riconnettersi direttamente ad interventi pianificatori di questo tipo.

Tutto questo ha comportato delle inevitabili semplificazioni ma consentito di ragionare in un’ottica di attivazione di una fase di pre-fattibilità tale da consentire in un secondo momento la definizione di azioni di maggiore dettaglio. Tale operazione risulta però essere utile per fornire utili indicazioni di policy e evidenze scientifiche a scala urbana basate su dati quantitativi di dettaglio, sia di natura territoriale che di natura economica.

3.3 Definizione della metodologia di studio. Definizione della terminologia di riferimento e descrizione dell’approccio di valutazione dei rischi legati al clima di tipo semi-qualitativo

Nelle riflessioni sulla definizione delle due domande di ricerca del presente studio si è evidenziato come uno dei temi centrali della discussione riguarda la definizione di un linguaggio comune tra pianificazione urbanistica, imprenditori e mondo dell’economia e la finanzia. In pratica un linguaggio comune tra chi ha l’obbligo (etico e legislativo) di pianificare gli interventi, tra chi beneficia degli interventi e chi è chiamato a definire innovativi modelli di finanziamento per superare i limiti derivanti dalla riduzione delle risorse pubbliche disponibili per grandi interventi.

Il concetto centrale di questa “lingua progettuale comune” è il concetto di Rischio. Esso può essere inteso come una specie di “Stele di Rosetta” che consente ai tre soggetti di trovare un punto di contatto

metodologico e concettuale comune attorno al quale agganciare i loro strumenti specifici di intervento. Il mondo imprenditoriale e quello bancario/assicurativo utilizzano il concetto di rischio da sempre, meno invece lo ha fatto la pianificazione urbanistica, abituata per motivi storici e disciplinari a ragionare maggiormente per categorie politiche e sociali definite (ridurre la povertà, aumentare la qualità della vita nelle aree urbane, progettare espansioni urbane per la popolazione in crescita, ecc.). Questo lavoro pertanto intende contribuire fornendo evidenze empiriche su come il concetto di rischio può essere incorporato all'interno dei processi decisionali pubblici e di pianificazione territoriale ed urbanistica.

Il concetto di rischio climatico è evoluto nel corso del tempo, andando ad assumere definizioni in parte differenti (Master Adapt, 2018). Quello che non è mai cambiato è il riferimento ai concetti di incertezza e di complessità degli approcci disciplinari da adottare. “Rispondere efficacemente ai rischi connessi con il clima che cambia implica il dover prendere decisioni in un mondo che cambia rapidamente, con rilevanti incertezze sulla gravità e sulla tempistica degli impatti dei cambiamenti climatici e con limiti conoscitivi circa l'efficacia delle misure di adattamento messe in campo” (IPCC, 2014).

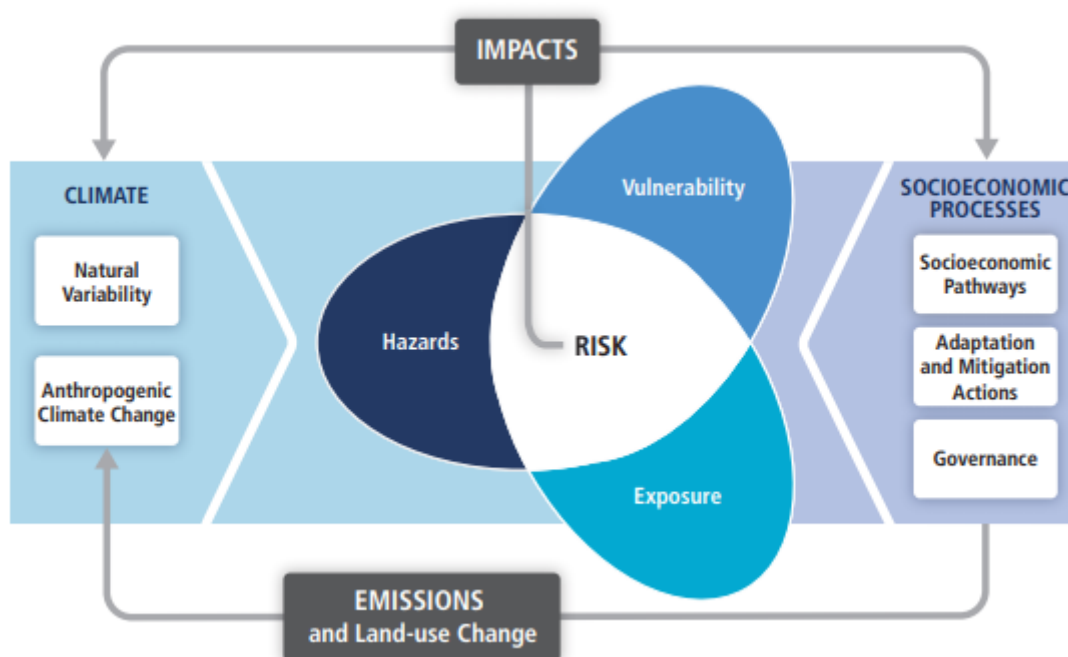


Figura 21. Illustrazione dei concetti chiave legati al concetto di Rischio così come sintetizzati dal Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici. Fonte: IPCC, 2014.

L'illustrazione dei concetti chiave proposti dal IPCC nel 2014 (Figura 21) mostra la complessità e la molteplicità degli aspetti che concorrono a definire il concetto di rischio e di conseguenza a valutarne quantitativamente la sua entità.

Per quanto riguarda la capacità delle NBS nel ridurre il rischio climatico (il concetto di **mitigazione del rischio legato al cambiamento climatico**), gli studi più completi e dettagliati sono stati condotti dall'IPCC e

dall’Agenzia Europea per l’Ambiente. Quest’ultimo nello specifico si è focalizzata sul tema in due lavori specifici in cui ha elaborato e messo a sistema centinaia di paper scientifici confrontandoli tra loro e traendone utili e precise raccomandazioni operative e di policy. Questi due rapporti di riferimento sul tema della mitigazione del rischio climatico sono:

- Esplorare le soluzioni NBS. Il ruolo delle infrastrutture verdi nel mitigare gli impatti meteorologici dei cambiamenti climatici e i conseguenti rischio naturali (EEA Report, No 12/2015);
- Adattamento ai cambiamenti climatici e riduzione del rischio di disastri in Europa (EEA Report No 15/2017).

Nei presenti studi il percorso di mitigazione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici viene definito nei dettagli. In primo luogo è importante fornire una definizione precisa dei principali fattori e termini in gioco. Con il termine mitigazione del rischio di catastrofi legate al clima, si intende “ridurre i potenziali impatti negativi dei rischi fisici (compresi quelli indotti dall'uomo) attraverso azioni che riducono il rischio, l'esposizione e la vulnerabilità" (IPCC, 2012). In questi termini, il concetto di mitigazione del rischio “equivale al concetto di riduzione del rischio di catastrofi (DRR). I termini possono pertanto essere utilizzati in modo intercambiabile. Nel contesto del cambiamento climatico, la mitigazione del rischio è una delle misure di adattamento” (EEA, 2015).

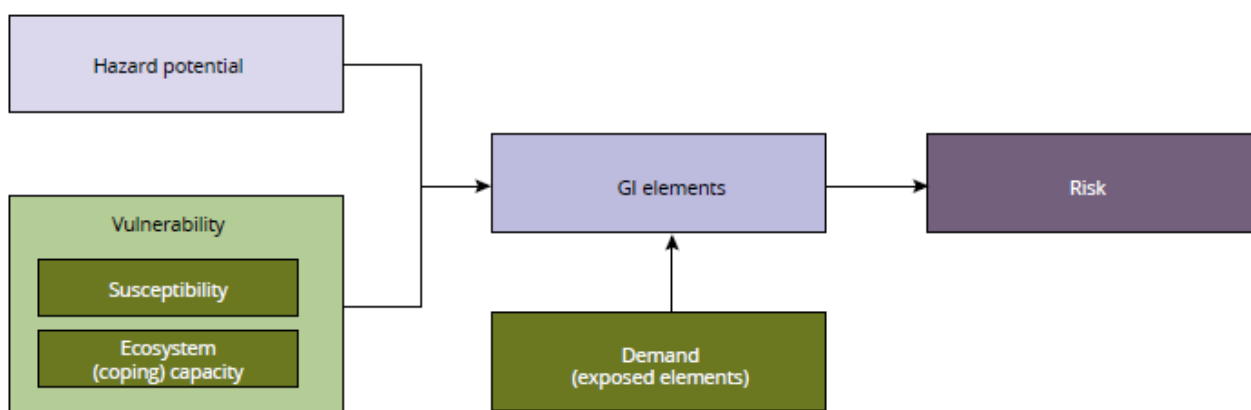


Figura 22. Il concetto di rischio e le relazioni con i concetti di pericolo, vulnerabilità e interventi basati di tipo nature-based. Fonte: EEA, 2015.

Il concetto di rischio climatico (Figura 22) è strettamente collegato con quello di pericolosità e di vulnerabilità, sebbene la relazione che esiste tra questi differenti concetti ha subito nel corso del tempo numerose variazioni di definizione all’interno dei vari rapporti dell’IPCC che si sono succeduti nel tempo (MasterAdapt, 2018). In questo lavoro ci si riferisce ai concetti di pericolo (Hazard), Vulnerabilità (Vulnerability) e Rischio così come sono stati definiti all’interno del report dell’IPCC 2014 e nel report dell’Agenzia Europea per

l'Ambiente "EEA Report No 15/2017". Si riportano di seguito, in maniera sintetica, le definizioni a cui si fa riferimento nel presente studio:

- **Pericolo (sorgente di pericolo).** Si intende "il potenziale verificarsi di un evento fisico naturale o di origine antropica o di un trend o di un impatto fisico che potrebbe causare perdita di vite umane, feriti, o altri impatti sulla salute, così come danni o perdite di proprietà, infrastrutture, mezzi di sussistenza, fornitura di servizi, ecosistemi, e risorse ambientali. Nel contesto climatico, questo termine si riferisce ad eventi fisici associati al clima o a trend o ai loro impatti fisici" (IPCC, 2014);
- **Vulnerabilità.** Si intende "la propensione o la predisposizione ad essere negativamente colpiti. La vulnerabilità comprende una varietà di concetti ed elementi inclusa la Sensitività o la suscettibilità al danno e la mancanza di capacità di far fronte ed adattarsi" (IPCC, 2014). Essa pertanto può essere definita anche come le "caratteristiche e le circostanze di una data comunità, sistema o risorsa che lo rendono sensibile agli effetti dannosi di un pericolo (UNISDR, 2009), o la propensione o la predisposizione ad essere influenzati negativamente (IPCC, 2012). La vulnerabilità comprende la capacità di anticipare, far fronte, resistere e recuperare dagli effetti avversi di eventi fisici, e per questo si collega strettamente con il concetto di resilienza (EEA, 2015).
- **Rischio** viene definito come "il potenziale associato alle conseguenze, dove qualcosa è in gioco ed il risultato è incerto, riconoscendo la diversità dei valori. Il rischio è frequentemente rappresentato come la probabilità di accadimento di un evento o trend pericoloso moltiplicato per gli impatti in caso tali eventi o trend accadano. Il rischio risulta dall'interazione tra la vulnerabilità, l'esposizione e la sorgente di pericolo" (IPCC, 2014).

Ridurre il rischio vuol dire aumentare la propria capacità di adattamento. Per **capacità di adattamento** si intende "l'abilità dei sistemi, delle istituzioni, degli esseri umani e di altri organismi di adeguarsi al potenziale danno, trarre vantaggio dalle opportunità, o di rispondere alle conseguenze" (IPCC, 2014). Adattarsi pertanto vuole dire ridurre il proprio livello di rischio partendo da un'attenta analisi delle sorgenti dei pericoli, il livello di esposizione di un dato territorio e la sua vulnerabilità a uno o più specifici eventi legati ai cambiamenti climatici. Il concetto di rischio pertanto ingloba tutti questi termini e ne costituisce di fatto una sintesi utile per prendere scelte e pianificare interventi e/o progetti.

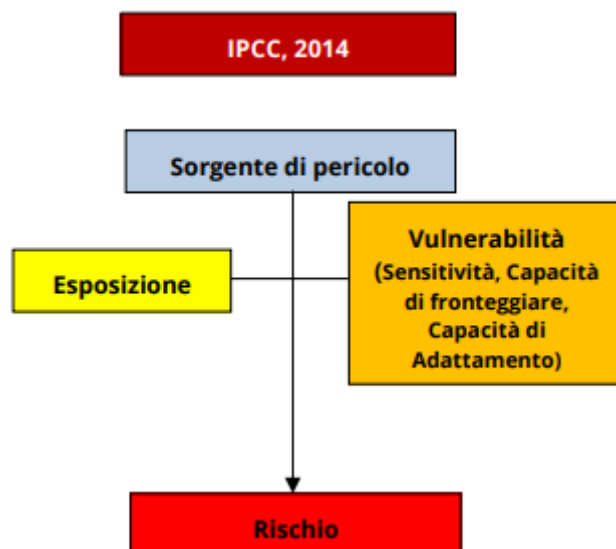


Figura 23. Sintesi dei fattori fondamentali che compongono il rischio associato ai cambiamenti climatici così come definito nel rapporto IPCC del 2014. Fonte: GIZ, 2017.

Il livello di rischio può essere quantificato utilizzando la classica formula probabilità di accadimento di un evento moltiplicata per la sua magnitudo.

$$\text{Rischio} = \text{Probabilità di accadimento} \times \text{magnitudo}$$

Esistono metodologie definite a livello internazionale per valutare con precisione il rischio di un dato evento e arrivare alla sua quantificazione in maniera condivisa e riconoscibile. Nel presente studio si è seguito l'approccio metodologico della **Norma UNI 11230**, che dal 2007 "definisce i termini di base relativi alla gestione del rischio e costituisce un riferimento generale applicabile a tutte le organizzazioni, indipendentemente da tipologia, dimensione ed attività svolte, al fine di promuovere un approccio coerente per la descrizione della gestione del rischio e l'utilizzo della terminologia pertinente" (UNI, 2007). All'intero di tale norma l'attività di valutazione del rischio è definita come "il processo di identificazione, misurazione e ponderazione del rischio" (UNI, 2007). Il percorso logico proposto da tale Norma UNI è sintetizzato nello schema sottostante (Figura 24).

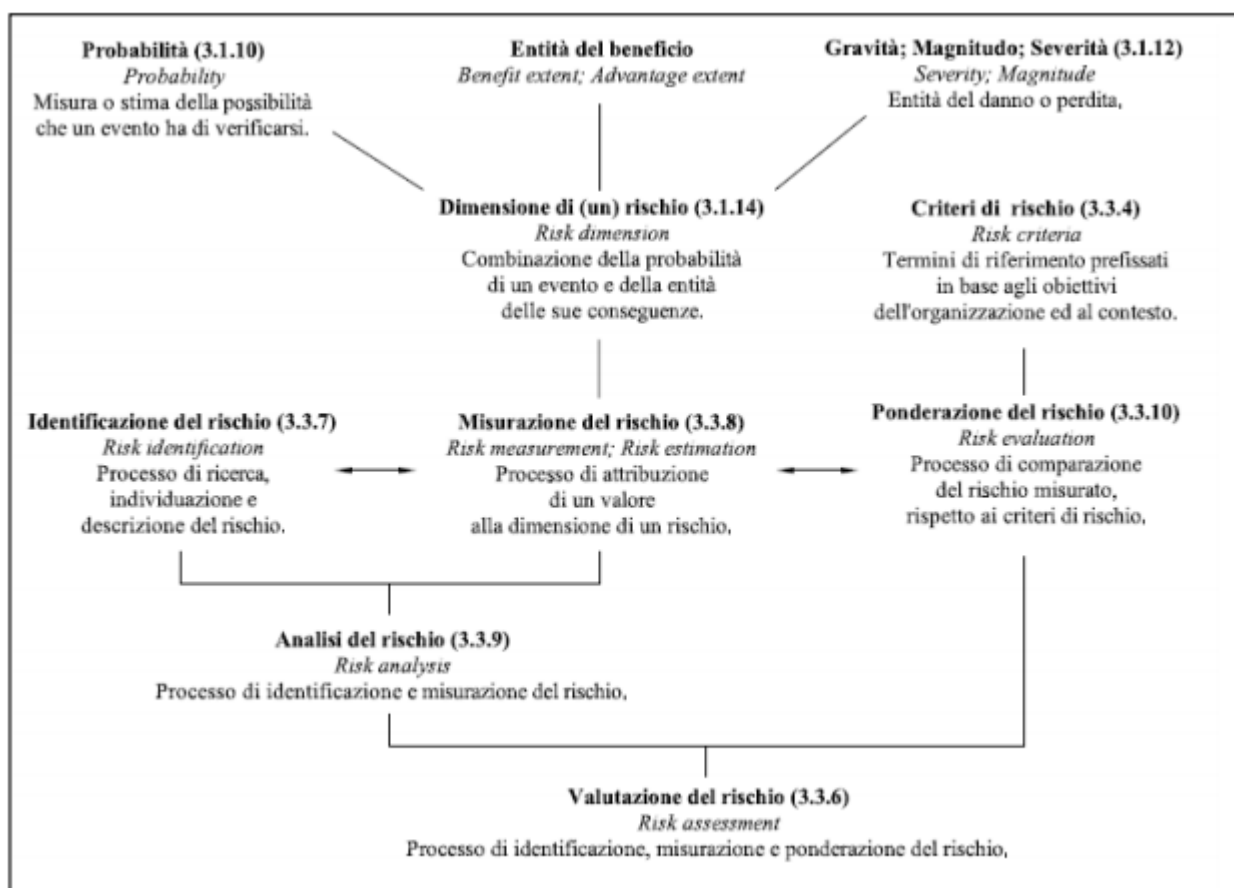


Figura 24. Schema delle fasi di valutazione del Rischio. Fonte: Uni 11230

Definita la procedura logica da seguire per la valutazione e la quantificazione del rischio, rimangono da chiarire i diversi approcci con cui il rischio può essere analizzato. A seconda del livello di controllo e di misurabilità dei fattori che determinano il livello di rischio, possono essere adottati due approcci metodologici differenti (Patassini D., 2006):

- **Approccio quantitativo**, utilizzato soprattutto nel mondo industriale dove si hanno processi noti e in cui tutti i fattori oggetto del fenomeno stesso sono controllabili e misurabili;
- **Approccio qualitativo e semi-qualitativo**, utilizzato invece dove è impossibile misurare o controllare con esattezza e precisione tutti i fattori che concorrono alla definizione del livello di rischio.

Per quanto riguarda l'approccio quantitativo, esso "si basa sull'impiego di modelli matematici che esplicitano mediante funzioni i rapporti tra i vari valori o in alcuni casi in misure strumentali (es. per il rischio chimico). Tale approccio è utilizzato in specifici contesti produttivi in cui l'analisi degli standard di sicurezza deve essere molto precisa e accurata per la criticità che presentano i fattori di rischio. Nel caso in cui i fattori di rischio non abbiano una rilevanza particolare, tale approccio può invece risultare inadeguato e dispendioso".

L'approccio qualitativo invece, si basa su un approccio "di tipo probabilistico, utilizza delle scale qualitative, sia per la probabilità che per la magnitudo. La probabilità che si verifichi il danno può essere determinato ricorrendo a scale qualitative con valori crescenti del tipo:

- Improbabile;
- Possibile;
- Altamente probabile.

La Magnitudo derivante da un determinato rischio in termini di conseguenze può anche esso essere determinato ricorrendo a scale qualitative con valori crescenti del tipo (Patassini D., 2006):

- Lieve (lesioni o disturbi di lieve o modesta gravità);
- Modesta (lesioni o disturbi gravi);
- Grave (evento con potenziali effetti mortali e/o altamente distruttivi)".

Dalla combinazione di questi differenti elementi scaturisce il livello di rischio corrispondente, livello di rischio che può essere in questo modo espresso mediante un solo valore numerico frutto della combinazione di tutti i valori specifici che lo compongono.

Nel presente studio è stato adattato un approccio semi-qualitativo, così come del resto viene fatto nella quasi totalità degli studi relativi agli effetti dei cambiamenti climatici per i motivi che sono più volte stati ricordati nel presente paragrafo. Per quanto riguarda gli aspetti più qualitativi legati alla quantificazione dei livelli di probabilità di accadimento e magnitudo di un dato evento meteorologico, come verrà meglio analizzato nella Parte III, si è proceduto utilizzando i seguenti strumenti:

- **Questionari** a tecnici e/o alle imprese/persone che vivono nell'area oggetto di studio. A tal proposito si sono utilizzati i questionari svolti dal progetto Life Iris e dal Sant'Anna di Pisa nell'ambito dello studio svolto in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente italiano per mappare il livello di rischio percepito delle imprese italiane nei confronti dei cambiamenti climatici;
- **Consultazione della letteratura scientifica** sul tema, nel caso del presente studio declinando in valori da 1 a 5 la grande quantità di questionari sottoposti alle imprese europee dal Carbon Disclosure Project (CDP) per studiare come i fattori di rischio associati ai cambiamenti climatici si intrecciano con quelli più propriamente legati alle attività industriali.

Date le premesse teoriche presentate nel presente paragrafo, si è andato alla ricerca di un tool che consentisse di sviluppare questa tipologia di valutazione del rischio climatico ed analisi della capacità di adattamento delle NBS in contesti urbani industriali.

3.4 Analisi e scelta del modello di simulazione per la valutazione della capacità di adattamento delle misure NBS all'intero di comparti industriali

A livello internazionale ed europeo si stanno moltiplicando i tool, gratuiti o a pagamento, finalizzati alla valutazione economica ed ambientale di Piani e progetti contenenti misure di adattamento ai cambiamenti climatici. L'attività di ricerca è pertanto partita dall'analisi degli strumenti utilizzati in diversi progetti e paper scientifici per condurre il tipo di indagine che si propone il presente studio. Un'ampia e precisa attività di monitoraggio e mappatura dei tool esistenti (**Adaptation Support Tool**) è stata condotta a livello internazionale dall'UNFCCC e a livello europeo dalla Commissione Europea. Le due piattaforme di riferimento a tal proposito sono:

- UNFCCC Adaptation Knowledge Portal (2019)², database contenente 110 tool legati al tema dell'Adattamento ai cambiamenti climatici;
- Climate Adapt (2019)³, database contenente 78 differenti Adaptation Support Tool sviluppati in Europa dal 2005 al 2019;

I tool e le metodologie mappate nei presenti studi, analizzano la diversità delle tipologie di strumenti sviluppati a livello internazionale. Tali strumenti vanno da semplici manuali, a linee guida, a framework locali fino a veri e propri toolkit, sviluppati in contesti diversi ma con la medesima finalità: sostenere il processo di adattamento nella pianificazione territoriale. Si va così da modelli complessi basati su algoritmi dedicati per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici a più semplici linee guida per identificare, progettare, attuare e valutare misure di adattamento, il tutto sviluppato da una molteplicità di attori quali agenzie governative e non governative (ONG), istituti di ricerca, università e comunità locali.

La maggior parte dei "Adaptation Support Tool" sviluppati in Europa sono nati nell'ambito di progetti di ricerca finanziati dall'Unione Europea (Commissione Europea, 2018). Una rassegna approfondita dei principali progetti di ricerca europei che si sono focalizzati sul tema dell'adattamento e della creazione di tool di valutazione/supporto alla decisione, è stata condotta all'interno della Piattaforma Climate-ADAPT. In particolare sono 26 i progetti di ricerca europei che dal 2012 ad oggi si sono occupati di valutazione economica ed ambientale di Piani e progetti contenenti misure di adattamento ai cambiamenti climatici e tool di supporto alle decisioni. I principali programmi di finanziamento di questi progetti sono stati FP7, Horizon2020, Interreg e Life.

² <https://www4.unfccc.int/sites/NWPStaging/Pages/Tools.aspx>

³ <https://bit.ly/2TnxQ4M>

Il moltiplicarsi e per certi versi il sovrapporsi di tool ha fatto nascere dubbi circa la bontà di tale proliferazione. “Da più parti viene ritenuto che questa molteplicità di metodi e strumenti sia da considerarsi un elemento positivo all’interno del processo di pianificazione dell’adattamento, tuttavia, volendo approfondire maggiormente questa analisi, occorre riflettere criticamente su alcune questioni: per quale motivo ci sono così tanti approcci? È solo a causa di una forte domanda, in cui molteplici circostanze diverse richiedono approcci diversi, o è perché ciò che è stato sviluppato finora risulta ancora insufficiente? Probabilmente entrambe le ragioni sono valide e vanno considerate insieme” (Magni F., 2019). La ricerca condotta nel presente studio si è confrontata direttamente con tale criticità. La bussola con la quale ci si è mossi all’interno della vastità di strumenti esistenti ha portato a focalizzarsi sui tool sviluppati il più recentemente possibile e la cui genesi e costruzione tenesse in un qualche modo conto dei tool precedenti sviluppati e delle ragioni dei loro successi e/o fallimenti.

Prima di passare alla descrizione del tool prescelto per condurre le analisi, è d’obbligo fare un’ultima precisazione metodologica e definitoria circa i differenti tool di supporto alla decisione in materia di adattamento ai cambiamenti climatici. La complessità nel panorama dei tool esistenti, può essere ricondotta a tre grandi famiglie (Magni F., 2019):

- **Approccio.** “Si tratta di un quadro completo che prevede un intero processo per la valutazione della vulnerabilità territoriale e delle capacità di adattamento ed offre una visione strategica ampia. Un approccio può essere costruito su l’applicazione di alcuni metodi e strumenti. Esempio: L’UNDP Adaptation Policy Framework (2004) fornisce una panoramica di come l’adattamento dovrebbe essere affrontato piuttosto che dare un insieme specifico di istruzioni tecniche”;
- **Metodologia.** “Si tratta dello studio sistematico dei metodi che sono, possono essere o sono stati utilizzati in una disciplina. In questo caso fa riferimento allo studio dei metodi che definiscono una sequenza di passi da seguire al fine di realizzare un compito specifico all’interno di in un quadro più ampio. I metodi possono essere implementati attraverso l’utilizzo di una serie di strumenti. Esempio: valutazione della vulnerabilità e valutazione della capacità di adattamento sono metodi per i quali possono essere utilizzati una serie di strumenti”;
- **Strumento.** “Si utilizza uno strumento quando un compito specifico deve essere portato a termine. Esempi includono: modelli di impatto, strumenti di decisione (analisi costi-benefici), strumenti di coinvolgimento degli stakeholders (indici di vulnerabilità)”.

Lo strumento scelto per il presente studio, per le ragioni che vedremo in seguito, si pone esattamente a metà strada tra una metodologia e uno strumento vero e proprio. Questo stare tra le due differenti tipologie di tool ne costituisce uno dei maggiori valori aggiunti rispetto agli altri del campione analizzato.

Esiste però un grande problema che accumuna tutti questi tool legati all'adattamento ai cambiamenti climatici e in cui il presente studio si è imbattuto in più occasioni: la mancanza di casi concreti di applicazione utilizzabili come riferimento metodologico. Tale lacuna è evidenziata anche in altri studi. "Purtroppo, mentre il materiale riferito a strumenti, metodi ed iniziative è corposo e variegato, esiste ancora una scarsa disponibilità di materiale che descriva criticamente la concreta attuazione di tali esperienze" (Magni F, 2019).

Vi è poi un secondo problema ricorrente che riguarda l'elevato livello di complessità che caratterizza alcuni strumenti, sia nella fase di utilizzo che nella fase di restituzione dei dati finali (Downing T.E., Ziervogel G., 2004). Alcuni strumenti per la valutazione delle politiche di adattamento possono avere un approccio di tipo scientifico che ben si prestano per tecnici/utenti esperti (apparato accademico-scientifico legato al tema dei cambiamenti climatici) ma di non facile comprensione per la componente politica ed economica a cui in ultima istanza spettano le decisioni finali (Magni F., 2019; Moore S., Zavaleta E., Shaw R., 2012).

Alla luce delle potenzialità e dei limiti di questi strumenti di supporto alla decisione in materia di policy e misure di adattamento ai cambiamenti climatici, si è attivata una fase di test per valutare quale tool meglio si prestasse agli obiettivi della ricerca. Il tool in particolare doveva garantire un buon supporto nella fase di modellizzazione degli scenari climatici nel medio e lungo periodo, arrivare ad una quantificazione numerica del livello di rischio, prevedere una modellizzazione degli effetti delle NBS ed infine, se possibile, che fosse già stato testato in un qualche modo in Emilia-Romagna e che consentisse pertanto di avere un caso studio di riferimento da usare come una specie di "caso di controllo", termine di paragone per effettuare controlli aggiuntivi circa l'attendibilità dei risultati ottenuti.

Sono stati numerosi gli strumenti identificati in una prima fase di analisi ma la maggior parte degli strumenti sono stati velocemente scartati in quanto non consentivano di modellizzare uno o più degli elementi desiderati. In primo luogo sono stati scartati i tool settoriali (legati ad un solo settore specifico come ad esempio l'agricoltura, l'acquacultura, ecc.), quelli che restituiscono solo dati qualitativi (molti tool ad esempio sono stati concepiti per suggerire indicazioni di policy), i tool legati a specifici ambiti territoriali (ad esempio le aree costiere, le foreste, ecc.) e specifici effetti dei cambiamenti climatici (esondazioni dei fiumi, ecc.). Effettuata questa prima scrematura, si è proceduto ad analizzare i tool selezionati per valutare la capacità dello strumento di fornire risposte alle necessità di ricerca che questo studio si pone. In particolare si è valutata la capacità dello strumento di:

- Modellizzare quantitativamente gli effetti di soluzioni di adattamento e nello specifico di misure di adattamento basate sulla natura;
- Quantificare con indicatori numerici i rischi connessi ai cambiamenti climatici;
- Supporto nel definire diversi scenari climatici di breve, medio e lungo periodo;

- Poter essere utilizzato in contesti geografici differenti rispetto a quelli per cui era stato concepito (ad esempio alcuni strumenti si basano su database che fanno riferimento ad uno Stato specifico, ad un ambito territoriale specifico, come nel caso dei tool pensati per i soli Paesi del Nord Europa);
- Restituire dati ad una scala territoriale adeguata (non interventi specifici su singoli edifici o con risultati aggregati a livello regionale e/o nazionale).

Si riporta di seguito una sintesi dei tool analizzati con maggiore attenzione e delle ragioni principali per cui non sono stati selezionati per le analisi condotte nel presente studio.

Tool selezionati (nome)	Manca modellizzazione effetti NBS e/o soluzioni di adattamento	Manca quantificazione rischi derivanti da CC	Mancano scenari climatici medio/lungo periodo	Difficile da applicare a contesto diverso	Scala territoriale non adeguata
Climate Just	X			X	
Risk Data Hub	X				X
The Resilience Maturity Model	X	X	X		
Quick Risk Estimation (QRE)	X	X			
ToPDAd Interactive Tool		X			X
ECONADAPT-Toolbox	X		X		
Climada		X	X		
Adaptation Compass	x			X	
Urban Adaptation Support Tool	X	X	X		
GRaBS Adaptation Action Planning Toolkit	X	X	X		

Figura 25. Sintesi dei tool analizzati e delle ragioni per cui sono stati esclusi.

Come si evince dall'analisi empirica condotta e sintetizzata nella Figura 25, la ragione principale per cui i tool individuati sono stati esclusi, si riferiscono prevalentemente all'impossibilità di ottenere valutazioni quantitative legate all'adozione di specifiche misure di adattamento e della variazione dei rischi connessi. Si tratta pertanto di tool molto validi ma limitati allo specifico ambito per il quale sono stati ideati.

Dopo aver condotto questa prima attività di selezione, ci si è infine concentrati su tre tool:

- **UKCIP Adaptation Wizard⁴**. Il tool è uno strumento pensato per aiutare le organizzazioni ad adattarsi ai cambiamenti climatici. Esso utilizza un processo in 5 fasi che supporta la valutazione della vulnerabilità al clima attuale e futuro, l'individuazione delle possibili opzioni ai rischi climatici di un'organizzazione e contribuisce a sviluppare e attuare una strategia di adattamento al cambiamento climatico.
- **InVEST, Natural Capital Project (NCP)⁵**. Questo tool consente di modellare e quantificare nei dettagli gli effetti della realizzazione di interventi di tipo NBS (ma non solo) utilizzando una metodologia di tipo multi-obiettivo e multi-criterio per definire i differenti scenari di sviluppo di un territorio e/o di un contesto urbano. A differenza degli altri tool qui analizzati, si basa su dati territoriali precisi imputati mediante un GIS (Geographic Information System). A partire da questi dati territoriali, consente di confrontare tra loro differenti scenari di utilizzo del territorio assegnando ad ogni uso del suolo un valore economico relativo ai servizi ecosistemici in grado di attivare e/o compromettere;
- **Adaptation Support Tool CAST⁶**, sviluppato da Ervet Emilia-Romagna e Scuola Sant'Anna di Pisa (Dipartimento di Management) e Terraria srl nell'ambito del progetto Life IRIS (Improve Resilience of Industry Sector). CAST è uno strumento di screening per aiutare le aziende a valutare la loro vulnerabilità dovuta ai rischi indotti dal cambiamento climatico e consente di identificare le misure di adattamento e valutarne l'efficacia.

Si riporta nella Figura 26 una sintesi dei criteri in base ai quali è stato selezionato il tool per lo svolgimento del presente lavoro.

Parametri di valutazione del tool	UKCIP	InVEST	CAST
Complessità del tool	Media	Alta	Media
Modellizzazione scenari climatici (Focus Italia)	No	No	Si
Modellizzazione effetti NBS	Si	Si	Si
Opzioni di adattamento	Si	No	Si
Quantificazione dei fattori di rischio	Si	No	Si
Testato su casi studio italiani	No	No	Si
Focus specifico su impatto CC sulle imprese	Si	No	Si
Manuali dettagliati	Si	Si	Si
Disponibilità dati di dettaglio di altri casi studio	Si	No	Si

⁴ <https://www.ukcip.org.uk/wizard/>

⁵ <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

⁶ <http://www.lifeiris.eu/>

Tool utilizzato per altri studi scientifici	Si	Si	Si
Magnitudo ed esposizione CC valutati qualitativamente (survey a interessati)	Si	No	Si
Possibilità di personalizzazione dei dati Input	Media	Alta	Media
GIS Based	No	Si	No

Figura 26. Sintesi dei criteri di scelta del tool di modellizzazione della capacità di adattamento delle NBS sulle industrie.

Come evidenziato nella Figura 26, si tratta di tre ottimi strumenti di supporto alla decisione in materia di valutazione preliminare di misure di adattamento ai cambiamenti climatici di territori e imprese.

UKCIP Adaptation Wizard e Adaptation Support Tool CAST sono due tool molto simili tra loro sia per metodologia impiegata che per tipologia di output forniti. Entrambi inoltre sono stati specificatamente pensati e progettati per un uso da parte delle aziende, con la peculiarità di UKCIP Adaptation Wizard che cerca di avvicinare la pianificazione di piccola scala per le imprese con la pianificazione territoriale a scala maggiore. Il tool ideato da Ukcip tuttavia non ha un modulo specifico per la modellizzazione degli scenari climatici di medio e lungo periodo a differenza invece del tool CAST che ha un modulo molto evoluto legato a questa tipologia di simulazioni.

InVEST invece è uno strumento completamente diverso rispetto ai due precedenti, in quanto si basa su un supporto GIS e elabora scenari basati sulle variazioni nell'utilizzo del suolo. Il tool in sintesi, funziona inputando una carta dell'uso del suolo attuale (stato di fatto), a cui bisogna sovrapporre una carta con l'uso del suolo previsto per il futuro. Il tool analizza le variazioni intercorse e, a secondo del nuovo utilizzo del suolo imputato, calcola il valore ecosistemico di quel cambiamento quantificandolo in termini monetari. Si tratta pertanto di uno strumento molto valido e molto preciso, non a caso sempre più utilizzato a livello internazionale per una valutazione preliminare di investimenti green (Natural Capital Project, 2018). E' uno strumento tuttavia non adatto alle finalità del presente studio, soprattutto in quanto non in grado di quantificare l'esposizione al rischio dei cambiamenti climatici. Si evidenzia tuttavia come InVEST potrebbe essere il tool ideale per continuare il presente lavoro nella fase esecutiva, arrivando cioè ad una individuazione puntuale e precisa di ogni singolo intervento al fine di passare da un approccio statistico come quello usato nel presente studio ad un approccio progettuale basato sulla definizione nei dettagli dei singoli interventi e del loro impatto in termini di utilizzo del suolo.

Per tutte le ragioni sopra sintetizzate, la scelta finale del tool è ricaduta sull'**Adaptation Support Tool CAST** sviluppato nell'ambito del progetto Life IRIS (Improve Resilience of Industry Sector). Il progetto Life IRIS (Improve Resilience of Industry Sector), finanziato dal Programma LIFE 2014-2020, aveva l'obiettivo di sostenere le aziende, soprattutto le PMI, nel diventare più resilienti al cambiamento climatico, individuando

misure specifiche di adattamento. Il progetto, iniziato nel 2015, si è concluso a Marzo 2019. All'intero del progetto, oltre le attività sperimentali condotte in diverse aree di studio (sede di Carlsberg a Induno Olona, aree industriali di Ferrara e Bomporto), è stato sviluppato un web-tool ad uso pubblico per la valutazione delle opzioni di adattamento ai cambiamenti climatici delle imprese denominato CAST.

CAST è stato testato in Emilia-Romagna e in Regione Lombardia durante il progetto LIFE IRIS, in particolare presso varie aziende nella provincia di Modena e Ferrara e da Carlsberg (filiera della birra) in provincia di Varese. Il tool CAST copre 5 eventi meteorologici estremi, 8 categorie di impatto aziendale, 43 diversi profili di sensibilità per settore in linea con gli scenari IPCC e 3 orizzonti temporali. Il tool è stato concepito come uno strumento di screening per aiutare le aziende a valutare la loro vulnerabilità dovuta ai rischi indotti dal cambiamento climatico e consente di identificare le misure di adattamento e valutarne l'efficacia.

Le caratteristiche principali dello strumento che in particolar modo hanno fatto optare per la sua scelta sono legate alla possibilità di valutare con esattezza rischi e vulnerabilità ai cambiamenti climatici, tenendo conto degli eventi meteorologici passati e degli scenari futuri e la possibilità di individuare e valutare le opzioni di adattamento in base alle principali vulnerabilità dell'azienda. Oltre a questo il tool presenta anche i seguenti vantaggi:

- È già stato ampiamente testato nel contesto italiano e nello specifico in quello emiliano romagnolo;
- È già stato utilizzato per diversi casi studio tra cui quello di Bomporto, utilizzato nel presente studio come “caso di controllo” per quello di Ravenna;
- È un tool estremamente flessibile che consente alti livelli di personalizzazione da parte dell'utente (aspetto che è stato molto utilizzato);
- Ideato e testato su Poli industriali;
- Ha alle spalle una solida e certificata metodologia scientifica frutto di numerosi studi sia a livello europeo che nazionale (CDP, Sant'Anna di Pisa, Ministero dell'Ambiente).

Come verrà evidenziato nella Parte III, il tool CAST è stato personalizzato in diversi passaggi operativi e ci si è discostati da alcuni passaggi proposti dal progetto IRIS. Tali discostamenti sono stati documentati nel dettaglio, fornendo le evidenze circa le ragioni e i dettagli di tale scostamento.

3.5 Descrizione ed analisi delle due aree di studio. L'area industriale di Bomporto e l'area industriale del porto di Ravenna

Il presente studio nelle sue attività di modellizzazione e valutazione dell'efficacia di soluzioni NBS nel ridurre il rischio climatico, si è focalizzato su due differenti aree di studio della Regione Emilia-Romagna:

- Area industriale del porto di Ravenna;
- Area industriale di Bomporto, Provincia di Modena.

Le due aree di studio selezionate, risultano essere profondamente diverse per i diversi profili di rischio meteo-climatico a cui sono esposte: Bomporto è particolarmente esposta alle precipitazioni estreme, mentre Ravenna è particolarmente esposta alle ondate di calore (maggiori dettagli sono forniti negli scenari meteo-climatici che seguono). Questa diversa connotazione dei rischi appare di grande interesse per lo studio che si intende portare avanti nel presente lavoro, in quanto consente di testare l'efficacia delle NBS in due contesti diversi e con profili meteo-climatici di rischio profondamente diversi. La scelta è inoltre ricaduta sul caso studio di Bomporto in quanto l'area industriale in questione in parte è già stata analizzata nell'ambito del progetto Life IRIS in cui il tool CAST è stato realizzato e testato. Per questo Bomporto è stato utilizzato anche come "caso studio di controllo" per il caso di Ravenna che invece è stato sviluppato completamente ex novo.

Prima di procedere ad una sintetica analisi delle due aree di studio, una piccola nota metodologica circa il calcolo della distribuzione percentuale delle imprese tra le tre categorie individuate (piccola manifattura, grande manifattura e servizi/uffici). La distribuzione percentuale in questione è stata calcolata usando le informazioni contenute nella **banca dati AIDA**, contenete l'anagrafe di tutte le imprese italiane registrate alle Camere di Commercio. AIDA è la banca dati, realizzata e distribuita da Bureau van Dijk S.p.A., contenente i bilanci, il numero di dipendenti, i codici ATECO, i dati anagrafici e merceologici di tutte le società di capitale italiane attive e fallite (ad esclusione di Banche, Assicurazioni ed Enti pubblici). Aida raccoglie informazioni complete sulle società in Italia, con uno storico fino a dieci anni. Consente di ricercare singole società, società con profili simili e di eseguire analisi dettagliate.

Area industriale di Bomporto

La zona industriale di Bomporto (Figura 27) è localizzata nella parte nord della Provincia di Modena, in adiacenza all'abitato di Bomporto (10.190 abitanti). La zona industriale di Bomporto si trova a 16 km da Modena lungo l'asse viario della strada provinciale SP55 Modena-Ferrara. L'area ha una dimensione complessiva di circa 80 ha ed ospita al suo interno 72 aziende di diverse dimensioni e tipologia. Le aziende insediate si riferiscono prevalentemente al settore manifatturiero (60%), il settore prevalente è la lavorazione meccanica, ma sono presenti anche aziende con attività legate alla lavorazione della carta, ai servizi alle imprese, alla produzione alimentare, ai prefabbricati/costruzioni ed alla attività edilizia.

Gli addetti impiegati e coinvolti nelle lavorazioni sono circa 1.200 unità (valore stimato per effetto della mutevole situazione produttiva). Le dimensioni delle aziende variano sostanzialmente tra di loro con un minimo di capannoni di piccola entità, di circa 1.000 mq per lo più a schiera, stabilimenti industriali di grandi dimensioni di circa 30.000,00 mq.



Figura 27. Veduta aerea della zona industriale di Bomporto, Provincia di Modena. Fonte: Google Maps

L'area industriale è stata riqualificata come Area Produttiva Ecologicamente Attrezzata (APEA) con deliberazione del Consiglio Comunale n. 59 del 27/09/2013. Dal punto di vista della governance, il Comune di Bomporto, a seguito dell'istituzione del comitato di indirizzo dell'APEA, ha nominato il "Consorzio Attività Produttive aree e servizi" (CAP Modena) come soggetto responsabile della gestione dell'area. CAP Modena è "un Consorzio avente per obiettivo il riassetto e lo sviluppo economico del territorio, con particolare riguardo alla crescita equilibrata dei settori produttivi, alla razionalizzazione degli insediamenti attraverso la programmazione e la gestione delle aree produttive, secondo le facoltà previste dall'art. 27 della Legge 865 del 22.10.1971, nonché alla promozione delle iniziative volte a valorizzare il significato sociale del lavoro, nel quadro di un più generale equilibrio economico e territoriale della Provincia". È un Ente Pubblico, dotato di propria personalità giuridica, avente natura istituzionale, per lo svolgimento d'attività non commerciali. I soci attualmente sono i 13 Comuni della provincia di Modena.

Indicatori	Dati per comparto Bomporto
Totale aziende comparto	72
Totale dipendenti comparto	1.200 circa

% Manifatturiero grandi dimensioni (per numero di imprese)	39%
% Manifatturiero piccole dimensioni (per numero di imprese)	40%
% Servizi (per numero di imprese)	21%
Superficie territoriale complessiva dell'ambito (di cui edificata)	807.000 mq circa (511.800 mq circa)
Superficie Strade, Verde e servizi dell'ambito	235.200 mq circa

Figura 28. Riepilogo dei principali indicatori quantitativi e dimensionali relativi all'ara industriale di Bomporto.

Fonte: CAP Modena, 2019

L'ambito industriale in questione risulta di notevole interesse per le finalità del seguente lavoro in quanto è stato colpito in più occasioni da alluvioni ed eventi metereologici estremi che hanno prodotto significativi danni.



Figura 29. Immagine dell'alluvione che ha colpito l'area industriale di Bomporto nel 2014. Fonte: Gazzetta di Modena, 2014

L'area industriale di Bomporto nello specifico è stata colpita da 6 eventi calamitosi negli ultimi cinquanta anni, rispettivamente nel 1960, 1966, 1972, 1973, 2008, 2009 e 2014. In tutti i casi si sono registrati allagamenti e danni per le aziende interessate (Figura 29 e 30).



Figura 30. Immagine dell'alluvione che ha colpito l'area industriale di Bomporto nel 2014. Fonte: Life Iris, 2018

Secondo i dati riportati dal progetto Life IRIS sulla base delle stime effettuate dalle imprese e dal Comune di Bomporto, l'alluvione del gennaio 2014 ha comportato, per la sola area industriale di Bomporto, danni per **10,6 milioni di euro**, suddivisi in 2,9 milioni di euro per il ripristino delle strutture, 3,4 milioni di euro per il ripristino dei macchinari e 4,3 milioni di euro di merci danneggiate. A questi costi sono da aggiungere danni alle opere di urbanizzazione, in primis alla rete del gas, alle reti fognarie e all'impianto di depurazione. Tali danni hanno richiesto interventi straordinari da parte del gestore di tali reti rispettivamente per un valore economico di 23.000, 370.000 e 180.000 euro.

Area industriale del porto di Ravenna

Il Porto di Ravenna rappresenta l'unico porto della Regione Emilia-Romagna. In virtù della sua strategica posizione geografica, il Porto di Ravenna si caratterizza come leader in Italia per gli scambi commerciali con i mercati del Mediterraneo orientale e del Mar Nero. Il Porto di Ravenna è un porto unico nel suo genere in Italia in quanto si configura come un porto canale dalla lunghezza di 14 km (Figura 31). Lungo questi 14 km si alternano ecosistemi molto diversi tra di loro ma profondamente collegati l'uno con l'altro: procedendo in ordine, da Ovest verso Est, si alternano la darsena di città in prossimità del centro storico protetto dall'UNESCO, vaste aree industriali abbandonate con ampie aree verdi da riqualificare, uno dei poli

petrolchimici più grandi di Italia, un Terminal Container tra i più importanti dell'Adriatico, aree umide molto estese che si riallacciano al sistema del Delta del Po e caratterizzate da un'elevata qualità ambientale e per finire il sistema costiero con spiagge dalla forte vocazione turistica ed un Terminal Crociere di primaria importanza con importanti flussi in ingresso.

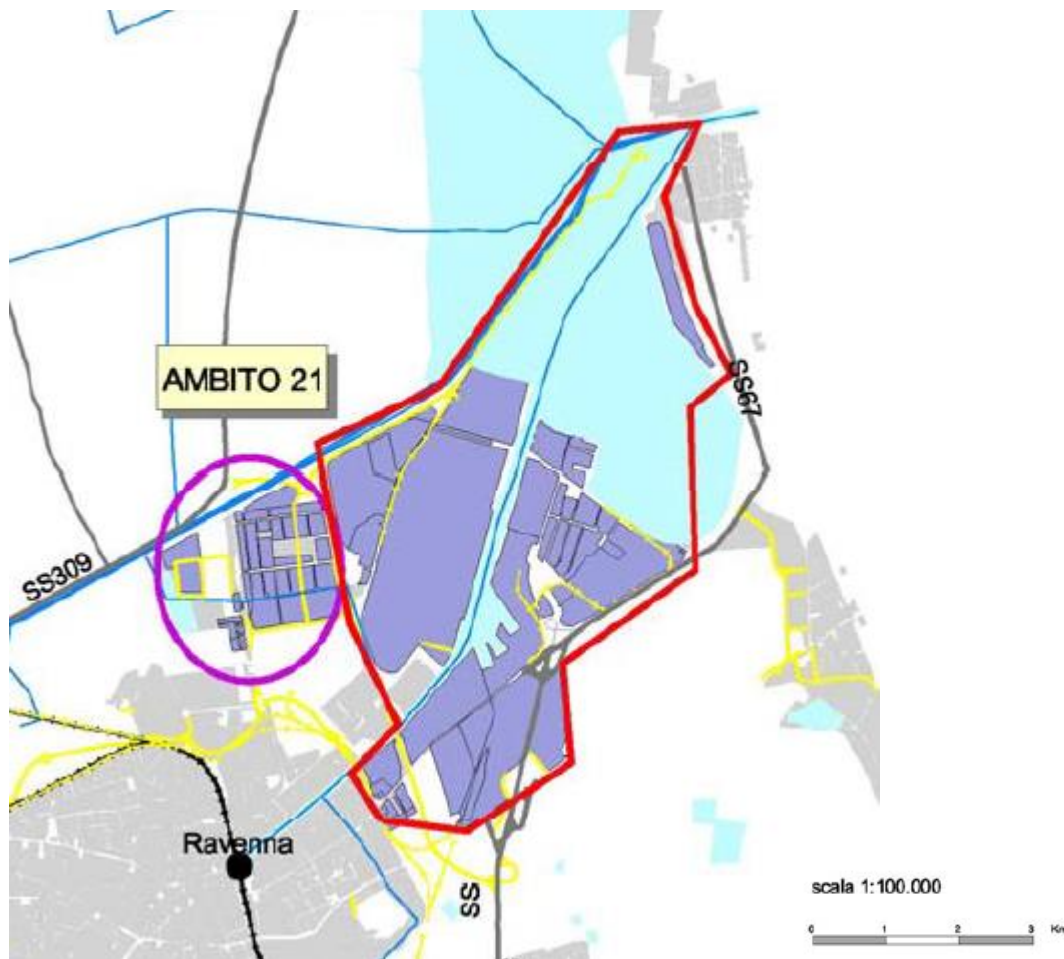


Figura 31. Area industriale del porto di Ravenna così come identificata nel Quadro conoscitivo Ptcp Ravenna.
Fonte: Comune di Ravenna

Relativamente al secondo punto, il porto di Ravenna sarà oggetto nei prossimi 8 anni di importanti lavori di riqualificazione e risanamento ambientale del porto grazie al progetto "Hub portuale" da 250 milioni di euro finanziati dal Governo italiano. Si tratta di investimenti ingenti, a cui si andranno a sommare quelli delle oltre 258 aziende che operano lungo il porto canale, tra cui realtà industriali di primaria importanza come Eni, Marcegaglia e Contship (leader mondiale della movimentazione container). Tutte queste risorse economiche confluiranno in una pluralità di interventi ed azioni che avranno delle profonde ricadute sui sistemi naturali, costieri, urbani e delle aree umide di transizione oltre che sulle pertinenze "verdi" all'interno dei vari compartimenti industriali. Si avranno inoltre anche importanti ricadute in materia di equilibri idrogeologici di questa area già profondamente intaccata dalle attività industriali insediate.



*Figura 32. Veduta aerea del porto Canale di Ravenna e dell'area industriale che insiste sul canale stesso.
Fonte: Comune di Ravenna*

Negli anni sono stati numerosi i problemi idrogeologici dell'area, dovuti in particolar modo all'interruzione degli scambi idrici durante le maree tra l'area del porto canale e le aree umide circostanti. Questa interruzione dei flussi idrici ha comportato un insabbiamento dei fondali e di conseguenza numerosi problemi legati al transito sia delle navi commerciali che turistiche. Problemi che si sono andati accentuando negli ultimi 5 anni fino a portare all'ingente investimento di risorse economiche del progetto Hub portuale.

L'Autorità di sistema portuale del Mare Adriatico Centro-Settentrionale è il soggetto competente sull'area e opera per indirizzare, programmare, coordinare, promuovere e controllare le operazioni portuali e le altre attività commerciali ed industriali esercitate nel porto, amministra i beni del demanio marittimo, provvede al mantenimento dei fondali ed alla realizzazione delle grandi infrastrutture portuali finanziate dallo Stato e garantisce la manutenzione ordinaria e straordinaria delle parti comuni. Tutto il resto è di diretta competenze delle singole aziende che non sono organizzate e coordinate da nessun ente specificatamente proposto a questo scopo.

Indicatori	Dati per comparto Ravenna
Totale aziende comparto	258
Totale dipendenti comparto	15.000 (di cui 6.000 addetti diretti)
% Manifatturiero grandi dimensioni	50%
% Manifatturiero piccole dimensioni	35%
% Servizi	15%
Superficie territoriale complessiva dell'ambito	1.112.000 mq (2.080 ha comprendendo anche gli specchi d'acqua)
Superficie Strade, Verde e servizi dell'ambito	N.D

Figura 33. Riepilogo dei principali indicatori quantitativi e dimensionali relativi all'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Autorità Portuale di Ravenna, 2018. Fonte per quanto riguarda la ripartizione delle aziende Fondazione ITL su dati Aida, 2016.

Non si sono registrati negli ultimi decenni nell'area oggetto di indagine eventi calamitosi legati alle precipitazioni estreme e conseguenti allagamenti. Questo è strettamente legato alla conformazione morfologica dell'area portuale e alla sua vicinanza con vaste aree umide che consentono un rapido deflusso delle acque meteoriche anche in caso di precipitazioni eccezionali. Il porto canale inoltre non è in comunicazione con nessun corso fluviale e questo elimina pertanto potenziali rischi legati ad eventi alluvionali. Le vaste aree cementate ed i grandi piazzali utilizzati per le operazioni portuali e a supporto delle grandi industrie insediate nell'area oggetto di studio, nonché l'alta umidità che caratterizza l'area, rendono invece l'area molto vulnerabile alle ondate di calore (Comune di Ravenna, 2019).

4. Parte III. Definizione ed applicazione di un approccio innovativo per la valutazione e la quantificazione del rischio meteo-climatico e l'effetto di interventi nature-based-solutions. I casi applicativi delle aree industriali di Bomporto e Ravenna.

La parte III vede l'applicazione degli strumenti e delle metodologie individuate in due differenti casi studio: l'area industriale del porto di Ravenna e l'area industriale di Bomporto. Per ciascuno dei due casi studio vengono presentati nei dettagli le basi dati utilizzate, gli assunti teorici e pratici adottati, i risultati di tutte le attività di modellizzazione svolte ed infine le evidenze emerse circa l'efficacia delle NBS nel ridurre i rischi associati ai cambiamenti climatici all'intero delle due aree industriali oggetto dello studio. Questa parte si conclude con un'analisi dei punti di forza e debolezza della metodologia di analisi e di valutazione utilizzata.

4.1 Descrizione pratica della metodologia di studio impiegata. Struttura logica dello strumento di valutazione CAST

Il tool di valutazione CAST utilizzato nel presente studio è stato sviluppato in linea con gli step logici utilizzati dalla maggior parte degli strumenti ad oggi esistenti per supportare i decisori pubblici nelle decisioni in materia di adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti la maggior parte dei tool DSS relativi all'adattamento partono dall'approccio metodologico proposto dal Comitato per l'Adattamento dell'UNFCCC e prevedono il seguente processo logico-concettuale (Magni F., 2019):

- Costruire una base conoscitiva in materia di adattamento;
- Valutare gli impatti dei cambiamenti climatici partendo dal livello macro e arrivando (dove possibile) al livello micro;
- Valutare la vulnerabilità e la relativa capacità di adattamento;
- Individuare le possibili opzioni di adattamento;
- Esecuzione delle misure;
- Monitoraggio e valutazione dell'efficacia delle misure di adattamento.

Il tool CAST ripercorre esattamente questi step logici, ricollegandosi quindi direttamente alla famiglia dei tool per il supporto alla decisione in materia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Si riportano di seguito brevemente gli step logici condotti per arrivare alla quantificazione degli impatti dei cambiamenti climatici all'interno delle due aree di studio e alla valutazione dell'efficacia delle NBS nel ridurre i fattori di rischio:

- **Definizione degli scenari climatici di breve, medio e lungo periodo.** In questa prima fase si è proceduto prima ad un'analisi di dettaglio delle serie storiche dei dati climatici delle due aree oggetto di indagine, in seguito, partendo dalle previsioni a medio e lungo termine dell'IPCC per l'Europa meridionale, si è proceduto a definire gli scenari climatici attesi al 2030 e al 2050 di due particolari eventi meteorologici estremi: ondate di calore e precipitazioni estreme;
- **Definizione della probabilità di accadimento di eventi meteorologici estremi e vulnerabilità delle aree studio ai loro effetti.** Per ciascuna delle aree analizzate, partendo dalle mappe del rischio idrogeologico dell'ISPRA, è stata individuata la frequenza di eventi meteorologici estremi nello scenario di riferimento (2019). Definito lo scenario di riferimento è stata calcolata la probabilità di accadimento di ciascun evento meteorologico estremo considerando solo la probabilità di accadimento di quegli eventi in grado di arrecare danni alle aree oggetto di studio. Questo è stato fatto individuando dei "valori soglia" per precipitazioni (mm/giorno) e ondate di calore (c°) superati i quali si registrano danni per le imprese che si trovano all'interno dello specifico ambito di studio;
- **Definizione della magnitudo dei danni associati al verificarsi di eventi meteorologici estremi.** Partendo dai sette ambiti di danno delle aziende legati ai cambiamenti climatici individuate dal Carbon Disclosure Project (CDP), per ciascun ambito si è calcolata in maniera semi-qualitativa (incrociando ovvero dati di letteratura ed interviste fatte alle aziende stesse) la magnitudo dei potenziali danni associati al verificarsi di un evento meteorologico estremo utilizzando una scala da 1 a 5 (1 magnitudo bassa, 5 magnitudo alta);
- **Quantificazione del livello di rischio meteo-climatico nello scenario di riferimento (2019)** per le diverse tipologie di imprese. Seguendo la formula di calcolo del rischio che è data dal prodotto tra magnitudo e probabilità di un dato evento, si sono andati ad identificare, per ciascuna delle tre macro tipologia di imprese individuate (piccolo manifatturiero, grande manifatturiero e servizi/uffici) i profili di rischio per evento e per specifico ambito di danno di ciascuno dei due casi studio;
- **Modellizzazione della capacità di adattamento delle NBS.** Adottando una metodologia semi-qualitativa basata sui dati e le evidenze della letteratura scientifica, si è modellizzata la capacità di adattamento di tre differenti soluzioni NBS (tetti verdi, pavimentazioni permeabili e aree verdi). Per ciascuna di queste la capacità di adattamento è stata calcolata per singolo ambito di danno utilizzando una scala numerica da 1 a 5 (1 scarsa capacità di adattamento, 5 alta capacità di adattamento);

- **Quantificazione della variazione del rischio nel medio (2030) e lungo periodo (2030)** per singole aziende e aree industriali dopo l'introduzione di misure NBS. Si è infine calcolata la riduzione dei differenti livelli di rischio in seguito alla realizzazione di un mix bilanciato dei tre interventi NBS individuati. Questi nuovi profili di rischio sono stati calcolati prima in riferimento alle singole aziende del campione modellizzate e in seguito, utilizzando un approccio statistico, generalizzati i risultati a livello di intera area industriale.

Nel seguire questi passaggi logici, come verrà puntualmente indicato nei paragrafi successivi, ci si è in parte discostati dalla metodologia utilizzata nell'ambito del progetto Life IRIS. Tale scostamento deriva in primo luogo dal fatto che un tool pensato per valutazioni puntuali su singole aziende è stato utilizzato per condurre delle valutazioni ad una scala territoriale più ampia. Questo ovviamente ha comportato la parziale revisione e/o aggiustamento di alcuni passaggi logici e metodologici utilizzati dal tool CAST.

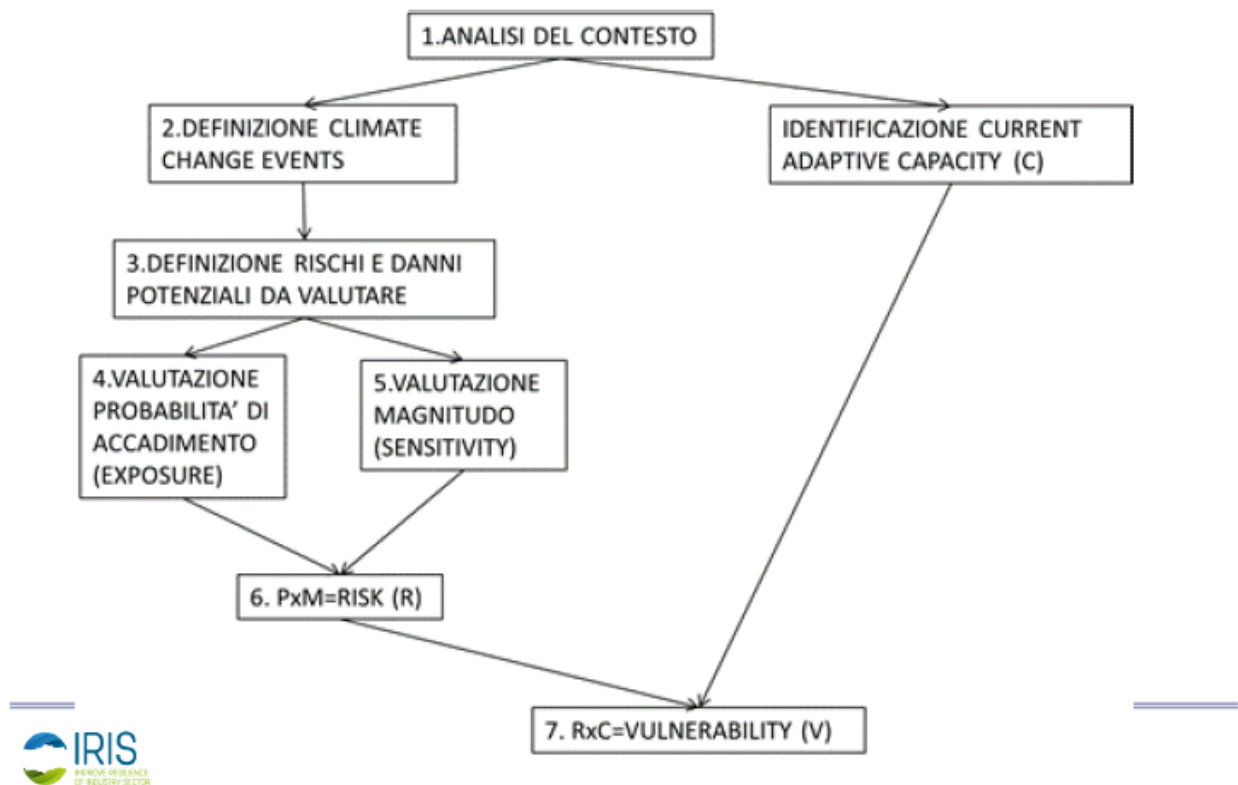


Figura 34. Schema logico e concettuale del percorso di valutazione utilizzato dal tool CAST. Fonte: Life Iris, 2019.

Lo schema sintetizzato nella Figura 34 riassume graficamente gli step logici della metodologia utilizzata dal tool CAST. Appare evidente come ciascun passaggio logico rappresenti un tassello imprescindibile per arrivare al risultato finale. Il raggiungimento del risultato finale richiede pertanto che si dispongano di dati per ciascuna delle fasi previste pena il non poter usare il presente approccio metodologico.

La metodologia utilizzata nel presente studio invece, come è stato sintetizzato nello schema sottostante (Figura 35) e nel box riepilogativo che segue, dal punto di vista metodologico non si discosta di molto da quella sviluppata nel progetto Life IRIS.

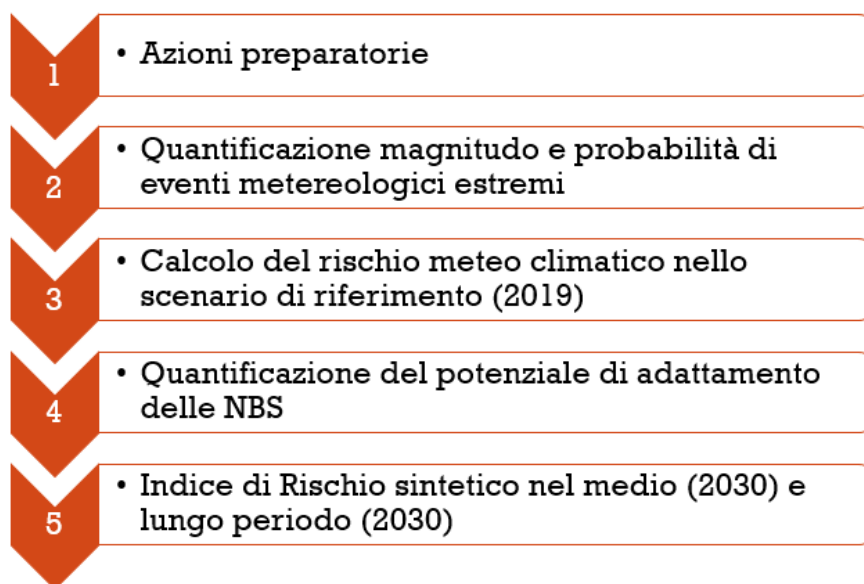


Figura 35. Schema logico e concettuale del percorso di valutazione utilizzato nello studio condotto. Fonte: Elaborazione propria.

Sintesi dell’approccio utilizzato nel presente studio per la valutazione e la quantificazione del rischio meteo-climatico e l’effetto in termini di riduzione del rischio di interventi NBS

1. Azioni preparatorie
 - Analisi e definizione dei due contesti di studio
 - Calibrazione del tool di valutazione (CAST)
 - Definizione ambiti aziendali di impatto delle ondate di calore e degli eventi metereologici estremi
2. Quantificazione della magnitudo e della probabilità di accadimento di eventi metereologici estremi nei contesti di studio
 - Definizione degli scenari climatici di breve, medio e lungo periodo (2019, 2030 e 2050)
 - Probabilità di accadimento di eventi metereologici estremi (valori soglia definiti sulla base delle vulnerabilità specifiche delle aree di studio)
 - Magnitudo dei danni associati al verificarsi di eventi metereologici estremi (calcolate su sette differenti “ambiti di danno” aziendali)
3. Calcolo del rischio meteo climatico nello scenario di riferimento (2019)
 - $R=P \times M$
4. Quantificazione del potenziale di adattamento delle NBS
5. Quantificazione della variazione del rischio meteo-climatico nel medio (2030) e lungo periodo (2030) dopo l’introduzione di misure NBS nei contesti di studio
 - Quantificazione del rischio per le singole categorie aziendali con e senza NBS
 - Generalizzazione statistica (dalla singola azienda all’intero comparto industriale)
 - Quantificazione del rischio per l’intero comparto industriale con e senza NBS (Indice sintetico di rischio meteo-climatico)

4.2 Modellizzazione degli scenari meteo-climatici al 2020, al 2030 e al 2050 in Emilia-Romagna e nelle due aree di studio. Dai dati climatici globali dell'IPCC alle simulazioni climatiche a livello locale

Le serie storiche utilizzate per la costruzione/modellizzazione degli scenari meteo climatici di riferimento in Emilia-Romagna sono stati costruiti partendo dal database dei dati climatici storici di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e delle rilevazioni puntuali fatte nel corso dei decenni utilizzando le varie stazioni metereologiche locali. Per entrambe le aree di indagine del presente studio sono stati selezionati i dati della stazione meteorologica più vicina al sito oggetto di analisi.

Per quanto riguarda invece gli scenari simulati, le informazioni sulla probabilità di accadimento negli scenari di medio (2030) e lungo periodo (2050) degli eventi metereologici estremi e della loro intensità sono state ricavate utilizzando il modello CAST sulla base degli scenari climatici elaborati dall'IPCC.

Nello specifico, i dati meteorologici necessari per costruire lo scenario di riferimento e lo scenario meteo-climatico al 2030 e al 2050 sono stati ricavati da differenti banche dati climatiche e metereologiche disponibili a livello nazionale e che a loro volta tengono in considerazione i dati climatici elaborati a livello internazionale ed europeo.

Per quanto riguarda i dati climatici nei vari scenari sono stati utilizzati due database differenti, uno per i dati storici rilevati dalle stazioni meteorologiche del **database ISPRA** ed uno che contiene i risultati dei **modelli previsionali IPCC** con l'andamento futuro dei valori dei parametri meteorologici.

I dati meteorologici storici sono stati reperiti utilizzando il database online dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) disponibile sul **portale SCIA** (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatici di Interesse Ambientale). I dati sono disponibili per il periodo temporale 1860-2005 e sono state analizzate le stazioni che, per ciascun parametro, presentano almeno 30 anni di dati, anche non consecutivi. Tra le stazioni presenti su portale SCIA, sono state selezionate le stazioni che, per ogni parametro, risultano avere negli ultimi 30 anni una completezza di dati maggiore del 50%.

I dati previsionali nel medio e lungo periodo dei parametri meteorologici di interesse sono invece stati ricavati dal portale del **KNMI Climate Explorer**. Tale portale permette di accedere ai dati climatici del report IPCC WG1 AR5 (Intergovernmental Panel on Climate Change – Work Group – Assessment Report 5), elaborato nel 2014 dall'IPCC. La scelta dello scenario è ricaduta sullo **scenario RCP4.5**, ovvero lo scenario di emissione media in cui la concentrazione di CO₂, dopo una crescita, si stabilizza nel 2060. Questo scenario è ritenuto

verosimile anche alla luce degli accordi internazionali ratificati negli ultimi anni tra cui gli Accordi di Parigi del 2015 e la COP 22 a Marrakech del 2016.

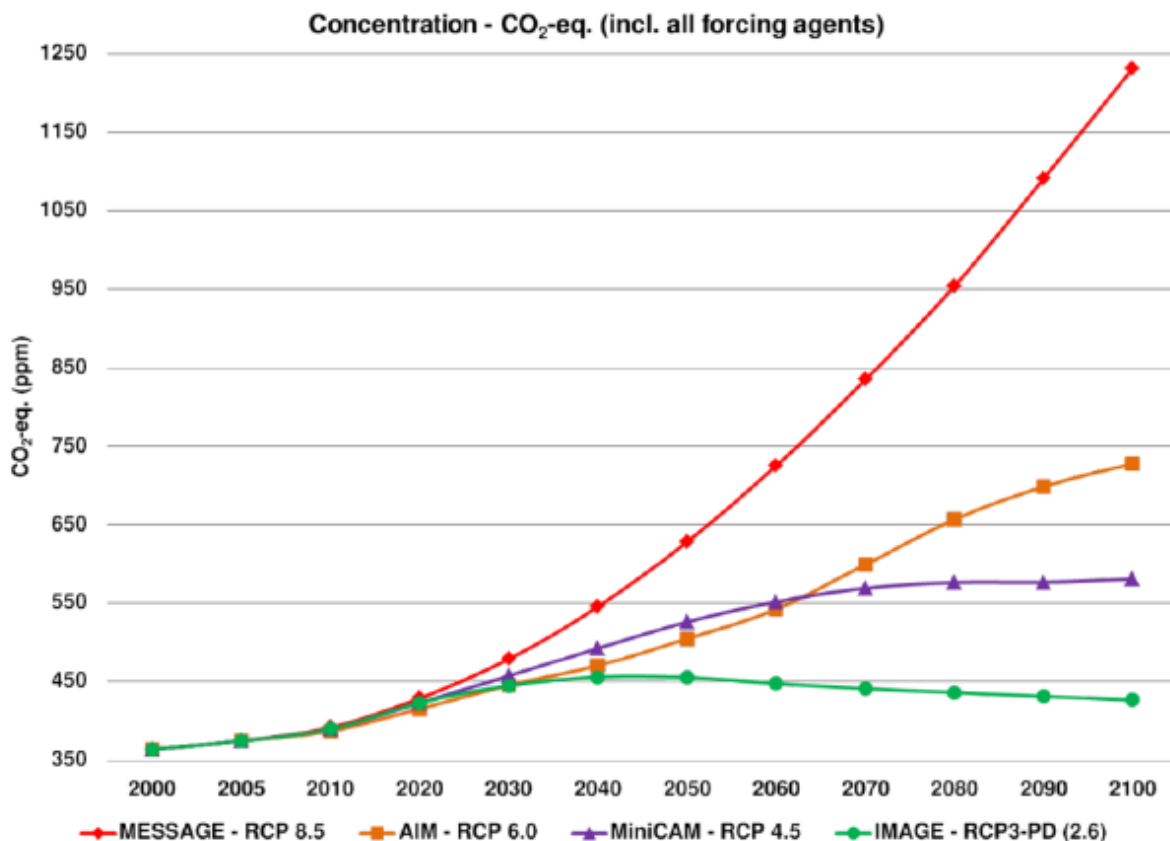


Figura 36. Riepilogo dei differenti scenari emissivi IPCC a lungo termine (al 2050 e al 2100). Fonte: IPCC, 2015

All'interno del tool CAST è stato sviluppato un algoritmo per ricercare la stazione meteorologica di riferimento per ogni sito industriale inserito nell'applicativo. Tale algoritmo ricerca, per ogni parametro meteorologico, la stazione più prossima alla localizzazione del sito analizzato entro un raggio di 200 km. Da questo calcolo vengono escluse le stazioni che presentano una differenza di quota rispetto al sito produttivo maggiore di 300 m in quanto, oltre tale dislivello, non si ritiene il dato rappresentativo. La quota di ciascun sito analizzato è stata ricavata utilizzando i dati altimetrici disponibili su Google Maps.

4.2.1 Scenari meteo-climatici nello scenario di riferimento (2019) e di medio (2030) e lungo periodo (2050) per l'area industriale di Bomporto

Nel presente paragrafo si riportano sinteticamente i risultati delle operazioni preliminari di modellizzazione dei differenti scenari meteo climatici nell'area studio di Bomporto costruiti grazie all'algoritmo di analisi e previsione contenuto all'interno del tool CAST. Come evidenziato nell'introduzione della presente ricerca, ci

si è soffermati sull'analisi dei fenomeni di aumento delle temperature ed aumento delle precipitazioni estreme.

Per quanto riguarda l'andamento delle temperature massime nell'area studio di Bomporto, si evidenzia come già nel periodo 1960-2000 si sia registrato un tendenziale aumento delle temperature massime. Il trend delle temperature massime costruito a partire dai dati ISPRA mostra come l'aumento delle temperature massime sia stata in media di circa 2 °C nel periodo 1960-2000 (Figura 37).



Figura 37. Andamento delle temperature massime nell'area studio dell'area industriale di Bomporto nel periodo 1950 – 2000. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.

Lo scenario al 2080 sotto riportato (Figura 38), calcolato per l'area studio di Bomporto a partire dagli scenari climatici elaborati dall'IPCC, mostra come le temperature massime siano destinate a crescere ulteriormente sia nel medio che nel lungo periodo, con un aumento percentuale al 2080, rispetto all'anno di riferimento 2006, di oltre il **2%**. Tale aumento percentuale si traduce in una crescita delle temperature medie di poco meno di **2° C** rispetto al 2006. I dati meteo-climatici qui presentati mostrano pertanto come il fenomeno delle **ondate di calore** nell'area studio dell'area industriale di Bomporto rappresenteranno sempre più una minaccia.

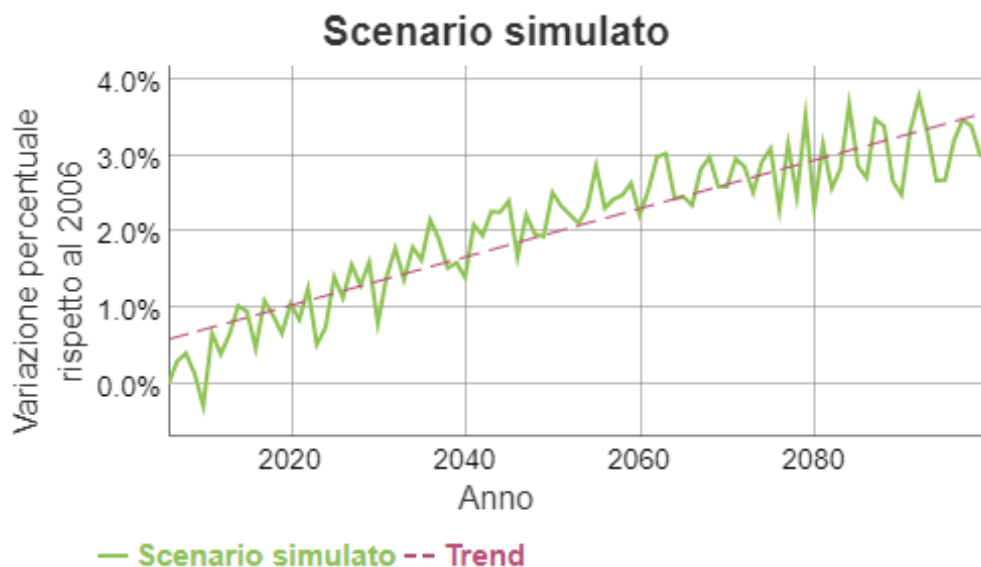


Figura 38. Scenario simulato di variazione percentuale delle temperature massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale di Bomporto. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.

Per quanto riguarda invece le precipitazioni estreme, l'immagine sottostante (Figura 39) mostra come l'area di studio sia già interessata da fenomeni di precipitazioni estreme che si sono ripetute con una certa frequenza nel periodo 1960-2000. Del resto basta consultare gli archivi di cronaca per rendersi conto dei numerosi eventi alluvionali eccezionali che hanno in più occasioni comportato danni rilevanti alle aziende insediate all'interno dell'area di studio.



Figura 39. Precipitazione massima giornaliera in mm dal 1960 al 1990 nell'area studio dell'area industriale di Bomporto. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.

Gli scenari meteo climatici di medio e lungo periodo mostrano come gli eventi metereologici estremi siano destinati a crescere nel corso dei prossimi decenni, con un aumento percentuale che si aggira attorno al **3%** (Figura 40). Si tratta di un significativo aumento del rischio legato a fenomeni metereologici estremi e che andranno a peggiorare un livello di pericolosità dell'area già piuttosto elevato.

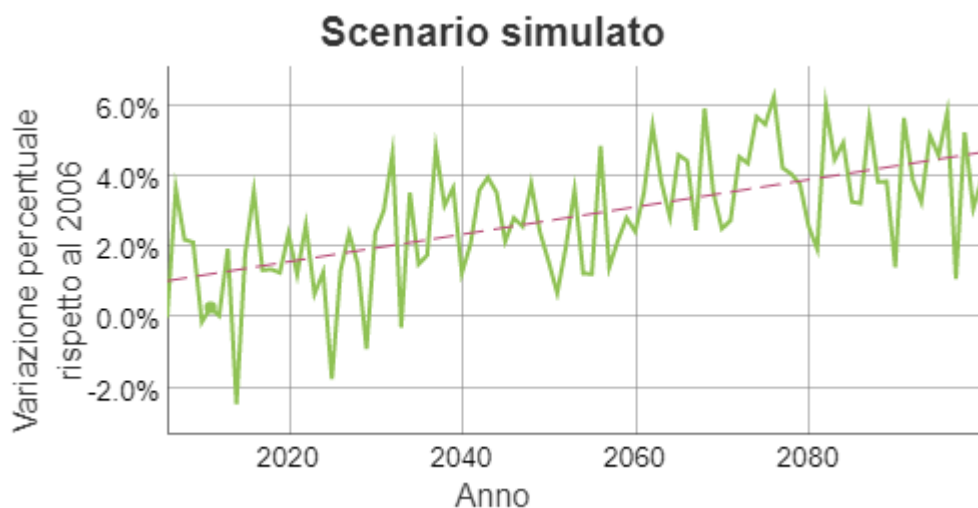


Figura 40. Scenario simulato di variazione percentuale delle precipitazioni massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale di Bomporto. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.

Gli scenari meteo-climatici a breve, medio e lungo periodo mostrano come gli effetti dei cambiamenti climatici a scala locale andranno a manifestarsi con sempre maggiore evidenza nell'area studio di Bomporto. Gli scenari climatici di medio e lungo periodo sono stati impostati utilizzando gli scenari IPCC più cautelativi e che prevedono che nei prossimi anni verranno assunti a livello globale scelte politiche in grado di ridurre le emissioni di CO₂. Se questo non dovesse avvenire pertanto gli impatti climatici locali potrebbero essere più elevati e i danni potenziali di entità superiore rispetto a quanto simulato nel presente paragrafo.

4.2.2 Scenari meteo-climatici nello scenario di riferimento (2019) e di medio (2030) e lungo periodo (2050) per l'area industriale del porto di Ravenna

Nel presente paragrafo si riportano sinteticamente i risultati delle operazioni preliminari di modellizzazione dei differenti scenari meteo climatici nell'area studio di Ravenna costruiti grazie all'algoritmo di analisi e previsione contenuto all'interno del tool CAST. Come evidenziato nell'introduzione della presente ricerca, ci

si è soffermati sull'analisi dei fenomeni di aumento delle temperature e aumento delle precipitazioni estreme.

Per quanto riguarda l'andamento delle temperature massime nell'area studio di Ravenna, si evidenzia come già nel periodo 1960-2000 si sia registrato un tendenziale aumento delle temperature massime (Figura 41). Il trend delle temperature massime costruito a partire dai dati ISPRA mostra come l'aumento delle temperature massime sia stata in media di circa 3 C°.



Figura 41. Andamento delle temperature massime nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna nel periodo 1950 – 2000. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.

Lo scenario al 2080 sotto riportato (Figura 42), calcolato per l'area studio di Ravenna a partire dagli scenari climatici elaborati dall'IPCC, mostra come le temperature massime siano destinate a crescere ulteriormente sia nel medio che nel lungo periodo, con un aumento percentuale al 2080, rispetto all'anno di riferimento 2006, di oltre il **3%**. Tale aumento percentuale si traduce in aumento di poco meno di **2° C** rispetto al 2006.

I dati meteo-climatici qui presentati mostrano pertanto come il fenomeno delle **ondate di calore** nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna rappresenteranno sempre più una minaccia ed il maggior fattore di rischio climatico per l'area di studio.

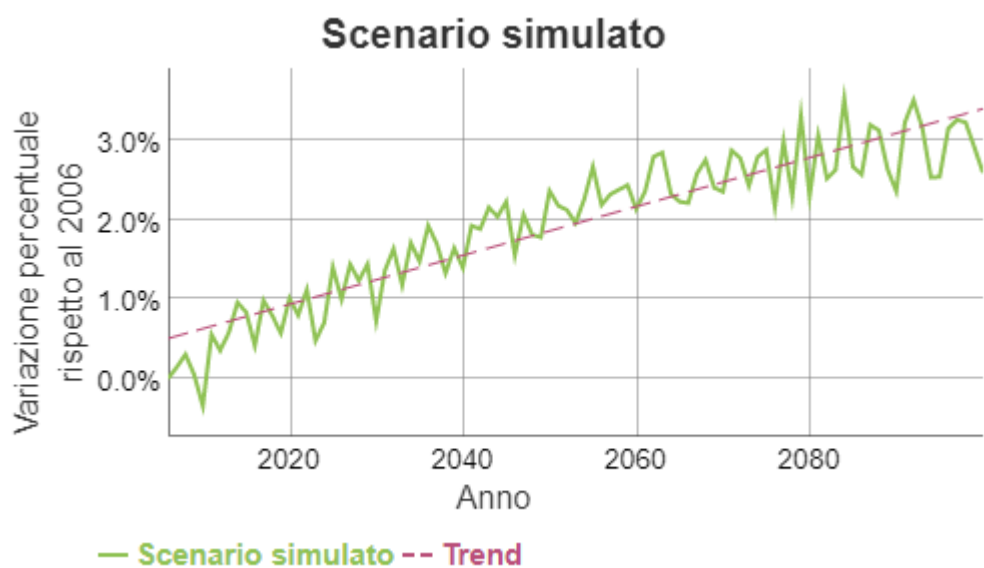


Figura 42. Scenario simulato di variazione percentuale delle temperature massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.

Per quanto riguarda invece le precipitazioni estreme, l'immagine sottostante (Figura 43) mostra come l'area di studio non ha subito di fatto un aumento significativo delle precipitazioni massime giornaliere (mm/giorno) nel periodo di riferimento ma si registrano comunque diversi picchi di intensità. L'area in questione tuttavia, soprattutto a causa della sua conformazione morfologica e dell'assenza di corsi d'acqua, non ha subito in tempi recenti danni rilevanti ad imprese o persone associati ad eventi metereologici estremi.



Figura 43. Precipitazione massima giornaliera in mm dal 1960 al 1990 nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici ISPRA.

Gli scenari meteo climatici di medio e lungo periodo mostrano tuttavia come gli eventi meteorologici estremi siano destinati a crescere nel corso dei prossimi decenni, con un aumento percentuale non trascurabile che si aggira attorno al **4%** (Figura 44). Si tratta di un significativo aumento del rischio legato a fenomeni meteorologici estremi anche se, come verrà mostrato in seguito, l'area oggetto di indagine non appare essere particolarmente esposta neppure ai valori presentati in questi scenari climatici di medio e lungo periodo.

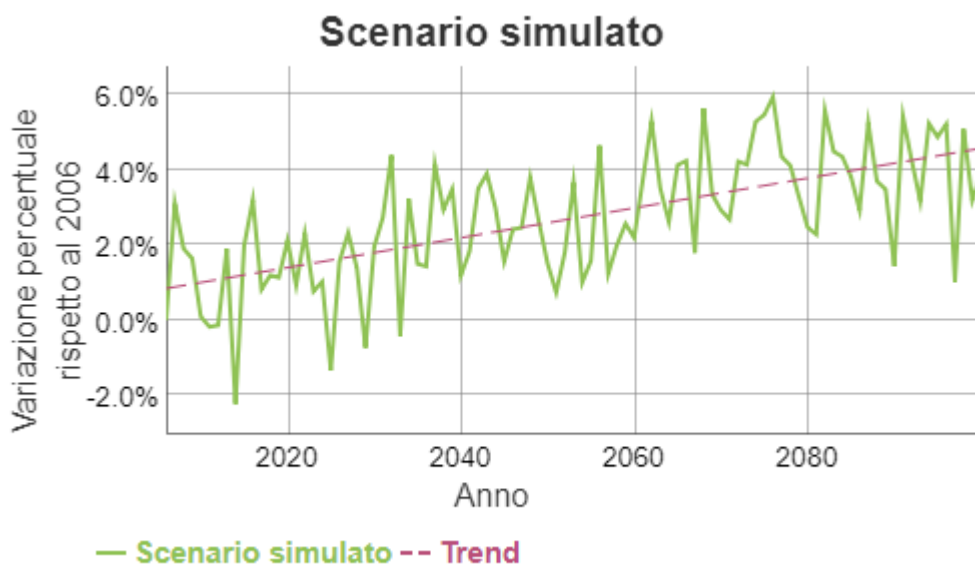


Figura 44. Scenario simulato di variazione percentuale delle precipitazioni massime nel periodo 2020-2080 nell'area studio dell'area industriale del porto di Ravenna. Fonte: Scenari costruiti dal tool CAST sulla base degli scenari climatici IPCC.

Come nel caso di Bomporto, gli scenari meteo-climatici a breve, medio e lungo periodo mostrano come gli effetti dei cambiamenti climatici a scala locale andranno a manifestarsi con sempre maggiore evidenza. Gli scenari climatici di medio e lungo periodo sono stati impostati utilizzando gli scenari IPCC più cautelativi e che prevedono che nei prossimi anni verranno assunti a livello globali scelte politiche in grado di ridurre le emissioni di CO₂. Se questo non dovesse avvenire pertanto gli impatti climatici locali sarebbero significativamente più elevati e i danni potenziali di entità molto superiore.

4.3 Metodologia per il calcolo della probabilità di accadimento degli eventi meteo-climatici estremi all'interno delle aree di studio e del grado di vulnerabilità dei casi studio

La **probabilità di accadimento** di uno specifico evento meteorologico estremo all'interno delle aree di studio è stato modellizzato come la percentuale di rischio che sia raggiunto un livello potenziale di danno. Il rischio

è un concetto probabilistico, è la probabilità che accada un certo evento capace di causare un danno alle imprese e alle persone. La nozione di rischio implica l'esistenza di una sorgente di pericolo e della possibilità che essa si trasformi in un danno. Data la metodologia di analisi utilizzata nel presente studio, in questo paragrafo si è calcolato per i diversi scenari il primo “fattore” della formula matematica con cui si calcola il rischio.

Il tool CAST, a partire dai dati climatici delle serie storiche lunghe più di 30 anni per le stazioni metereologiche di interesse per il presente studio, ha generato delle curve gaussiane (con media e deviazione standard della serie storica specifica) che di fatto approssimano la probabilità di accadimento di un dato fenomeno meteorologico nei tre differenti scenari oggetti di indagine: scenario di riferimento, scenario al 2030 e scenario al 2050. Tali curve gaussiane come approssimazione dell'andamento nel tempo dei fattori di rischio meteo-climatici vengono ampiamente utilizzate in tutta la principale letteratura scientifica sul tema (Risky Business, 2014).

L'utilità delle curve gaussiane come approssimazione della distribuzione della probabilità reale di accadimento di un dato fenomeno meteo-climatico è ampiamente utilizzato in letteratura per mostrare come gli effetti dei cambiamenti climatici stiano portando ad un graduale aumento della frequenza di accadimento di eventi metereologici estremi (Risky Business, 2014). Come evidenziato nella Figura 45, la frequenza di accadimento di eventi estremi sta gradualmente crescendo, andando di fatto a spostare quella che può essere definita come la normalità climatica.

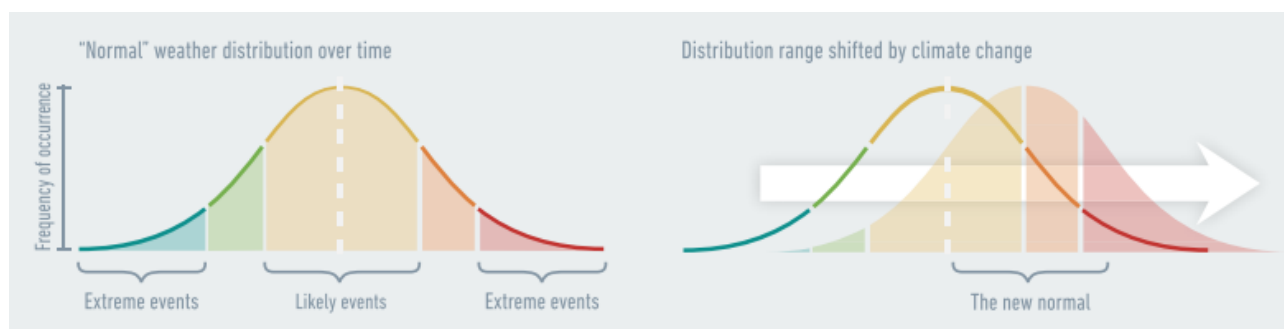


Figura 45. Curve gaussiane per la rappresentazione statistica della frequenza di accadimento di un determinato fenomeno meteo climatico. A causa dei cambiamenti climatici in atto, i punti di equilibri di tali curve si stanno significativamente modificando. Fonte: Risky Business, 2014.

Per calcolare le gaussiane dello Scenario 2030 e dello Scenario 2050, il tool CAST “ha analizzato i rapporti tra media e varianza dello Scenario 2030 e 2050 rispetto alla media e varianza dello stesso parametro e della stessa stazione per i dati IPCC (dati previsionali) per gli anni 1860-2005 (scenario storico IPCC). Si è poi riproporzionato il valore di media e varianza della gaussiana calcolata sui dati reali della stazione meteo, per ottenere la gaussiana per ciascun scenario futuro” (IRIS, 2018).

$$\mu_{\text{scenario 2030 CAST}} = \mu_{\text{dati storici}} * \frac{\mu_{\text{scenario 2030 IPCC}}}{\mu_{\text{scenario storico IPCC}}}$$

$$\mu_{\text{scenario 2050 CAST}} = \mu_{\text{dati storici}} * \frac{\mu_{\text{scenario storico IPCC}}}{\mu_{\text{scenario 2050 IPCC}}}$$

$$\sigma_{\text{scenario 2030 CAST}} = \sigma_{\text{dati storici}} * \frac{\sigma_{\text{scenario 2030 IPCC}}}{\sigma_{\text{scenario storico IPCC}}}$$

$$\sigma_{\text{scenario 2050 CAST}} = \sigma_{\text{dati storici}} * \frac{\sigma_{\text{scenario 2050 IPCC}}}{\sigma_{\text{scenario storico IPCC}}}$$

Figura 46. Formule utilizzate dal tool CAST per ottenere la gaussiana per i due scenari futuri al 2030 e al 2050. μ e σ sono la media e la varianza della distribuzione gaussiana. Fonte: Life IRIS, 2018.

Definite le gaussiane per ciascuna delle aree di indagine e per ciascuno dei tre differenti scenari, si è proceduto alla individuazione del cosiddetto “valore soglia”. Il valore soglia esprime la soglia oltre la quale un evento meteorologico estremo è in grado di arrecare danno. Esso è espresso in mm/giorno per le precipitazioni estreme e in c° per le ondate di calore. Le probabilità di accadimento dei fenomeni meteorologici estremi connessi ai cambiamenti climatici sono state calcolate considerando quale sarà l’aumento percentuale di eventi meteorologici che superano le soglie individuate per ciascuna delle due aree di studio. Il valore soglia pertanto, rappresenta all’interno del tool CAST la modalità con cui viene espressa la vulnerabilità di una data area a quello specifico evento meteorologico. Date queste premesse, appare evidente la cautela e l’attenzione con cui tali valori devono essere individuati.

Valore soglia. Il valore soglia esprime la soglia oltre la quale un evento meteorologico estremo è in grado di arrecare danno. Esso è espresso in mm/giorno per le precipitazioni estreme e in c° per le ondate di calore. Tale valore consente di definire il grado di vulnerabilità di una data area ad uno specifico evento meteorologico.

Per la definizione del valore soglia il tool CAST definisce come ondata di calore “un evento della durata di almeno 6 giorni consecutivi nei quali la temperatura massima è superiore al 90° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere nello stesso periodo dell’anno sul trentennio climatologico” (IRIS, 2018). Tale definizione fa riferimento al Warm Spell Duration Index (WSDI).

Per la definizione del valore soglia per quanto riguarda le ondate di calore sono stati utilizzati una pluralità di dati ed evidenze ricavate dalla principale letteratura scientifica sul tema. In primo luogo sono stati ricostruiti i valori medi delle temperature massime estive dell’Emilia-Romagna nel periodo 1991-2015 (Figura 47). Tale valore consente di individuare il valore medio al di sopra del quale andrà impostato il valore soglia oltre il

quale un dato fenomeno viene considerato estremo e quindi con un potenziale di danno per le attività industriali insediate.

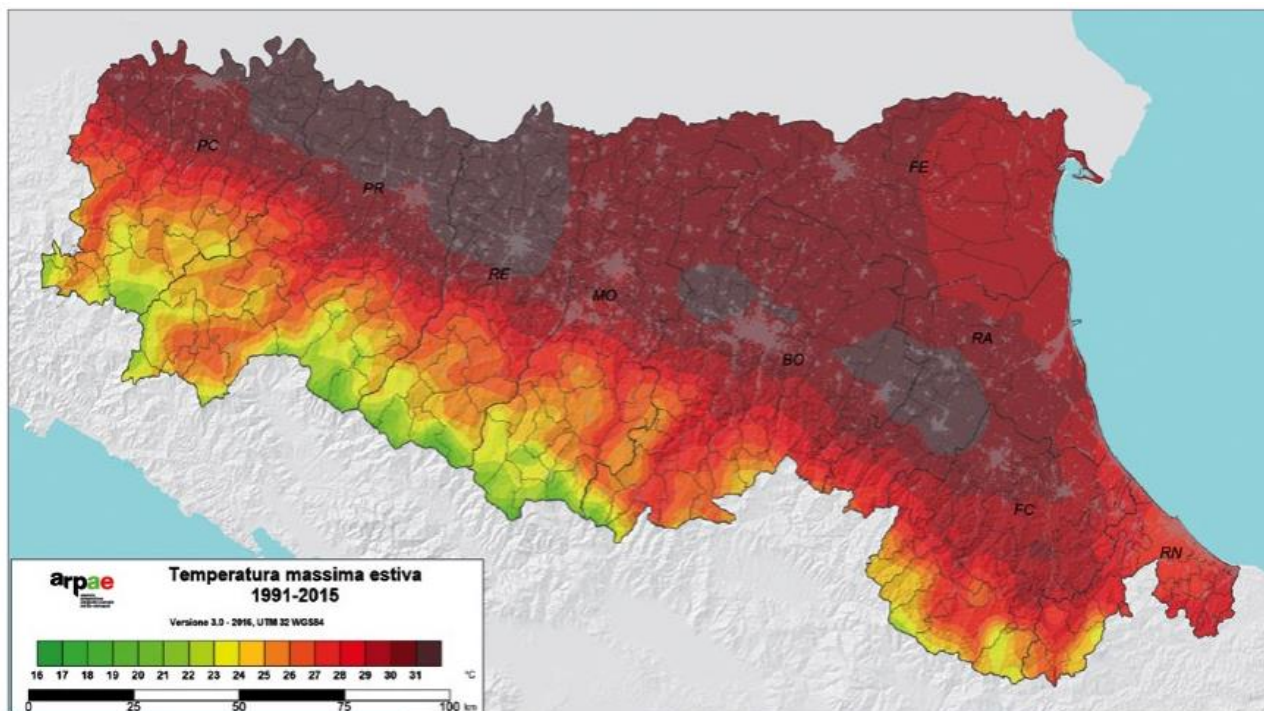


Figura 47. Valori medi delle temperature massime estive dell'Emilia-Romagna nel periodo recente 1991-2015.
Fonte: Arpa Emilia-Romagna, 2017

Dato il focus del presente studio sulle aree industriali e nello specifico sugli impatti dei fenomeni meteorologici estremi sulla capacità delle aziende di mantenere il loro livello e capacità di produzione, nella definizione dei valori soglia si è preso in considerazione il potenziale impatto delle ondate di calore e dei fenomeni meteorologici estremi su industrie ed uffici.

Esistono diversi indici che eseguono una determinazione semplificata delle condizioni di comfort/stress termico all'interno dei luoghi di lavoro approssimando la percezione del caldo/freddo come funzione di due sole quantità, ovvero temperatura e umidità (INAIL, 2018). L'indice di questo tipo maggiormente utilizzato, è l'**Heat Index**. Questo indice è stato definito da Stedman nel 1979 (Figura 48). Senza entrare nelle tecniche del calcolo di questo indice, il vantaggio di questa metodologia è che consente di calcolare, data la temperatura e il grado di umidità dell'aria, la cosiddetta area di non comfort termico, ovvero le situazioni in cui le persone percepiscono situazioni di disagio che possono limitare/ridurre le loro capacità di lavoro e/o di concentrazione.

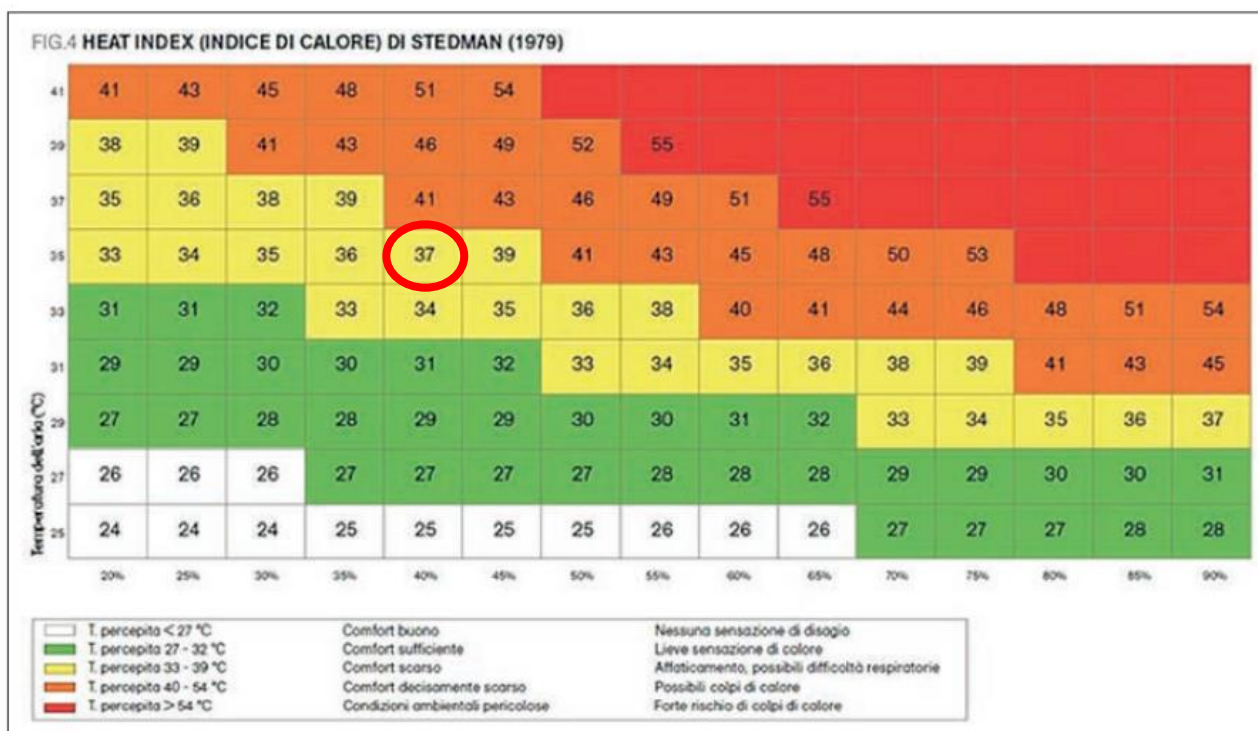


Figura 48. Indice di calore di Stedman utilizzato per la definizione dei valori soglia all'interno del modello CAST. Fonte: INAIL, 2018.

Per quanto riguarda l'area dell'Europa meridionale in generale, il valore oltre il quale si entra in una condizione di non confort termico per i lavoratori è 37°C (INAIL, 2018). Per questo motivo il valore soglia individuato per entrambe le aree di studio è **37°C**. Si è utilizzato lo stesso valore soglia per entrambe le aree di studio in quanto molto simili sono le situazioni di umidità e di andamento delle temperature massime estive.

La stessa metodologia è stata utilizzata anche per il calcolo delle precipitazioni estreme definite come il "95° percentile della distribuzione delle precipitazioni massime giornaliere registrate nella stazione di riferimento negli ultimi 30 anni" (IRIS, 2018). A Ravenna le precipitazioni medie annuali nel periodo 1961-1990 sono state 645mm, nel periodo 1991- 2015 sono state 696mm. A Bomperto le precipitazioni medie annuali nel periodo 1961-1990 sono state 656mm, nel periodo 1991- 2015 sono state 637mm.

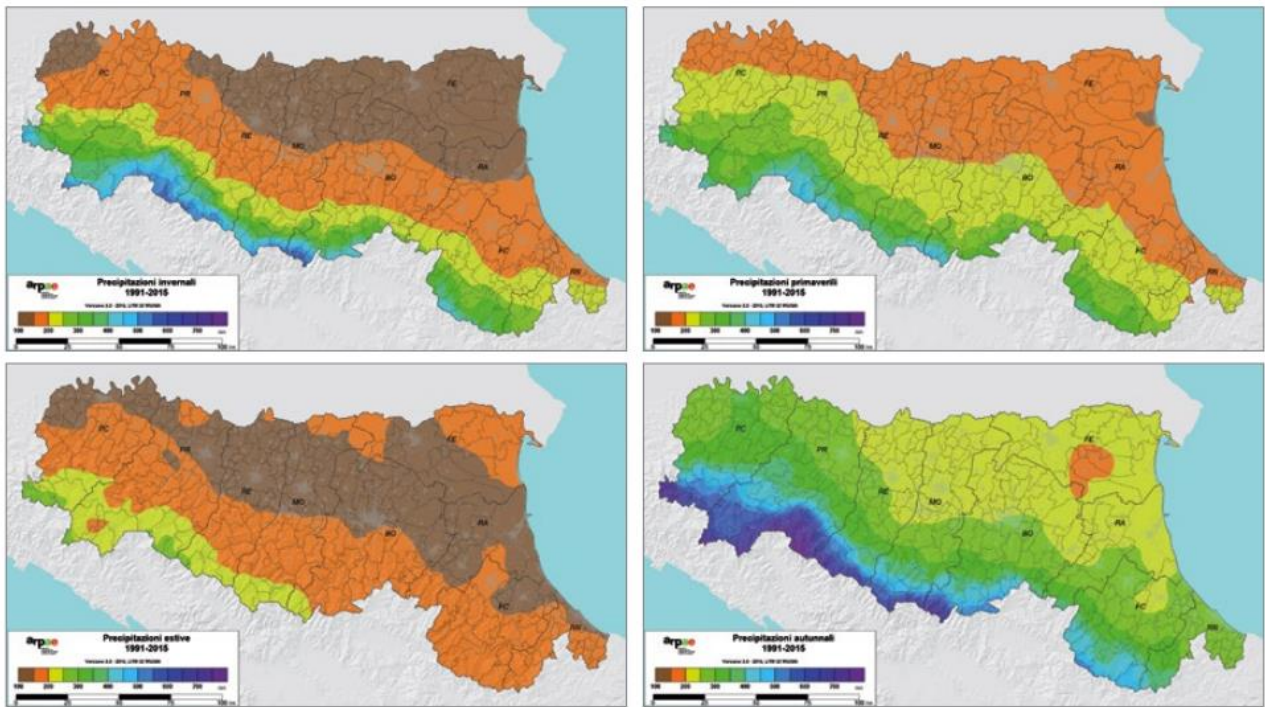


Figura 49. Valori medi delle precipitazioni stagionali in Emilia-Romagna nel periodo recente 1991-2015. Fonte: Arpa Emilia-Romagna, 2017.

In questo caso, a differenza delle temperature estreme, i valori soglia sono stati calcolati separatamente per i due casi studio in quanto differenti sono i contesti territoriali a cui si fa riferimento. Nel caso di Ravenna infatti si è in presenza di un'area portuale circondata da ampie aree umide, in grado quindi di convogliare rapidamente lontano dalle aree industriali oggetto di indagine anche grandi quantità di acqua collegate ad eventi meteorologici estremi. Contesto territoriale completamente diverso invece per Bomporto, che si trova invece in un'area pianeggiante e altimetricamente depressa, in prossimità di un fiume e quindi con una limitata capacità di evacuazione rapida delle acque meteorologiche dall'area industriale oggetto dello studio. Per queste differenti conformazioni territoriali, i valori soglia per le precipitazioni estreme prescelti, sono differenti tanto per valore che per metodologia impiegata per la loro definizione.

Per quanto riguarda l'area studio di Bomporto, il valore soglia individuato per le precipitazioni estreme è **60 mm/giorno** (precipitazione massima giornaliera). Questo valore è stato ricavato analizzando i valori delle precipitazioni che hanno provocato esondazioni e danni nell'area oggetto di studio negli ultimi cinquanta anni. Tali valori sono anche stati utilizzati nelle elaborazioni condotte sull'area dal progetto Life Iris.

Per quanto riguarda l'area studio di Ravenna invece, il valore soglia individuato per le precipitazioni estreme è **101 mm/giorno** (precipitazione massima giornaliera). Questo valore è stato ricavato analizzando i valori delle precipitazioni che hanno provocato esondazioni e danni nell'area oggetto di studio negli ultimi cinquanta anni.

4.4 Calcolo della probabilità di accadimento dei fenomeni meteorologici estremi all'interno delle aree di studio nei differenti scenari di studio e in relazione al valore soglia

Definiti i valori soglia come sopra riportato, si è proceduto a calcolare, per entrambi i casi studio e per ciascuno dei due eventi meteorologici estremi considerati, la probabilità di accadimento di questi eventi meteorologici estremi nei tre differenti scenari temporali di riferimento.

Al fine di calcolare le probabilità di accadimento dei due differenti eventi meteorologici estremi nei tre scenari di riferimento, il tool CAST consente di prendere in considerazione anche i dati di probabilità ricavabili delle mappe di rischio elaborate dall'ISPRA. Le mappe del rischio dell'ISPRA prese come riferimento, sono quelle sulla pericolosità idraulica dell'intero territorio nazionale come aggiornate nel 2017 nella nuova Mosaicatura nazionale (versione 4.0 del dicembre 2017) delle aree a pericolosità idraulica, perimetrata dalle Autorità di Bacino Distrettuali. La mosaicatura è stata realizzata secondo i tre scenari di pericolosità del D. Lgs. 49/2010:

- **Pericolosità elevata (P3)**, con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (alluvioni frequenti);
- **Pericolosità media (P2)**, con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti);
- **Pericolosità bassa (P1)**, con tempo di ritorno superiore ai 200 anni (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi).

La Regione Emilia-Romagna, come evidenziato nella carta sottostante (Figura 50) elaborata dall'ISPRA, ha oltre il 45,7% della superficie regionale (pari a 10.252,5 km²) che ricade all'interno di aree a pericolosità idraulica media P2 (ISPRA, 2018).



Figura 50. Aree a pericolosità idraulica media P2 a livello nazionale. Appare evidente come l'area oggetto di studio ricada ampiamente all'interno di questa area (ISPRA, 2018).

Il Geoportale dell'ISPRA (servizi WMS) consente inoltre di accedere anche al livello di dettaglio delle mappe della pericolosità idraulica in Italia. Le mappe di dettaglio mostrano come nel caso dell'area studio del porto industriale di Ravenna (Figura 51), non esiste nessun tipo di pericolosità idraulica, a conferma di quanto riportato nel paragrafo precedente.



Figura 51. Ravenna. Estratto dalla mappa di rischio idraulica. Fonte: ISPRA, 2018.

Caso diverso invece per Bomporto, che ricade all'interno di un'area di pericolosità media (P2) con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (Figura 52). I fenomeni alluvionali che hanno colpito l'area di Bomporto nel 2014 in particolar modo e negli anni successivi in maniera più lieve, mostrano tuttavia come il quadro di pericolosità idraulica dell'area sia in realtà piuttosto elevata.



Figura 52. Bomporto. Estratto dalla mappa di rischio idraulica. L'area industriale di Bomporto ricade all'interno di un'area di pericolosità P2. Fonte: ISPRA, 2018.

Considerando l'insieme dei dati climatici e dei valori soglia definiti nel paragrafo precedente, grazie agli algoritmi contenuti all'interno del tool CAST è stato possibile modellizzare le curve gaussiane per la stima della probabilità di accadimento di ciascuno dei due eventi meteorologici estremi analizzati.

Per quanto riguarda Bomporto, il grafico con la gaussiana climatica sotto riportata (Figura 53), mostra con chiarezza come i fenomeni legati al numero di giornate con temperature estreme vadano ad aumentare in modo significativo sia nello scenario climatico al 2030 che in quello al 2050. Data la temperatura soglia individuata di 37° C, il numero di giornate che superano questo valore per almeno 6 giorni consecutivi nell'area oggetto di studio risulta essere in significativo aumento.



Figura 53. Bomporto. Stima della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 37° C. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.

Alla luce degli andamenti delle temperature massime nei differenti periodi di riferimento, la percentuale di accadimento di ondate di calore (ondate di calore di oltre i 37°C che si prolungheranno per più di 6 giorni consecutivi) con potenziali effetti negativi sulla produttività dei lavoratori delle industrie considerata andrà a quasi a raddoppiare al 2050 (Figura 54).

Bomporto. Ondate di calore. Scenari	% di aumento della probabilità di accadimento
Serie storica	9,1%
Scenario 2030	41,1%
Scenario 2050	54,7%

Figura 54. Bomporto. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre differenti scenari temporali. Riepilogo dei valori percentuali di accadimento di ondate di calore all'interno dell'area studio di Ravenna. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.

Per quanto riguarda Ravenna, il grafico con la gaussiana climatica sotto riportata (Figura 55), mostra con chiarezza come i fenomeni legati al numero di giornate con temperature estreme vadano ad aumentare in modo significativo sia nello scenario climatico al 2030 che in quello al 2050. Data la temperatura soglia individuata di 37° C, il numero di giornate che superano questo valore per almeno 6 giorni consecutivi nell'area oggetto di studio risulta essere in significativo aumento.

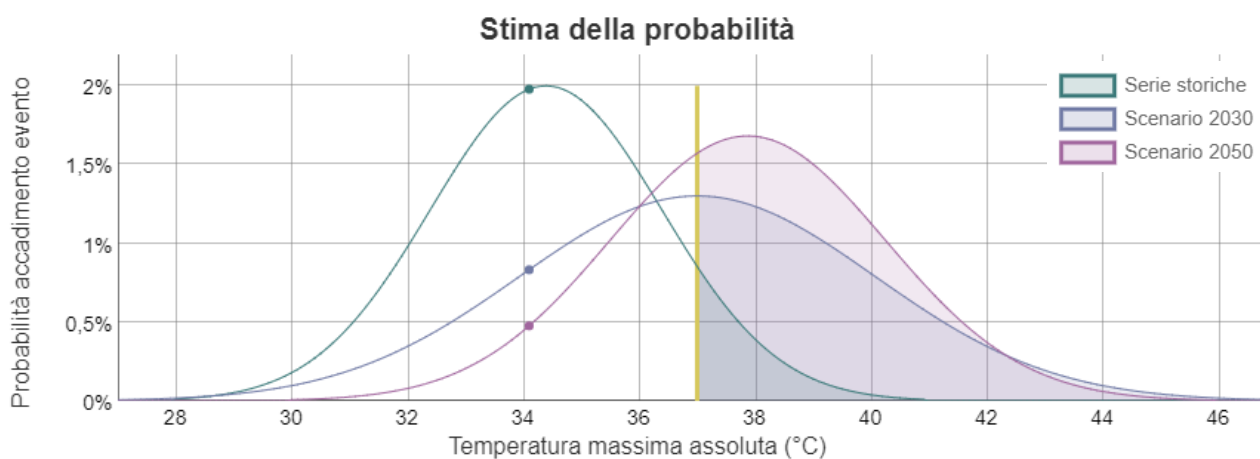


Figura 55. Ravenna. Stima della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 37° C. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.

Alla luce degli andamenti delle temperature massime nei differenti periodi di riferimento, la percentuale di accadimento di ondate di calore (ondate di calore di oltre i 37°C che si prolungheranno per più di 6 giorni consecutivi) con potenziali effetti negativi sulla produttività dei lavoratori delle industrie considerata andrà a quasi a raddoppiare al 2050 (Figura 56).

Ravenna. Ondate di calore. Scenari	% di aumento della probabilità di accadimento
Serie storica	9,1%
Scenario 2030	39,4%
Scenario 2050	53,6%

Figura 56. Ravenna. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di ondate di calore nei tre differenti scenari temporali. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.

Anche per quanto riguarda le precipitazioni estreme si osserva per entrambi i casi studio un generale aumento della probabilità di accadimento di questi eventi.

Per quanto riguarda Bomporto, il grafico con la gaussiana delle precipitazioni sotto riportata (Figura 57), mostra come la probabilità di accadimento di eventi meteorologici estremi oltre il livello soglia in grado di arrecare danni vadano ad aumentare sia nello scenario climatico al 2030 che in quello al 2050.



Figura 57. Bomporto. Stima della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 60 mm/giorno. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.

Alla luce degli andamenti delle curve di probabilità di accadimento nei differenti scenari temporali per i vari valori delle precipitazioni massime giornaliere, si evince come la percentuale di accadimento di eventi meteorologici estremi andrà a crescere di quasi il 30% nello scenario al 2050 (Figura 58).

Bomporto. Precipitazioni estreme. Scenari	% di aumento della probabilità di accadimento
Serie storica	7,9%
Scenario 2030	19,7%
Scenario 2050	28,3%

Figura 58. Bomporto. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre differenti scenari temporali. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.

Per quanto riguarda Ravenna, il grafico con la gaussiana delle precipitazioni sotto riportata (Figura 59), mostra come la probabilità di accadimento di eventi meteorologici estremi oltre il livello soglia in grado di arrecare danni vadano ad aumentare sia nello scenario climatico al 2030 che in quello al 2050.

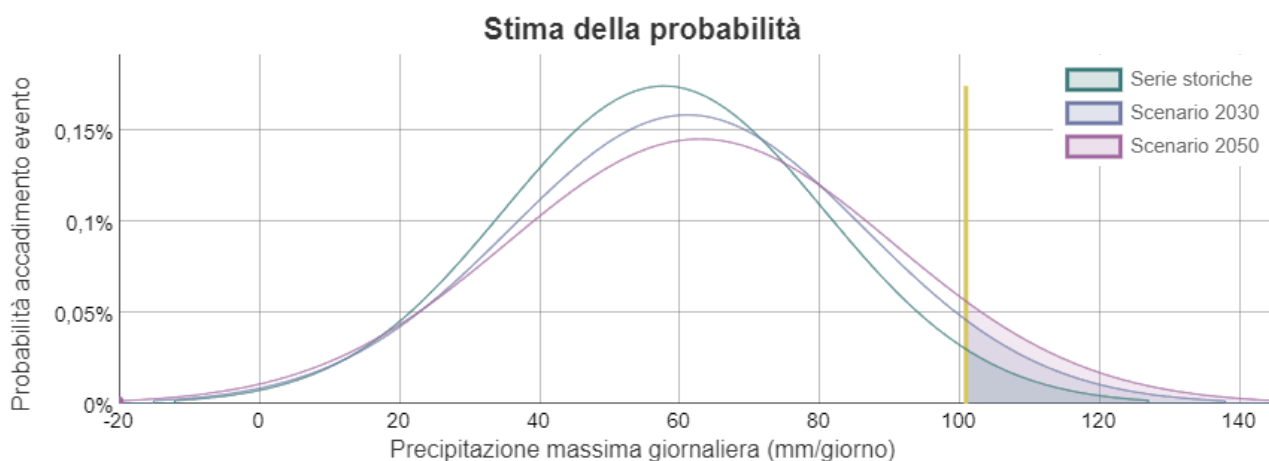


Figura 59. Ravenna. Stima della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre scenari temporali di riferimento. Valore soglia: 60 mm/giorno. Fonte: Elaborazione mediante il tool CAST.

Alla luce degli andamenti delle curve di probabilità di accadimento nei differenti scenari temporali per i vari valori delle precipitazioni massime giornaliere, si evince come la percentuale di accadimento di eventi meteorologici estremi andrà a crescere di quasi il 20% nello scenario al 2050 (Figura 60).

Ravenna. Precipitazioni estreme. Scenari	% di aumento della probabilità di accadimento
Serie storica	2,9%
Scenario 2030	15,7%
Scenario 2050	18,3%

Figura 60. Ravenna. Aumento percentuale della probabilità di accadimento di precipitazioni estreme nei tre differenti scenari temporali. Fonte: Elaborazione mediante tool CAST.

Per entrambe le aree studio è possibile osservare un generale aumento della probabilità di accadimento di eventi meteorologici estremi e ondate di calore. Questo aumento della probabilità di accadimento di eventi climatici potenzialmente in grado di arrecare danni alle aree industriali oggetto di indagine evidenzia come i livelli di vulnerabilità di queste aree andranno ad aumentare in assenza di adeguati interventi.

4.5 Magnitudo dei potenziali danni alle aziende derivanti da eventi meteo climatici estremi.

Definizione della metodologia di analisi.

Il Global Risk Report 2017 del World Economic Forum assegna al cambiamento climatico il secondo posto tra i trend globali in grado di influenzare lo sviluppo economico e sociale nei prossimi dieci anni. I cambiamenti climatici andranno ad impattare con forza sulle attività e gli impianti produttivi delle imprese (IPCC, 2013). Alcune imprese potranno anche avere dei benefici dai cambiamenti in atto, ma la maggior parte della letteratura sul tema mostra come ai cambiamenti in atto si associno prevalentemente rischi di natura fisica e dei rischi legati alla transizione (FEEM, 2017). I rischi fisici per le imprese si associano soprattutto alla sicurezza del personale, degli impianti e delle infrastrutture, la capacità di mantenere una continuità produttiva, il valore residuo degli asset e i costi operativi. I rischi di transizione sono invece connessi con la necessità dell'azienda di adattarsi ad un contesto fisico, sociale ed economico differente e riguardano pertanto la capacità del business model aziendale di evolvere per adeguarsi a un contesto economico e sociale low carbon, mitigando e se possibile traendo vantaggio dalle innovazioni di policy, regolamentari, tecnologiche e di mercato e all'aspetto reputazionale "green" sempre più importante (FEEM, 2017).

Vi è un'ampia letteratura scientifica relativa all'individuazione e alla definizione dei principali ambiti di danno aziendali legati ai potenziali effetti negativi dei cambiamenti climatici. In primo luogo numerosi studi e riferimenti normativi internazionali mostrano come sia necessario soffermarsi sugli impatti ed i danni sulla intera supply chain di un'azienda piuttosto che sui soli danni nella parte finale della catena di creazione del valore di un'impresa (Dasaklis, 2015). Come semplificato nello schema sottostante, la supply chain di un'industria, soprattutto quelle delle aziende più grandi, è molto lunga e coinvolge molti soggetti ed imprese differenti. Un danno ad un anello di questa catena di fornitura può generare problemi a catena su tutte le altre aziende sia a valle (interruzione delle forniture) che a monte (prodotti invenduti). La strategia di adattamento pertanto devono agire e ragionare in questi termini, considerando l'intera catena di generazione e distribuzione del valore (Figura 61).

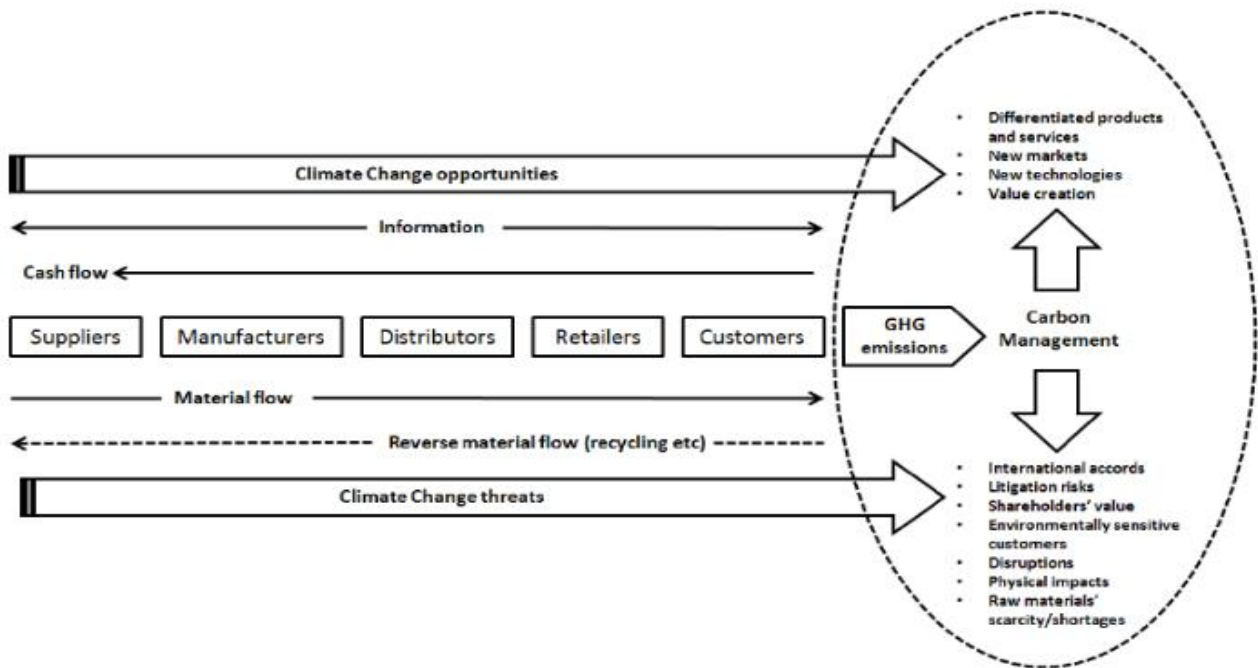


Figura 61. Schema relativo alle potenziali minacce e opportunità legate ai cambiamenti climatici lungo l'intera catena di generazione del valore dell'impresa. Fonte: Dasaklis, 2015

Le modalità con cui i cambiamenti climatici impattano sulle imprese sono molteplici e le relazioni logiche e fisiche che portano alla generazione del danno sono complesse ed operano sia in maniera diretta che indiretta. Uno schema esaustivo degli effetti dei cambiamenti climatici sulle imprese è efficacemente riassunto nello schema sottostante (Figura 62). I cambiamenti climatici agiscono direttamente sulle imprese mediante effetti diretti di tipo fisico e mediante effetti indiretti di tipo regolatorio (cambio della legislazione di riferimento) e di mercato (consumatori che si rivolgono verso altre tipologia di prodotti). Questo a livello di singole imprese porta a dei cambiamenti nelle modalità di gestione delle supply chain, cambiamenti sia di tipo strategico che operativo (Dasaklis, 2015).

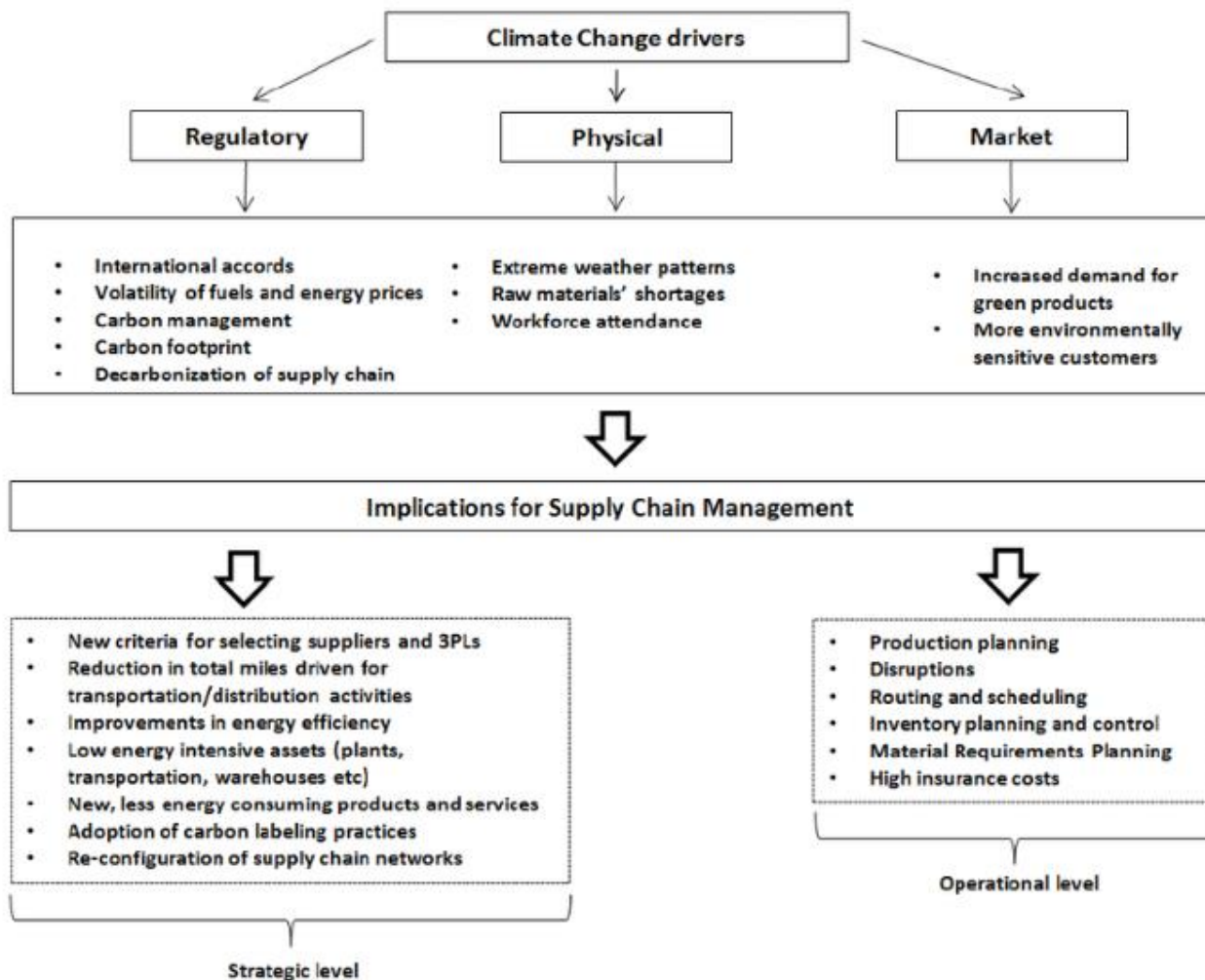


Figura 62. Schema sugli effetti dei cambiamenti climatici sulle supply chain industriali. Fonte: Dasaklis, 2015

Il lavoro scientifico di maggiore rilievo e riconosciuto a livello internazionale in tema di classificazione e quantificazione degli ambiti di danno delle imprese relativamente ai cambiamenti climatici è stata condotta dal Carbon Disclosure Project (CDP).

Il **Carbon Disclosure Project (CDP)** è un'organizzazione non profit internazionale che fornisce a imprese, autorità locali, governi e investitori un sistema globale di misurazione e rendicontazione ambientale. Il CDP offre un sistema per misurare, rilevare, gestire e condividere a livello globale informazioni riguardanti il cambiamento climatico. Sono quattro i programmi supportati da CDP: Climate Change Program, Water Program, Forests Program e Supply Chain Program, più uno specifico programma dedicato a città e regioni, il Cities, States and Regions Program. Per ognuno di questi programmi, sono stati messi a punto degli appositi questionari che contengono una serie di informazioni che i partecipanti (imprese, città e organi di governo) sono tenute a fornire per alimentare una vasta piattaforma di dati accessibile in maniera gratuita. Tutte le informazioni raccolte mediante questionario vengono in seguito elaborate in maniera aggregata e valutate da esperti del settore. In questo modo viene alimentata una base comune di informazioni utili per gli

investitori, i governi e la ricerca scientifica. CDP lavora attualmente per conto di oltre 520 investitori istituzionali che gestiscono asset per 96 trilioni di dollari ed incentiva le imprese a rendere disponibili informazioni sull'impatto delle loro attività sull'ambiente e a intraprendere azioni di mitigazione delle stesse.

All'interno degli studi condotti da CDP, sono stati individuati otto differenti ambiti di danno aziendali interessati dai cambiamenti climatici. Seppur distinti, questi ambiti di danno sono fortemente legati tra loro. Il tool CAST si riferisce direttamente a tali ambiti di danno alle imprese definiti da CDP. Gli ambiti di danno aziendali interessati dai cambiamenti climatici sono i seguenti (CDP, 2011):

- **Edifici, impianti, macchinari e strumenti di lavoro (Asset integrity).** In questo ambito sono considerati gli asset dell'azienda quali ad esempio i macchinari, le attrezzature, gli stabilimenti, le tecnologie e le infrastrutture. Un elemento danneggiato è un elemento che perde la sua funzionalità, la sua efficienza, diminuisce il suo livello di sicurezza ed affidabilità, necessita di maggiore manutenzione o ha una vita utile più breve;
- **Produzione (Business continuity).** Il presente ambito di danno è rappresentato dall'impossibilità di portare avanti il core business dell'attività. Tale danno implica che l'organizzazione non sia più in grado di mantenere la fornitura di prodotti e l'erogazione di servizi a livelli accettabili a seguito di un episodio di crisi (a monte o a valle). Come conseguenza di un evento meteo estremo, i danni possono essere legati ad esempio all'interruzione o a ritardi nella fornitura, nella produzione o nella distribuzione, alterazione delle caratteristiche o non conformità del prodotto o del servizio agli standard richiesti e conseguente blocco delle vendite/erogazione dei servizi;
- **Responsabilità legale (Legal liability).** In questo ambito di danno ricadono gli obblighi derivanti dal coinvolgimento in illeciti ambientali presso l'azienda o per comportamento negligente o colposo lungo la supply chain. Si manifesta, tipicamente, in pagamenti di risarcimenti danno, nell'applicazione di sanzioni amministrative e/o pecuniarie;
- **Immagine e reputazione (Reputation).** Il danno all'immagine e alla reputazione è considerato come una perdita di fiducia (in relazione a un prodotto, un servizio, una marca, una persona o un'organizzazione, ecc.), perdita generata a seguito di una scelta negativa o di un errore operativo. Il danno può originarsi anche presso un fornitore o un distributore lontano nella supply chain, e le ripercussioni possono manifestarsi a livello locale, nazionale o globale. Esempi di danni a immagine e reputazione sono quelli generati negli stakeholder (cittadini, istituzioni locali, imprese, fornitori) da fenomeni diffusi di inquinamento o altri tipi di incidenti riconducibili a eventi climatici estremi o di insufficienti condizioni di sicurezza nell'area industriale, oppure controeffetti di campagne di comunicazione che non considerano adeguatamente il tema del climate change;
- **Risposta del mercato/Vendite (Market response).** Le vendite sono un ambito aziendale che può subire le conseguenze di un evento meteo estremo: per esempio potrebbe verificarsi una rescissione

o un mancato rinnovo di contratti da parte dei clienti a causa della diminuzione della performance (di prodotto o di servizio) verificatasi a seguito di un evento meteo estremo; allo stesso modo, le aziende localizzate presso aree industriali potrebbero ritirare l'adesione da servizi collettivi se il soggetto gestore non è in grado di garantire la qualità del servizio (a seguito ad esempio di un evento meteo estremo);

- **Stabilità finanziaria (Financial balance).** Questo ambito comprende sia l'equilibrio di bilancio sia la quotazione sui mercati. Alcuni possibili danni sono ad esempio la necessità di ricorrere a finanziamenti per la riparazione di danni causati da eventi climatici, anche da parte del gestore dell'area industriale; la necessità di sostenere costi di assicurazione (o aumento dei costi di assicurazione) per la copertura da rischi climatici cui l'organizzazione è esposta; la messa a repentaglio della solvibilità dell'organizzazione o della capacità di rientrare su linee di credito aperte con banche o per il pagamento delle forniture; la «fuga» degli investitori (o mancanza di attrattività) e conseguente carenza di finanziamenti per lo sviluppo delle attività d'impresa, compreso l'eventuale peggioramento del rating bancario;
- **Salute e sicurezza del personale (Staff health and safety).** Questo ambito di danno è rappresentato dagli addetti e dal loro benessere. Diversi eventi meteorologici estremi, tipicamente l'ondata di calore, sono causa di un palese peggioramento della salute e della sicurezza dei lavoratori in termini ad esempio di condizioni lavorative, ma anche di aumento delle malattie e degli infortuni;
- **Infrastrutture e reti (Infrastructures).** Questo ambito di danno comprende le infrastrutture di area (non d'azienda), ad esempio strade, linee elettriche, gasdotti, reti di teleriscaldamento, reti di telecomunicazione, reti di illuminazione pubblica, reti idriche e fognature, piattaforme logistiche, depuratori, impianti di produzione energia, aree verdi, parcheggi, aree stoccaggio rifiuti.

Ambiti di danno aziendali. Sono gli ambiti aziendali che possono essere considerati potenziali bersagli di eventi meteorologici estremi connessi ai cambiamenti climatici (CDP, 2016). Tali ambiti di danno aziendale sono: edifici, impianti, macchinari e strumenti di lavoro (Asset integrity), produzione (Business continuity), responsabilità legale (Legal liability), immagine e reputazione (Reputation), risposta del mercato/vendite (Market response), stabilità finanziaria (Financial balance), salute e sicurezza del personale (Staff health and safety), infrastrutture e reti (Infrastructures).

Secondo uno studio globale condotto da Zurich (Zurich, 2016) su un campione di oltre 2.600 piccole e medie imprese in tutto il mondo e relativo all'impatto dei cambiamenti climatici sulle aziende, "i danni materiali (36%) e le interruzioni delle attività di business (26%) sono le conseguenze che possono avere gli impatti maggiori sull'azienda e sono i rischi da cui è più difficile proteggersi. Seguono altri rischi quali i danni alla salute dei dipendenti (15%) e i costi maggiori per l'approvvigionamento di acqua ed energia (15%)".

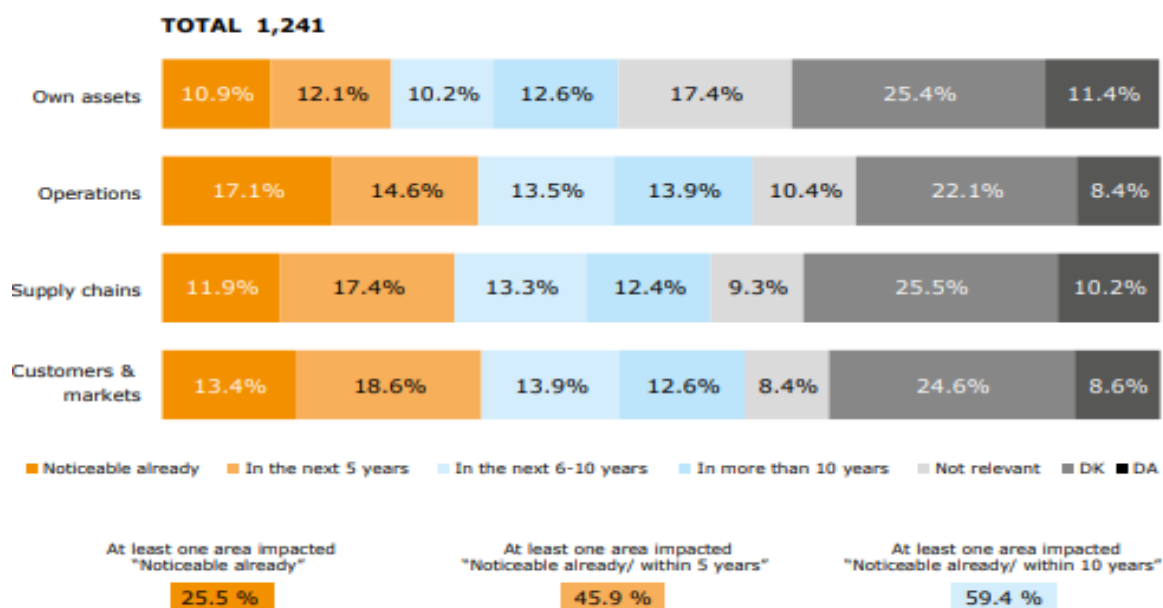


Figura 63. Impatti dei cambiamenti climatici percepiti dalle imprese sulla propria supply chain. Fonte: Zurich, 2016

Dati interessanti per inquadrare il tema in questione provengono anche da uno studio condotto nel corso del 2017 su un campione di oltre 1.200 imprese italiane da DNV GL, uno dei principali enti di certificazione a livello mondiale. Lo studio si focalizza sul condurre una mappatura circa le previsioni di impatto dei cambiamenti climatici sulle varie parti della catena di valore. Secondo quanto emerge da questo studio, molte aziende prevedono che i cambiamenti climatici avranno degli effetti rilevanti sulle value chain della propria organizzazione e che questi si manifesteranno in un futuro imminente (DNV GL, 2017). Secondo i dati riportati nel report che si riferiscono ad interviste condotte su 1.241 interviste condotte ad aziende italiane, “più di un’azienda su quattro indica che almeno un’area della catena del valore è già stata colpita, mentre quasi una su tre prevede almeno un impatto entro 5 anni e circa sei aziende su dieci se lo aspettano entro una finestra temporale di 10 anni”. Inoltre “più di un’azienda su dieci afferma che i propri asset sono già stati colpiti almeno una volta. Inoltre, il 17% del campione ha già notato impatti sulle proprie operazioni, catene di approvvigionamento (12%) e clienti e mercati (13%)”.

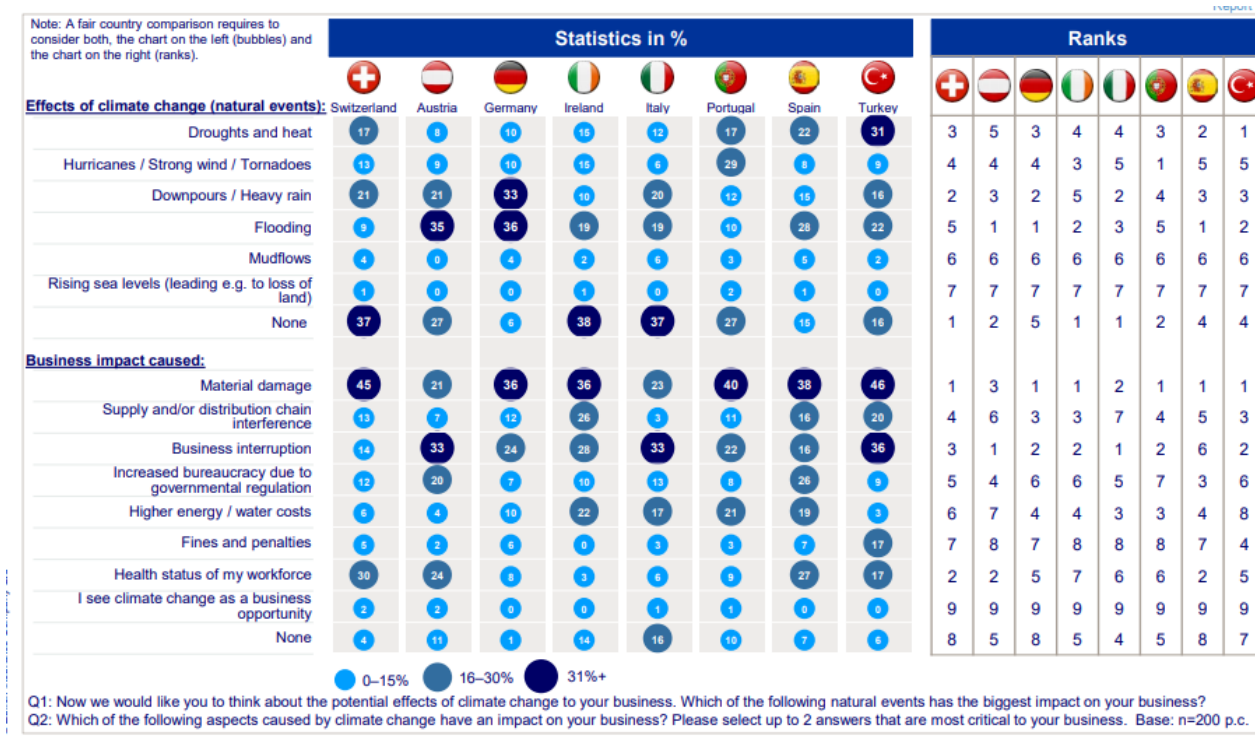


Figura 64. Effetti potenziali dei cambiamenti climatici sulle attività di business. Risultati di un'indagine condotta a livello europeo. Fonte: DNV GL, 2017

Per quanto riguarda il contesto italiano, i dati raccolti dalle survey alle aziende condotte da DNV GL nel 2017 e sopra sintetizzate, emerge come i fenomeni meteorologici estremi maggiormente temuti dalle imprese sono precipitazioni estreme e alluvioni, a cui si associa come potenziale danno maggiormente percepito l'interruzione delle attività di business.

4.6 Modellizzazione e quantificazione della magnitudo dei potenziali impatti negativi dei cambiamenti climatici sulle imprese dei casi di studio

Nel presente paragrafo si procede a modellizzare e quantificare la magnitudo dei potenziali impatti negativi sulle aziende associati al verificarsi di eventi meteorologici estremi. Tale valore di magnitudo rappresenta il secondo fattore della formula per il calcolo del rischio climatico all'interno delle aree oggetto di studio.

In letteratura per magnitudo di un evento meteorologico si intende "la gravità di una potenziale perdita" associata all'accadimento di un determinato evento (SNAC, 2015). Il concetto di magnitudine di un dato evento si ricollega quindi direttamente con l'entità del potenziale danno che quell'evento è in grado di generare. Così ad esempio la magnitudo di un evento meteorologico estremo è strettamente collegato con i danni a persone ed infrastrutture che esso è in grado di causare.

Dato l'ampio spettro dei danni che un dato evento meteorologico è in grado di generare, quantificare in maniera oggettiva e precisa tali danni non è semplice (EEA, 2017). A differenza ad esempio di quanto accade con i terremoti, dove sono state costruite delle "scale di magnitudo" riconosciute a livello internazionale, nel caso di eventi meteorologici estremi non sono state definite delle metriche riconosciute a livello internazionale legate alla quantificazione dei danni legati ad un dato evento (EEA, 2017). In letteratura pertanto si ricorre a metodi di tipo quali-quantitativo per arrivare ad una quantificazione dei potenziali danni di un evento meteorologico estremo.

Questo del resto accadeva anche per i terremoti prima della invenzione della scala Richter, basata su una misurazione quantitativa delle onde sismiche così come rilevate mediante un sismografo. Per secoli infatti è stata impiegata la scala Mercalli, "una scala di valutazione dell'intensità di un terremoto eseguita osservando gli effetti che esso produce sulla superficie terrestre su persone, cose e manufatti. Questa valutazione non richiede l'utilizzo di strumenti di misurazione e per la sua caratteristica descrittiva può essere applicata anche alla classificazione di terremoti avvenuti in tempi storici".

In larga parte della letteratura scientifica analizzata per la realizzazione del presente studio, la magnitudo dei potenziali danni generati da un dato evento meteorologico estremo viene calcolato come "la percezione della magnitudo da parte delle imprese" (Life Iris, 2018). Tale percezione dell'intensità dei potenziali danni derivanti dai cambiamenti climatici viene mappata e quantificata mediante la somministrazione di questionari a campioni di imprese più o meno ampi. Mediante questi questionari, sottoposti nella maggior parte dei casi ai vertici aziendali (responsabili delle aree tecniche, amministratori delegati, ecc.), si raccolgono le percezioni associate ai potenziali danni derivanti dai cambiamenti climatici. Queste percezioni il più delle volte fanno riferimento diretto ad eventi e danni subiti nel corso del tempo dalle imprese e pertanto, un po' come accade per la scala Mercalli per quanto riguarda i terremoti, fanno riferimento diretto alle conseguenze visibili e per certi versi misurabili di eventi meteorologici estremi (danni ai beni dell'azienda legati a esondazioni dei fiumi, danni a macchinari legati ad ondate di calore, ecc.).

Il Carbon Disclosure Project (CDP) ha condotto a livello globale uno degli studi più ampi legati alla quantificazione della magnitudo dei potenziali danni alle aziende generati da eventi meteorologici estremi. Tale studio ha portato tra le altre cose ad una quantificazione della magnitudo dei differenti eventi meteorologici estremi utilizzando una scala che va da **1** (danno trascurabile) a **5** (danno molto elevato) e identificando un valore di magnitudo rispetto ad ogni ambito di danno aziendale, vale a dire ogni area dell'azienda che può subire un danno. Per quanto riguarda l'Europa, sono state **1.960** le imprese chiamate a stimare la magnitudo percepita utilizzando la scala da 1 a 5 sulla base della severità degli effetti generati dai differenti eventi meteorologici sulla base per esempio di precedenti eventi/danni subiti e/o osservati.

La Scuola Sant’Anna di Pisa in collaborazione con il Ministero dell’Ambiente (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017), all’interno del progetto IRIS, ha condotto un lungo ed approfondito lavoro relativo alla ricostruzione dei valori medi di magnitudo per settore delle imprese italiane. Nel fare questo è partito dai dati 2015 del Carbon Disclosure Project. Il database utilizzato nello studio del Sant’Anna di Pisa è stato costruito estrapolando le risposte alle domande relative al rischio fisico dei cambiamenti climatici dai questionari sui Cambiamenti Climatici e sulla Supply Chain del Carbon Disclosure Project. I questionari utilizzati sono quelli del 2018, i più recenti al momento di svolgimento dello studio. L’analisi dei dati si è focalizzata sulle risposte relative ai rischi fisici derivanti dai cambiamenti climatici. Il questionario CDP 2018 chiedeva ai rispondenti di indicare uno o più “risk driver” e il corrispondente impatto potenziale. Per ogni risk driver era richiesto di specificare la magnitudo dell’impatto in una scala a cinque punti così definita:

- **1:** Magnitudo assente, trascurabile;
- **2:** Magnitudo di bassa entità;
- **3:** Magnitudo di media entità;
- **4:** Magnitudo di alta entità;
- **5:** Magnitudo molto alta.

Tale lavoro, come sintetizzato nella tabella sottostante (Figura 65), ha portato all’extrapolazione dei valori di magnitudo per differenti eventi metereologici estremi e diverse aree di business delle imprese europee.

Impatti/eventi climatici (magnitudo media)	Inability to do business	Increased capital cost	Increased operational cost	Other	Reduced demand for goods/services	Reduced stock price (market valuation)	Reduction in capital availability	Reduction/disruption in production capacity	Wider social disadvantages
Change in mean (average) precipitation	● 3,00	● 3,25	● 2,43	● 2,43	● 3,33			● 2,71	● 2,67
Change in mean (average) temperature	● 2,63	● 2,33	● 2,37	● 2,93	● 2,50			● 2,72	● 3,00
Change in precipitation extremes and droughts	● 3,13	● 2,77	● 2,69	● 2,47	● 2,32	● 3,67		● 2,76	● 2,64
Change in precipitation pattern	● 3,55	● 3,43	● 2,55	● 2,64	● 2,64			● 2,61	● 2,75
Change in temperature extremes	● 2,44	● 3,00	● 2,30	● 1,92	● 3,14	● 4,00		● 2,53	● 2,00
Induced changes in natural resources	● 3,50	● 2,56	● 2,89	● 2,50	● 2,75	● 3,00		● 3,15	● 3,00
Other physical climate drivers	● 3,21	● 2,50	● 2,55	● 3,04	● 2,75	● 3,50	● 3,00	● 2,83	● 2,00
Sea level rise	● 2,93	● 2,95	● 2,56	● 3,00	● 3,22	● 3,00		● 2,55	● 1,88
Snow and ice	● 2,43	● 2,43	● 2,35	● 2,00	● 2,21			● 2,70	● 2,00
Tropical cyclones (hurricanes and typhoons)	● 2,70	● 1,67	● 2,76	● 3,00	● 2,25	● 3,00	● 4,00	● 2,66	● 3,40
Uncertainty of physical risks	● 3,08	● 1,29	● 2,45	● 4,00	● 1,63	● 3,00		● 2,90	● 3,33

Figura 65. Magnitudo media impatti potenziali per eventi climatici in Europa. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.

Lo schema sovrastante mostra come, a livello europeo, “l’aumento dei costi operativi ha una magnitudo medio-bassa per tutti gli eventi climatici così come la riduzione/interruzione dell’attività produttiva, con l’eccezione dei cambiamenti indotti nelle risorse naturali dove ha una magnitudo media. L’impossibilità di fare business ha una magnitudo media per i cambiamenti delle precipitazioni medie, di quelle estreme e della siccità, e dei trend delle precipitazioni, oltre che delle risorse naturali, altri driver fisici e l’incertezza dei rischi

fisici, e una magnitudo medio-bassa in corrispondenza degli altri eventi climatici. L'aumento dei costi di capitale ha una magnitudo media in relazione ai cambiamenti delle precipitazioni medie, degli scenari delle precipitazioni e delle temperature estreme e medio bassa o bassa in corrispondenza degli altri eventi climatici. La ridotta domanda di beni/servizi ha valori di magnitudo medi per i cambiamenti delle precipitazioni medie, delle temperature estreme e l'innalzamento del livello del mare, e medio-bassi in corrispondenza degli altri eventi climatici. La riduzione delle valutazioni di mercato ha magnitudo più alta degli altri impatti, da media a medio-alta per tutti gli eventi climatici a cui è stata associata" (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017).

Il lavoro del Sant'Anna di Pisa procede in seguito, a partire dai dati del CDP sopra presentati, a definire i punteggi relativi alla magnitudo media degli impatti attesi dalle aziende con sede legale in Europa per evento climatico percepito e per tipologia di impresa.

Settore	Change in mean (average) precipitation	Change in mean (average) temperature	Change in precipitation extremes and droughts	Change in precipitation pattern	Change in temperature extremes	Induced changes in natural resources	Sea level rise	Snow and ice	Tropical cyclones (hurricanes and typhoons)	Uncertainty of physical risks	Other physical climate drivers
Media magnitudo EU	2,70	2,50	2,78	2,69	2,46	2,97	2,68	2,49	2,69	2,72	2,81
Aerospace & Defense		3,00	3,25	4,00	2,00			2,25	3,00	2,00	3,25
Air Freight transportation and Logistics		3,00	1,40		3,00			2,20	3,00	4,00	
Air Transportation - Airlines		2,00	3,50		2,00			3,14		3,50	
Air Transportation - Airport Services				4,00	4,00			4,00			4,00
Automobiles & Components	5,00	3,67	3,56	3,50	2,90	2,00	5,00	3,25	4,80	4,67	2,80
Banks, Diverse Financials, Insurance	3,11	2,13	2,85	2,55	1,91	2,82	2,31	1,60	2,67	3,20	3,13
Building Products	3,33	1,75	1,60	1,33	3,00	2,00	2,00	2,00	1,25		
Chemicals	3,00	2,56	2,87	2,20	2,33	3,25	2,40	3,00	2,40	1,00	2,14
Construction & Engineering	3,10	3,00	2,55	2,88	3,40	2,93	3,00	3,25	2,00	2,14	2,54
Construction Materials		1,00	1,57	1,75	2,00	5,00	3,00	2,00	3,00	4,00	
Consumer Durables, Household and Personal Products	2,33	2,00	3,10	2,14	2,50	2,88	2,00	3,00	2,00	3,00	2,75
Containers & Packaging	4,00	3,00	2,89	4,00	2,60	3,22	4,00	2,80	3,29		2,00
Education Services	4,00			4,00	3,50	4,00				3,00	
Electric Utilities & Independent Power Producers & Energy Traders (including fossil, alternative and nuclear energy)	3,29	3,20	3,22	3,67	2,62	4,00	3,09	3,73	3,90	3,50	2,83
Electrical Equipment and Machinery	2,10	2,00	3,00	1,00	2,25	2,60	1,83	1,75	2,59	2,29	2,33
Food & Beverage Processing	2,80	3,64	3,70	3,67	3,00	4,00	3,00	3,50	3,33	2,33	3,50
Food & Staples Retailing		3,67	3,30	3,33	2,75	4,20		4,00		2,33	3,10
Forest and Paper Products - Forestry, Timber, Pulp and Paper, Rubber	2,67	2,00	2,50	2,50	3,20	3,33	2,00				3,20
Gas Utilities	1,33	1,00	2,33	1,00	2,75		1,00		1,00		2,25
Ground Transportation - Highways & Railtracks		3,00	1,50	2,00	3,25			2,25	3,00		3,33
Ground Transportation - Railroads Transportation				4,00	4,00			4,00			
Ground Transportation - Trucking Transportation		2,40	2,67	2,50	3,40	2,67	2,50	2,40		3,00	2,25
Healthcare Providers & Services, and Healthcare Technology	1,00	2,00	3,17	1,00	3,67		3,00	1,00	2,00	1,67	3,50
Home building	2,91	2,00	2,43	2,33	2,20	2,50	2,50	2,75			1,67
Hotels, Restaurants & Leisure, and Tourism Services	3,00	2,92	3,78	3,25	3,00	2,50	3,67	2,29	3,88	4,00	
Media	3,00	2,00	2,18	2,00	2,00	2,70	3,33	3,50	3,00		2,50
Mining - Iron, Aluminum, Other Metals	2,25	2,67	2,92	2,14	1,00	1,00	1,67	2,00	1,33	2,50	2,33
Mining - Other (Precious Metals and Gems)		2,00	4,00	3,50	3,00			1,00		4,00	
Oil & Gas	2,00	2,80	2,90	2,50	3,71		3,06	3,22	2,60	1,50	3,33
Pharmaceuticals, Biotechnology & Life Sciences	2,50	1,71	2,31	2,13	2,00	2,79	2,00	1,00	1,78	1,64	3,00
Professional Services		1,80	1,90	4,00	1,50	3,00	2,00	3,20	2,57	1,00	3,75
Real Estate	2,88	1,71	2,55	3,20	2,07	2,50	2,78	1,83		1,00	1,83
Retailing	2,00	2,67	2,08	2,00	1,33	2,20		2,00	4,00	5,00	3,00
Semiconductors & Semiconductors Equipment	3,00	2,00	3,50	2,00	1,50		3,67	1,00	2,00	2,00	2,50
Software & Services	2,00		2,14		2,00		4,00	2,17	3,00	2,00	4,00
Specialized Consumer Services			1,00						5,00		
Technology Hardware & Equipment	1,00	1,20	1,80	1,40	1,33	2,25	3,00	2,00	2,30	2,83	2,50
Telecommunication Services	2,25	1,88	2,27	1,33	1,80	2,00	1,78	1,00	1,00	2,71	2,60
Textiles, Apparel, Footwear and Luxury Goods	4,00	1,50	2,67		1,00	3,33	2,00		1,00	3,00	
Tires		5,00	3,00		3,00	4,00					
Tobacco	2,00	3,00	4,00	2,75	2,50	2,00	5,00		5,00		
Trading Companies & Distributors and Commercial Services & Supplies	2,17	3,14	2,42		2,09	3,13	1,50	2,00	2,33	3,00	2,33
Water Transportation - Ports & Services			2,00		2,00		3,00	2,00			
Water Transportation - Water Transportation			2,00			5,00	4,00	3,00	4,00	3,00	2,25
Water Utilities	3,00	2,87	4,00	3,56	2,50	4,50	2,67		3,00		4,00

Figura 66. Percezione magnitudo media degli impatti per evento climatico e per settore. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.

Come si evince dalla Figura 66, “la percezione della magnitudo degli impatti per tutti gli eventi climatici è tra medio-bassa e media, tuttavia la distinzione per settore evidenzia sostanziali differenze e una maggiore varianza” (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017).

Questa metodologia è stata utilizzata all’interno del progetto Life IRIS per calcolare mediante il tool CAST la magnitudo dei danni associati a ciascun rischio aziendale per tutti gli eventi meteorologici estremi analizzati. Per quanto riguarda la metodologia di quantificazione della magnitudo sono state utilizzate all’interno del progetto Life IRIS due approcci differenti:

- Approccio di quantificazione della magnitudo basato sull’**analisi della letteratura scientifica** e riferito ai **codici Ateco** delle aziende. Il codice Ateco è una combinazione alfanumerica che identifica una attività economica. Le lettere individuano il macro-settore economico mentre i numeri (da due fino a sei cifre) rappresentano, con diversi gradi di dettaglio, le specifiche articolazioni e sottocategorie dei settori stessi. Tale classificazione è stata elaborata dall’ISTAT in collaborazione con l’Agenzia delle Entrate, le Camere di Commercio ed altri Enti, Ministeri ed associazioni imprenditoriali interessate. In questo caso i valori di magnitudo sono stati associati per ciascuna tipologia di impresa in base allo studio CDP presentato in precedenza;
- Approccio di quantificazione della magnitudo basato sulla **somministrazione di questionari** alle imprese ricadenti all’interno dell’area oggetto di studio. In questo caso i valori di magnitudo sono stati ricavati dai questionari compilati dal campione delle imprese interpellato.

Per quanto riguarda l’area di Bomporto, all’interno del progetto Life IRIS (per maggiori dettagli si veda il “Piano di Adattamento climatico dell’area industriale di Bomporto” realizzato nell’ambito del progetto) è stato utilizzato il secondo approccio per quantificare la rilevanza di ciascun rischio e stimarne la sua ipotetica magnitudo. Tale attività è stata condotta nel corso del 2016 dal “Consorzio Attività Produttive Aree e Servizi” mediante un questionario online somministrato alle 72 imprese presenti nell’area. Le imprese rispondenti sono state 18, ben distribuite su tutta l’area oggetto di studio e con caratteristiche differenti per dimensioni, numero di addetti e fatturato. I risultati della presente indagine sono sintetizzati nella Figura 67.









RISK EVALUATION (VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO)	ONDA DI CALORE	ONDA DI FREDDO	TROMBA D'ARIA	PRECIP. ESTREME	SICCITA'
ASSET INTEGRITY 	1	2	3	5	1
BUSINESS CONTINUITY 	1	2	3	5	0
LEGAL LIABILITY 	0	0	2	2	0
REPUTATION 	2	2	2	3	1
MARKET RESPONSE 	2	2	2	2	2
FINANTIAL BALANCE 	0	0	3	4	0
STAFF HEALTH AND SAFETY 	2	2	3	3	1
INFRASTRUCTURES 	1	2	3	3	2

Figura 67. Sintesi dei valori di magnitudo dei danni associati a ciascun rischio aziendale per tutti i differenti eventi metereologici estremi analizzati Fonte: Life IRIS, 2018.

I dati mostrano con evidenza come per quanto riguarda l'area studio di Bomporto, le precipitazioni estreme rappresentino gli eventi climatici con la più elevata magnitudo percepita, sia ambientale che sociale, ma soprattutto economica. Come già descritto in precedenza, questo è strettamente connesso con le diverse esondazioni che si sono verificate all'interno del comparto negli ultimi 10 anni. Le magnitudo più intense, con un valore massimo di 5 su 5, sono associate alle "gravi conseguenze economiche a livello di comparto sia per la diminuzione della produttività del comparto, sia per il ripristino della funzionalità delle reti tecnologiche o dei servizi di base, ma anche per la risistemazione degli spazi pubblici danneggiati. Inoltre le singole aziende potrebbero dover sostenere spese extra non preventivabili o richiedere finanziamenti a terzi per la riparazione delle strutture o degli impianti di lavoro, ma anche per eventuali pagamenti di rimborsi a terzi in caso di reati ambientali o violazioni di standard di legge" (Consorzio Attività Produttive Aree e Servizi, 2019).

La quantificazione dei valori di magnitudo all'interno del progetto Life IRIS, come già ricordato in precedenza, è avvenuta mediante interviste condotte direttamente con le imprese dell'area oggetto di indagine. Ottenute le interviste, si è proceduto ad associare i valori raccolti al codice ATECO di appartenenza di ogni specifica impresa. I dati così elaborati sono stati poi implementati all'interno del tool CAST, consentendo all'utente di definire in automatico i profili numerici di magnitudo scegliendo semplicemente un determinato codice

ATECO. Il valore offerto era il frutto della media delle magnitudo raccolte da più imprese appartenenti alla stessa classe ATECO.

Date le finalità della presente ricerca e all'approccio statistico e di area vasta che si è dato all'intero studio, si è proceduto ad uno scostamento parziale dalla metodologia di quantificazione della magnitudo offerta dal tool CAST e dai valori di default forniti dal tool stesso. Il tool CAST infatti è stato costruito prevalentemente per condurre delle analisi su singole aziende (Life Iris, 2019), mentre il presente studio intende valutare interi comparti industriali alcuni dei quali, come nel caso di Ravenna, di grandi dimensioni e con all'interno di esso centinaia di imprese molto differenti tra loro. Le modalità di procedere a quel punto sono due:

- Procedere con la valutazione della magnitudo per ciascuna tipologia di impresa e procedere ad una media a livello di polo industriale in base al numero di imprese di quel tipo presenti;
- Identificare in letteratura le variabili che influiscono maggiormente sull'entità della magnitudo dell'impatto per le imprese e procedere con una semplificazione della realtà riconducendo la complessità esistente a queste poche e significative variabili chiave.

Alla luce delle finalità del presente studio e di altri studi simili condotti, si è scelto di utilizzare il secondo approccio. Questo approccio, per quanto ad una prima osservazione potrebbe sembrare più superficiale, in realtà consente di depurare (almeno in parte) i dati di magnitudo dalla inevitabile "soggettività" a cui in parte è sottoposto il metodo di quantificazione della magnitudo mediante interviste.

Un'attenta analisi della principale letteratura sul tema, ha consentito di individuare due principali variabili chiave che impattano sull'entità della magnitudo. Tali parametri risultano essere:

- **Presenza di un processo produttivo.** La magnitudo dei danni associati ai cambiamenti climatici è più alta per le imprese con processi produttivi che possono subire danni e/o interruzioni. Tale parametro porta quindi a distinguere tra aziende manifatturiere con un processo di produzione di beni e tutto il mondo dei servizi;
- **Dimensione dell'impresa.** Le imprese più piccole sono quelle che subiscono i danni maggiori in quanto spesso hanno minori capacità di risposta ad eventi metereologici imprevisti. Si è così definita "piccola impresa" quelle con meno di 50 dipendenti e grande impresa quelle con più di 50 dipendenti. Tale soglia dei 50 dipendenti è definita, a livello europeo, dalla Raccomandazione 2003/361/CE del 6 maggio 2003 con cui la Commissione Europea ha provveduto ad aggiornare le regole sulla base delle quali un'impresa può essere definita PMI.

Un altro parametro rilevante che trova largo spazio in letteratura è quello del fatturato delle imprese. Più le imprese hanno un fatturato elevato e maggiore e la loro capacità di attivare investimenti e/o servizi assicurativi in grado di aumentare la loro resilienza complessiva a eventi metereologici imprevisti. Tuttavia essendo il focus di questo studio non valutare la capacità di adattamento di una singola impresa ma di un

comparto industriale nel suo complesso, si è deciso di non prendere in considerazione questo parametro legato alla singola impresa e di considerarlo invece come assimilato all'indicatore riguardante la dimensione dell'impresa (semplificando che maggiori sono le dimensioni delle imprese e maggiore è il fatturato).

Alla luce delle considerazioni sopra presentate, la complessità e la varietà delle industrie presenti all'interno dei due contesti industriali oggetto di indagine è stata semplificata prevedendo tre macro categorie semplificate:

- **Manifatturiero di piccole dimensioni (sotto i 50 dipendenti).** Tale categoria comprende le imprese con meno di 50 dipendenti la cui attività prevalente riguarda la fabbricazione di oggetti di consumo;
- **Manifatturiero di grandi dimensioni (sopra i 50 dipendenti).** Tale categoria comprende le imprese con più di 50 dipendenti la cui attività prevalente riguarda la fabbricazione di oggetti di consumo;
- **Uffici e servizi indipendentemente dal numero dei dipendenti.** Tale categoria comprende le imprese piccole, medie e grandi la cui attività prevalente riguarda l'erogazione di servizi.

Le presenti categorie, al fine di potere mantenere una corrispondenza precisa e puntuale con i valori di magnitudo sviluppati all'interno del progetto Life IRIS, sono stati direttamente rapportati con le differenti classi ATECO come semplificato nella Figura 68.

	Codici ATECO di riferimento (Categorie)
Manifatturiero	C,D,E,F
Servizi	G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,S
Settori non considerati	A,B,Q,R,T,U

Figura 68. Corrispondenza tra i codici ATECO e le macro-classi utilizzate nel presente studio.

Questa corrispondenza diretta tra i differenti livelli di magnitudo, ha consentito un raccordo preciso e puntuale con i dati di magnitudo raccolti nel corso del progetto Life IRIS, i quali però sono stati rivisti alla luce delle principali evidenze della letteratura scientifica sul tema. L'esclusione delle categorie ATECO A,B,Q,R,T,U (rispettivamente Agricoltura, estrazioni minerarie, Sanità, attività artistiche e sportive, personale domestico e attività extraterritoriali) è stata giustificata dall'assenza di tali realtà industriali all'interno degli ambiti di studio oggetto della presente ricerca.

All'interno di ciascun dei due ambiti territoriali oggetto di indagine, si è proceduto a modellizzare i valori di magnitudo selezionando una impresa rappresentativa per ciascuna delle tre categorie individuate. Si riportano nella Figura 69 le imprese per le quali si è proceduto a quantificare i livelli di magnitudo per i due eventi meteorologici estremi oggetto di indagine e per ciascuno delle aree di danno aziendale.

	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Ravenna	Cantiere Nautico Dellapasqua	Marcegaglia	SAPIR
Bomporto	Ravel Srl	Dinamic Oil	Evobus

Figura 69. Esempi delle tipologie di imprese che ricadono all'interno delle macro categorie utilizzate.

Per entrambi i casi studio oggetto del presente studio, si è proceduto alla quantificazione della magnitudo utilizzando l'approccio statistico. Nel caso di Bomporto si è utilizzata come base di partenza i dati di magnitudo raccolti nell'ambito del progetto Life IRIS ed in seguito opportunamente rivisti alla luce dei dati di letteratura (come di seguito elencato) in modo da poter consentire una comparabilità con i dati del caso di Ravenna. Nel caso di Ravenna invece ci si è basati totalmente sui dati di magnitudo ricavati dalla letteratura per realtà industriali simili a quelle analizzate.

A partire dall'analisi delle principali evidenze contenute all'interno della letteratura scientifica, si è proceduto ad elaborare uno schema sintetico che permettesse di collegare i valori di magnitudo con le 3 categorie di imprese identificate, mettendoli in relazione tra loro e con i parametri individuati dal CDP. Al fine di comprendere i valori imputati nel modello, si riportano di seguito in maniera sintetica i principali riferimenti alla letteratura scientifica utilizzata per definire i valori di magnitudo. I rapporti utilizzati sono (si evidenzia come questi rapporti sintetizzano al loro interno e mettano a sistema una pluralità di studi scientifici, accademici e non):

- CDP Europe Report 2018. Higher ambitions, higher expectations;
- Life Iris 2018. La valutazione di rischio fisico da cambiamenti climatici negli investimenti finanziari;
- DNV-GL 2017, Indagine sul tema dell'adattamento e della resilienza ai cambiamenti climatici da parte del mondo delle imprese;
- GIZ 2015, Guidelines for Sustainable Industrial Areas (SIA).

Questi studi riportano numerose evidenze circa il fatto che i danni ai beni dell'azienda e l'interruzione della produzione rappresentano, sia per le ondate di calore che per gli eventi metereologici estremi, i due ambiti di danno percepiti con il maggiore potenziale di arrecare danno alle imprese. Questi eventi impattano maggiormente sulle aziende che hanno un processo produttivo, molto meno sulle imprese che producono servizi non avendo quest'ultime macchinari di produzione e/o lunghe catene di approvvigionamento alle spalle (si pensi ad esempio ad un'azienda che assembla componenti meccaniche provenienti da decine di filiere industriali diverse).

Al fine di mettere in relazione tra di loro tutte queste diverse dimensioni ed uniformare in questo modo i valori di magnitudo provenienti dalle fonti sopra riportate, si sono costruite le due tabelle sottostanti (Figura 70 e 71).

	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Ondata di calore			
Danni ai beni dell'azienda	++	+	0
Interruzione della produzione	++	+	0
Responsabilità in illeciti ambientali	0	0	0
Danni alla reputazione	+	+	0
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	+	+	+
Perdita di stabilità finanziaria	+	+	+
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	++	++	0
Danni a infrastrutture/reti	++	++	+

Figura 70. Ondate di calore. Peso relativo dei valori di magnitudo rispetto ad ogni ambito di danno aziendale così come dedotto dall'analisi della letteratura scientifica. I valori sono i seguenti: ++ magnitudo elevata; + magnitudo di media entità; 0 magnitudo bassa.

	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Precipitazioni estreme			
Danni ai beni dell'azienda	++	+	+
Interruzione della produzione	++	++	+
Responsabilità in illeciti ambientali	+	+	0
Danni alla reputazione	+	+	0
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	++	++	+
Perdita di stabilità finanziaria	++	+	+
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	+	+	+
Danni a infrastrutture/reti	++	+	+

Figura 71. Precipitazioni estreme. Peso relativo dei valori di magnitudo rispetto ad ogni ambito di danno aziendale così come dedotto dall'analisi della letteratura scientifica. I valori sono i seguenti: ++ magnitudo elevata; + magnitudo di media entità; 0 magnitudo bassa.

Le due tabelle sovrastanti sono state utilizzate per “depurare” il più possibile dalla componente soggettiva i valori di magnitudo presentati nel paragrafo successivo ed imputati all’interno del modello CAST.

Il CDP Europe Report 2018 (ultima versione disponibile del rapporto), ha svolto una vastissima indagine a livello europeo su migliaia di imprese per comprendere quali sono i principali danni legati ai cambiamenti climatici temuti dalle aziende. I danni maggiormente temuti dalle aziende sono legati ai danni ai beni dell’azienda, interruzione della produzione e danni di tipo fisico legati a infrastrutture e reti. All’interno del report esiste anche un dettaglio per quanto riguarda l’Italia che, basandosi su un campione di 97 imprese intervistate, evidenzia come:

- **88%** delle aziende del campione si attendono sostanziali e rilevanti impatti di tipo finanziario legati ad eventi metereologici estremi connessi con i cambiamenti climatici. Tale impatto finanziario atteso di elevata magnitudo è legato tanto ai potenziali danni ai beni dell’impresa associati ad eventi inaspettati, tanto alla perdita di produttività legate ad interruzioni impreviste nella produzione che a spese impreviste legati a danni di tipo fisico/infrastrutturale;
- **72%** delle aziende del campione sono molto preoccupate dei potenziali impatti negativi sulle infrastrutture fisiche a servizio delle imprese, come ad esempio reti di rifornimento energetico, sistema fognario, beni mobili e immobili legati alle attività produttive dell’impresa;
- Tutti gli altri ambiti di danno vengono percepiti come meno rischiosi in quanto non sono attesi magnitudo particolarmente alte (valori tutti al di sotto del 30%).

L’altro ambito di impatto rilevante è legato alla dimensione delle imprese. Secondo un dettagliato studio condotto dall’*Sant’Anna di Pisa* relativo ai risarcimenti ottenuti dalle imprese in seguito a danni connessi ai cambiamenti climatici, emerge come le aziende di dimensione più grande ottengono danni di magnitudo maggiore rispetto a quelle di dimensione minore (Figura 72).

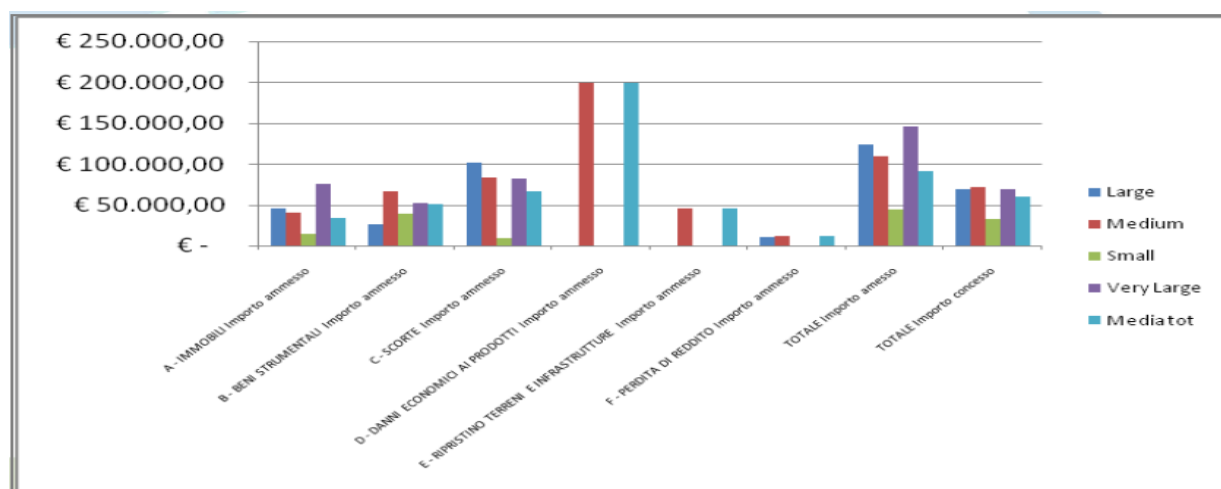


Figura 72. Importi medi ammessi per categoria di danno e dimensione aziendale. Fonte: Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017.

Come evidenziato nella figura sovrastante, in valore assoluto sono le aziende più grandi a subire i danni di maggiore entità e quindi con i costi più elevati. Tuttavia se si va a vedere in valore relativo, sono le aziende più piccole quelle a subire maggiormente i danni legati ad ondate di calore ed eventi meteorologici estremi (Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., 2017; GIZ 2019; DNV-GL 2017). Questo dato è confermato anche da altri studi condotti sul tema (CDP 2017 e 2018) tra cui quello di Unipol (Unipol, 2018) che mostra come l'80% delle PMI che subisce un danno rilevante rischia di chiudere entro tre anni da quell'evento calamitoso.

Sintetizzando i valori contenuti nelle due tabelle sovrastanti, si riportano di seguito in maniera sintetica le principali evidenze dedotte dalla letteratura scientifica.

Relativamente alle ondate calore e alla sua magnitudo in riferimento ai differenti ambiti di danno aziendali associati ai cambiamenti climatici, è possibile affermare che:

- Il settore manifatturiero è impattato in maniera più rilevante e consistente dalle ondate di calore rispetto al settore dei servizi;
- Si registrano danni di entità rilevante connessi alla salute e alla sicurezza dei lavoratori nel settore manifatturiero. Le ondate di calore infatti, possono portare ad un significativo aumento della temperatura reale e percepita all'interno dei luoghi di produzione dei beni (ad esempio all'interno dei capannoni, ecc.), esponendo pertanto i lavoratori a condizioni di lavoro non ottimali e nei casi più estremi anche a malori. Meno esposti invece i servizi, dove nella maggior parte dei casi i dipendenti lavorano all'interno di uffici climatizzati e/o comunque protetti dalle temperature più alte;
- Le temperature elevate, soprattutto se per diversi giorni consecutivi, possono determinare un aumento del livello di stress meccanico a cui alcuni macchinari sono esposti riducendone la vita utile (danni ai beni dell'azienda) e comportando di conseguenza il bisogno da parte dell'impresa di aggiustare il macchinario e/o nei casi peggiori sostituirlo;
- Le temperature elevate, soprattutto se per diversi giorni consecutivi, possono portare ad un maggiore stress degli impianti elettrici e termici a servizio delle imprese comportando potenziali danni a infrastrutture e reti per la trasmissione del calore e/o dell'elettricità;
- Le elevate temperature possono portare ad un potenziale rallentamento delle attività lavorative soprattutto quando queste attività si svolgono in luoghi aperti e/o non climatizzati. Tale rallentamento dei tempi di produzione e/o consegna di un bene può comportare danni alla reputazione dell'azienda stessa, soprattutto nello scenario industriale di oggi in cui la catena logistica richiede dei tempi sempre più stringenti per la consegna dei prodotti (si pensi ad esempio ai modelli di produzione di alcune aziende Just in time, ovvero aziende senza magazzino che necessitano che le merci arrivino esattamente quando richiesto. O si pensi ancora al caso del porto di Ravenna, dove è

documentato che le attività di carico-scarico delle navi porta container possono subire dei ritardi nelle giornate con le temperature più elevate).

Relativamente alle precipitazioni estreme e alla sua magnitudo in riferimento ai differenti ambiti di danno aziendali associati ai cambiamenti climatici, è possibile affermare che:

- Rispetto alle ondate di calore, nel caso di eventi metereologici estremi, la differenza di magnitudo dei danni tra aziende manifatturiere di piccole e media dimensione è più contenuta, soprattutto in termini di interruzione della produzione (una strada allagata blocca la produzione tanto della grande quanto della piccola impresa);
- In casi di eventi alluvionali connessi con un evento meteorologico estremo, le aziende di minori dimensioni subiscono eventi di magnitudo proporzionalmente maggiore rispetto alle aziende di piccole dimensioni;
- Le aziende di maggiore dimensione solitamente dispongono di maggiori risorse per approntare piani e programmi di business continuity e quindi contenere gli impatti negativi legati ad una inaspettata interruzione della produzione;
- Rispetto alle ondate di calore, il settore dei servizi è maggiormente oggetto dei potenziali danni derivanti da eventi metereologici estremi.

Elencate tutte le principali considerazioni che sono state prese in considerazione per l'attribuzione dei valori di magnitudo, si rimanda al paragrafo successivo per vedere nel dettaglio i valori di magnitudo che sono stati imputati all'interno del tool CAST per i casi studio di Ravenna e Bomporto.

4.7 Definizione dei valori di magnitudo per le ondate di calore e le precipitazioni estreme nelle aree oggetto di studio

Nel presente paragrafo si riportano i valori di magnitudo per le ondate di calore e le precipitazioni estreme nelle due aree oggetto di studio. Tali dati di magnitudo sono stati costruiti a partire dagli schemi e dalle considerazioni sopra riportate ed adattati agli specifici contesti territoriali a cui fanno riferimento.

Per quanto riguarda Ravenna le magnitudo più elevate sono associate alle ondate di calore. Per quanto riguarda le precipitazioni estreme infatti, data la conformazione del territorio e la capillare presenza di una diffusa rete drenante delle acque che converge sul Canale Candiano e nelle aree umide che circondano l'area industriale, la magnitudo legata a precipitazioni estreme e/o alluvioni si mantiene sempre su valori medio-bassi.

Ravenna	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Ondata di calore			
Danni ai beni dell'azienda	2	3	1
Interruzione della produzione	1	1	1
Responsabilità in illeciti ambientali	1	1	1
Danni alla reputazione	1	1	1
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	1	1	1
Perdita di stabilità finanziaria	2	1	1
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	4	5	2
Danni a infrastrutture/reti	1	3	1

Figura 73. Ravenna, Ondate di calore. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Ravenna.

Soffermandosi sui dati di magnitudo legati alle ondate di calore a Ravenna (Figura 77), si può osservare come i valori di magnitudo più alti si registrano relativamente ai danni alla salute e alla sicurezza dei lavoratori. Una magnitudo così alta relativamente alla salute dei lavoratori è legata in primo luogo al fatto che nell'area industriale di Ravenna si concentra un elevato numero di imprese con lavorazioni industriali all'interno di grandi capannoni non climatizzati e/o su piazzali in cemento all'aperto (si pensi a tutte le attività legate al porto e alla gestione dei flussi delle merci in entrata ed in uscita). In generale il manifatturiero di grandi dimensioni ha dei valori di magnitudo più alti rispetto a quelle di piccole dimensioni, escluso per quanto riguarda la perdita di stabilità finanziaria.

Ravenna	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Precipitazioni estreme			
Danni ai beni dell'azienda	2	3	2
Interruzione della produzione	2	1	1
Responsabilità in illeciti ambientali	1	1	1
Danni alla reputazione	1	1	1
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	1	1	1
Perdita di stabilità finanziaria	2	3	1
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	1	1	1
Danni a infrastrutture/reti	2	3	1

Figura 74. Ravenna, Precipitazioni estreme. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Ravenna.

Per quanto riguarda i dati di magnitudo legati ad eventi metereologici estremi nell'area industriale del Porto di Ravenna (Figura 74), si evidenzia come i valori di magnitudo si attestino tutti su valori medio-bassi tanto per il settore manifatturiero che per quello dei servizi.

Per quanto riguarda Bomporto, contrariamente da quanto avviene per l'area studio di Ravenna, i valori di magnitudo risultano essere significativamente più alti per quanto riguarda gli eventi metereologici estremi. Questi elevati valori di magnitudo sono giustificati dai danni effettivamente registrati all'interno del comparto di Bomporto durante i diversi eventi alluvionali che si sono susseguiti nell'ultimo decennio. Questi eventi alluvionali hanno generato notevoli danni soprattutto alle infrastrutture fisiche e ai beni delle aziende insediate, con pesanti ripercussioni economiche a livello dell'intero comparto.

Bomporto	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Ondata di calore			
Danni ai beni dell'azienda	1	2	1
Interruzione della produzione	1	1	1
Responsabilità in illeciti ambientali	1	1	1
Danni alla reputazione	2	2	2
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	2	2	2
Perdita di stabilità finanziaria	1	1	1
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	2	3	2
Danni a infrastrutture/reti	1	2	1

Figura 75. Bomporto, Ondate di calore. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Bomporto.

Per quanto riguarda le ondate di calore (Figura 75), nel comparto industriale di Bomporto si registrano tutti valori di magnitudo medio-bassi, senza significative differenze tra il comparto manifatturiero e quello legato ai servizi e agli uffici.

Bomporto	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Precipitazioni estreme			
Danni ai beni dell'azienda	3	5	3
Interruzione della produzione	5	3	3

Responsabilità in illeciti ambientali	2	3	3
Danni alla reputazione	2	3	3
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	2	2	2
Perdita di stabilità finanziaria	5	4	4
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	2	2	2
Danni a infrastrutture/reti	3	4	3

Figura 76. Bomporto, Precipitazioni estreme. Schema riepilogativo dei valori di magnitudo imputati nel tool CAST per tipologia di impresa e tipologia di danno per l'area studio di Bomporto.

Soffermandosi infine sui dati di magnitudo legati agli eventi metereologici estremi nel comparto industriale di Bomporto (Figura 76), si evidenziano dei valori di magnitudo medio-alti in molte delle categorie di danno. I valori di magnitudo più alti si hanno in corrispondenza del settore manifatturiero ed in particolare in riferimento ai danni ai beni delle aziende, danni alle infrastrutture e alle reti e di conseguenza un potenziale impatto di magnitudo elevata per quanto riguarda la stabilità finanziaria delle imprese (soprattutto quelle manifatturiere di piccola dimensione).

4.8 Quantificazione dei rischi meteo-climatici nelle due aree oggetto di studio. Definizione dei profili di rischio per tipologia di danno e di evento nello scenario di riferimento (2019)

Nel presente paragrafo si riporta la sintesi grafica della quantificazione dei rischi meteo-climatici nelle due aree oggetto di studio per tipologia di danno e di evento. Questi dati rappresentano il profilo di rischio delle due aree oggetto di studio allo stato attuale. Rappresentano pertanto lo scenario di riferimento su cui si andrà a testare in seguito l'effetto in termini di riduzione dei rischi delle NBS. I valori di seguito presi come riferimento sono i "valori di rischio massimi" restituiti dal tool CAST. La scelta dei valori massimi è in linea con quanto solitamente avviene in letteratura e con quanto prescrive l'IPCC per condurre valutazioni di questo tipo. Infatti a livello globale tutte le previsioni fino a qui condotte hanno dimostrato un allinearsi dei modelli e degli scenari verso i livelli di rischio più alti (IPCC, 2015).

Per quanto riguarda Bomporto, il grafico relativo al profilo dei rischi climatici al 2019 per tipologia di danno mostra come l'area in questione sia interessata da un rischio medio per quanto riguarda le precipitazioni estreme e le ondate di calore. Trascurabili gli altri impatti climatici.

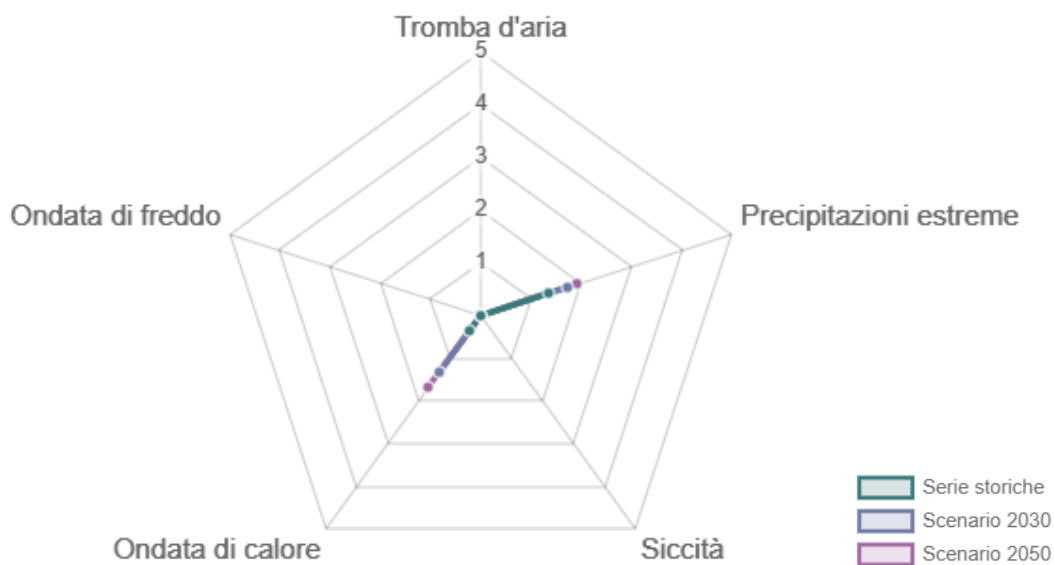


Figura 77. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per tipologia di danno. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

I profili di rischio per ambito aziendali di danno sono invece stati calcolati per ciascuna delle tre tipologie di aziende prese in considerazione nel presente studio.

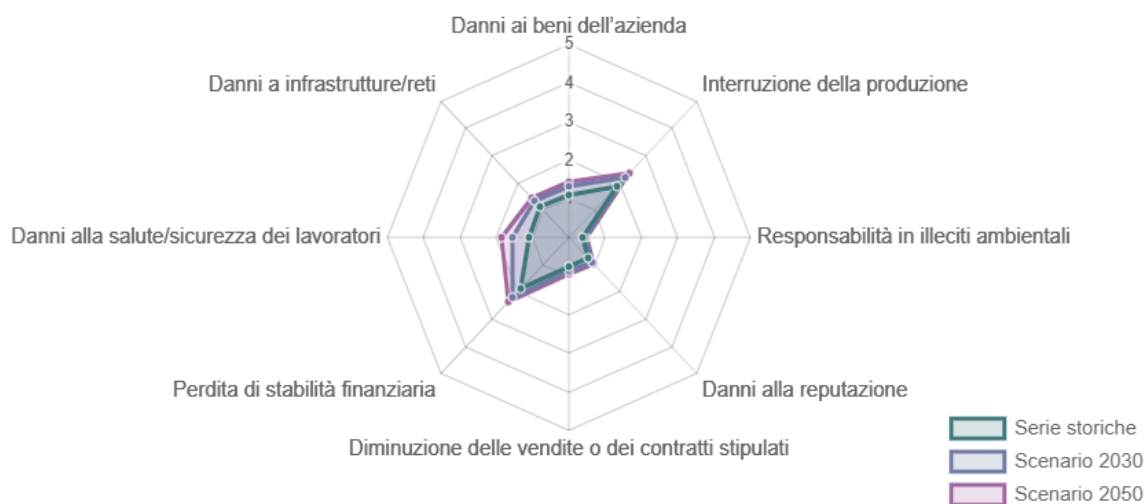


Figura 78. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

Nell'area industriale di Bomporto, per quanto riguarda un'azienda manifattura di piccole dimensioni (Figura 78), è possibile osservare come i due ambiti di danno maggiormente interessati dai cambiamenti climatici sono la perdita di stabilità finanziaria e l'interruzione della produzione.

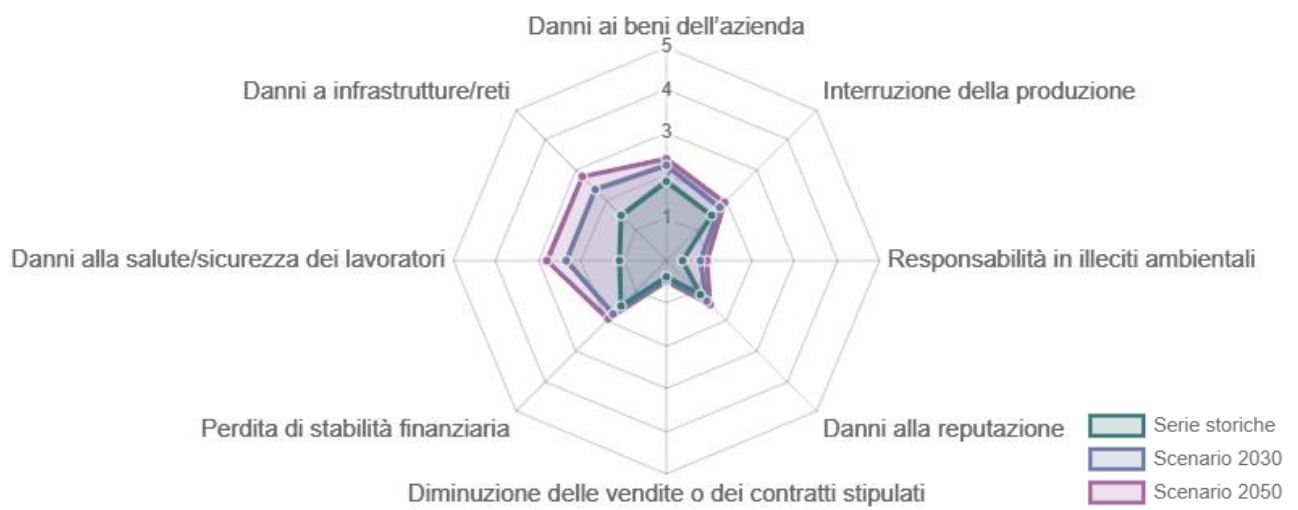


Figura 79. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

Nell'area industriale di Bomporto, per quanto riguarda un'azienda manifattura di grandi dimensioni (Figura 79), è possibile osservare come i due ambiti di danno maggiormente interessati dai cambiamenti climatici sono i danni alla salute e alla sicurezza dei lavoratori e danni a infrastrutture e reti.

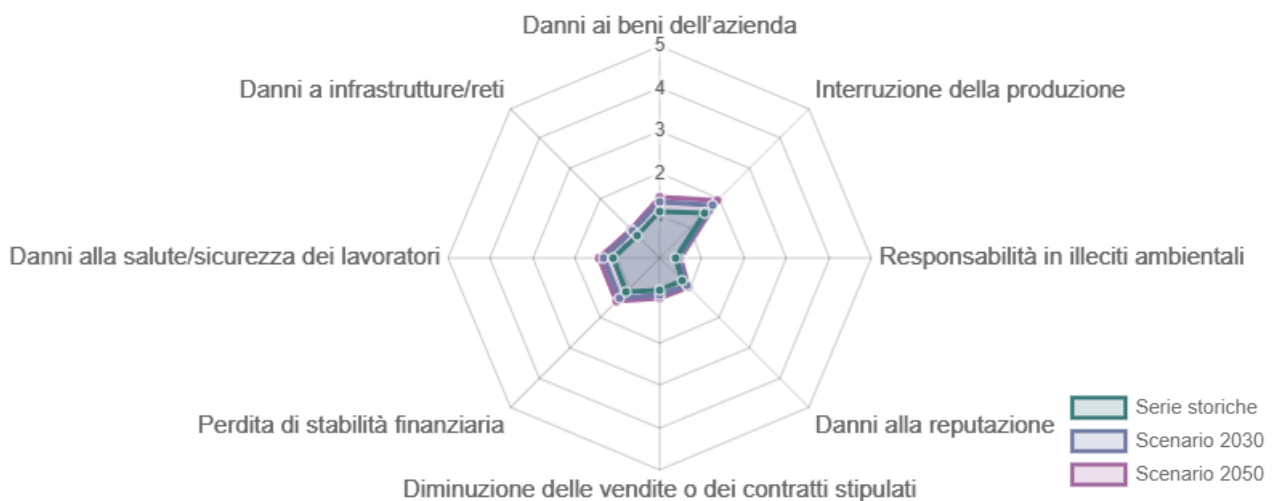


Figura 80. Bomporto. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda di servizi/uffici. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

Nell'area industriale di Bomporto, per quanto riguarda un'azienda di servizi/uffici (Figura 80), è possibile osservare come nessun ambito di danno venga particolarmente interessato dai cambiamenti climatici fatta esclusione dell'ambito interruzione della produzione.

Per quanto riguarda Ravenna, il grafico relativo al profilo dei rischi climatici al 2019 per tipologia di danno mostra come l'area in questione sia interessata prevalentemente dalle ondate di calore e solo in piccola misura dalle precipitazioni estreme e le ondate di calore. Trascurabili gli altri impatti climatici.

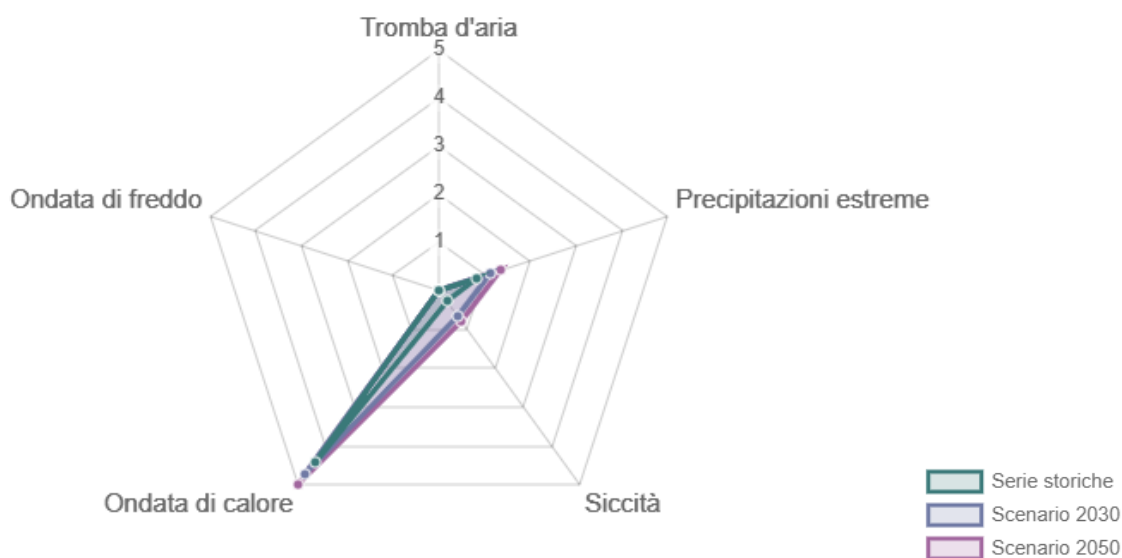


Figura 81. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per tipologia di danno. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

I profili di rischio per ambito aziendali di danno sono invece stati calcolati per ciascuna delle tre tipologie di aziende prese in considerazione nel presente studio.

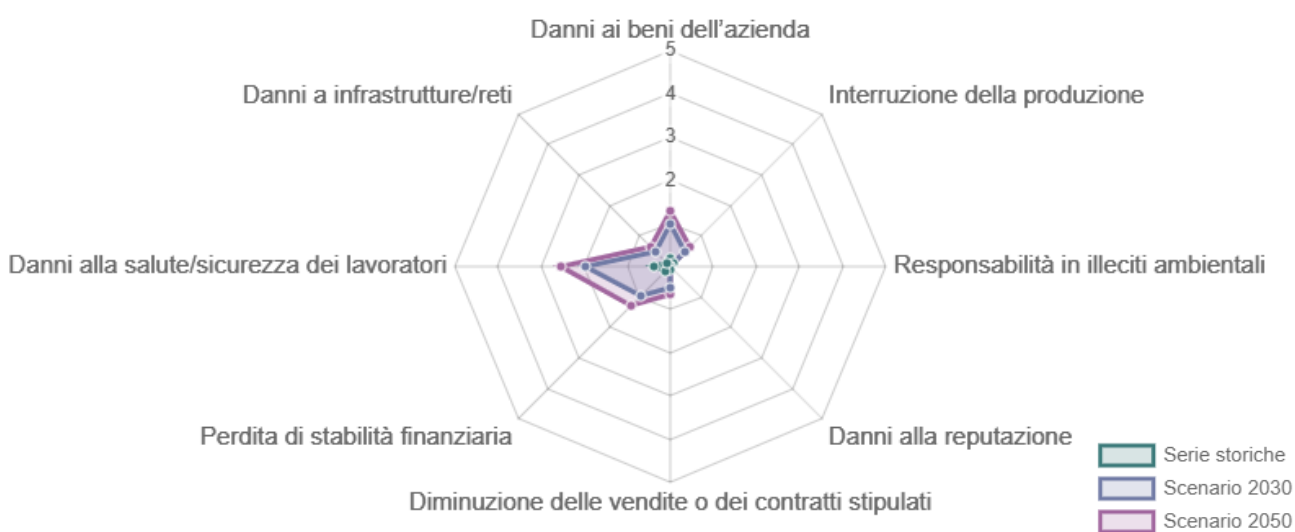


Figura 82. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

Nell'area industriale del porto di Ravenna, per quanto riguarda un'azienda manifattura di piccole dimensioni (Figura 82), è possibile osservare come l'ambito di danno maggiormente interessato dai cambiamenti climatici è danni alla salute/sicurezza dei lavoratori.

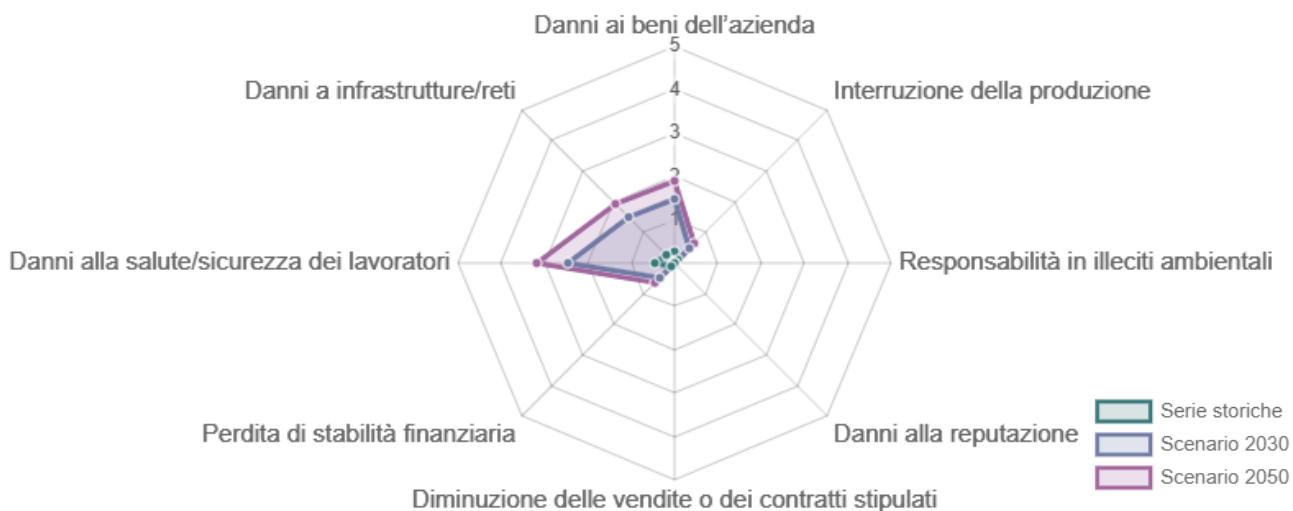


Figura 83. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

Nell'area industriale del porto di Ravenna, per quanto riguarda un'azienda manifattura di grandi dimensioni (Figura 83), è possibile osservare come l'ambito di danno maggiormente interessato dai cambiamenti climatici è danni alla salute/sicurezza dei lavoratori.

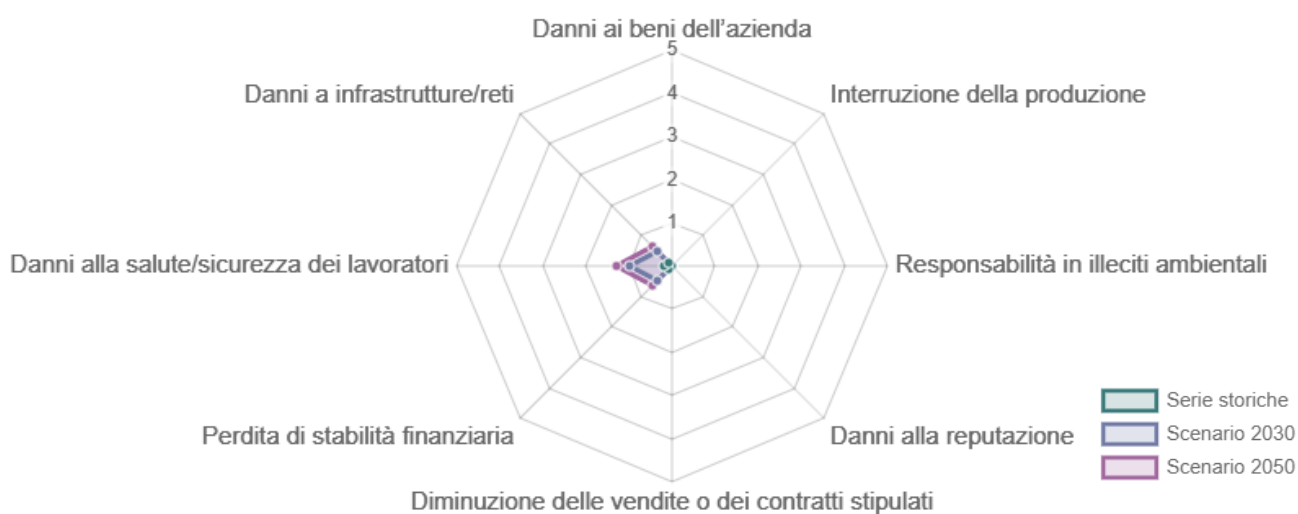


Figura 84. Ravenna. Profilo dei rischi climatici al 2019 per ambito di danno per un'azienda di servizi/uffici. Fonte: Elaborazione propria mediante il tool CAST

Nell'area industriale del porto di Ravenna, per quanto riguarda un'azienda di servizi/uffici (Figura 84), è possibile osservare come nessun ambito di danno venga particolarmente interessato dai cambiamenti climatici.

4.9 Modellizzazione del “potenziale di adattamento” delle misure di tipo Nature-Based (NBS)

Definiti i differenti profili di rischio per ciascuna delle singole tipologie di imprese nei tre scenari temporali di riferimento, si è proceduto alla modellizzazione all'interno del tool CAST degli interventi NBS. Questa modellizzazione rappresenta una parte fondamentale del presente studio. In linea con la letteratura scientifica sulle NBS analizzata nel paragrafo I, sono stati modellizzati i tre seguenti interventi NBS:

- **Pavimentazioni permeabili esterne.** Tale intervento riguarda il recupero di spazi permeabili nelle pavimentazioni esterne di strade e piazzali rispetto all'asfalto tradizionale tramite interventi di tipo NBS come ad esempio prati, terra battute e pavimentazioni drenanti;
- **Soluzioni verdi di isolamento termico (Tetti verdi).** Tale intervento riguarda la realizzazione di tetti verdi, giardini pensili e verde verticale per aumentare l'isolamento termico degli edifici e i tempi di corruzione delle acque meteoriche;
- **Aree verdi.** Tale intervento riguarda la realizzazione nelle aree di proprietà della azienda e/o nelle sue immediate vicinanze e/o in corrispondenza di aree comuni di zone verdi alberate per ridurre l'effetto dell'isola di calore e migliorare il deflusso delle acque meteoriche in caso di precipitazioni estreme.

Sono stati individuati questi tre specifici interventi di tipo NBS in quanto sono quelli che meglio si prestano per contesti industriali (Life Iris, 2018) come quelli analizzati nei casi studio di Bomporto e Ravenna. Dato il focus del presente studio si è deciso di focalizzarsi su questi tre interventi che per natura e caratteristiche sono realizzabili in contesti costruiti industriali e che hanno un impatto specifico sui due specifici fenomeni meteorologici estremi (ondate di calore e precipitazioni estreme) presi in considerazione.

Individuate le soluzioni di tipo NBS di interesse, si è proceduto a definire per ciascuna di essa la sua capacità di adattamento. Per **capacità di adattamento**, si intende la potenzialità dell'azione di incidere positivamente sulla capacità del sito di far fronte al cambiamento climatico (EEA, 2016).

Capacità di adattamento. Si intende la potenzialità di un'azione di incidere positivamente sulla capacità di un sito di far fronte al cambiamento climatico (EEA, 2016).

La capacità di adattamento è stata valutata su una scala di 5 livelli per ciascun ambito di danno aziendale associato ai cambiamenti climatici. Tale scala a cinque livelli è stata così articolata:

- **Capacità di adattamento 1.** Capacità di adattamento limitata;
- **Capacità di adattamento 2.** Capacità di adattamento buona;
- **Capacità di adattamento 3.** Capacità di adattamento intermedia;
- **Capacità di adattamento 4.** Capacità di adattamento alta;
- **Capacità di adattamento 5.** Capacità di adattamento molto alta.

L'attribuzione dei singoli valori numerici è stata realizzata integrando i valori contenuti all'interno del tool CAST, le evidenze della letteratura scientifica con un focus specifico sull'adattamento delle aree industriali e alcuni casi studio esemplificativi. Esistono infatti numerosi studi e paper che quantificano, in maniera più o meno oggettiva, la capacità di adattamento delle misure di tipo NBS analizzate. Le modalità con cui la capacità di adattamento delle diverse NBS viene misurata è estremamente varia, ma nella maggior parte dei casi analizzati si tratta di valutazioni di tipo qualitativo. Si evidenzia inoltre le difficoltà riscontrate nel portare in contesti molto specifici come quelli analizzati, delle evidenze scientifiche molto legate a contesti locali o comunque riferite ad aree geografiche differenti da quelle analizzate nel presente studio. Permangono pertanto alcune criticità legate alla generalizzazione dei valori di capacità di adattamento attribuiti alle tre differenti NBS.

In letteratura, come efficacemente sintetizzato nella Figura 85, esistono però evidenze consolidate circa l'efficacia di alcune NBS su alcuni specifici ambiti. Esistono infatti soluzioni in grado di intervenire solo su un determinato target di adattamento, altre invece in grado di intervenire su più target contemporaneamente (D'Ambrosio V., Leone M. F., 2017).

ID	CLASS	TECHNICAL ALTERNATIVE	SUB SYSTEM	ADAPTATION TARGET	TECHNICAL VARIABLES
CPT02	Ground floor	SIDEWALKS	Buildings	Pluvial Flooding	Percentage of application on street front (25%, 50%, 75%, 100%)
IOO01	Roof system	GREEN ROOFS (EXTENSIVE)	Buildings Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Insulation material (wood fiber, rock wool, EPS) Insulation thickness (4, 6, 8, 10 cm) Growing medium thickness (10, 20 cm) Percentage of application on roof surface (30%, 50%, 70%, 100%)
IOV01	Wall	VENTILATED FACADES	Buildings	Heat Wave	Insulation material (wood fiber, rock wool, EPS) Insulation thickness (4, 6, 8, 10 cm)
ITR01	Glazing system	SHADING	Buildings	Heat Wave	Angle (0°, 15°, 30°, 45°)
PES04	Outdoor pavements	OPEN JOINT PAVEMENTS	Open Spaces	Heat Waves Pluvial Flooding	Surface material (Concrete blocks, stone blocks, concrete slabs) Percentage of application on paved surface (30%, 50%, 70%, 100%)
PES05	Outdoor pavements	GRASSED JOINT PAVEMENTS	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Surface material (Concrete blocks, stone blocks, concrete slabs) Percentage of application on paved surface (30%, 50%, 70%, 100%)
SSA02	Outdoor shadings	REMOVABLE CANOPIES	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Surface color (light, medium, dark) Percentage of application on horizontal surface (5%, 10%, 15%, 20%)
SVR01	Vegetation	GREEN AREAS	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Percentage of application on horizontal surface (15%, 30%, 45%, 60%)
SVR02	Vegetation	TREE ROWS	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Distance between trees (2 mt., 2,5 mt., 3 mt)
SVR03	Vegetation	RAIN GARDENS / BIOSWALES	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Percentage of application on horizontal surface (3%, 5%, 8%, 10%)
WBD01	Water bodies	RETENTION BASINS	Open Spaces	Pluvial Flooding	Basin's volume
WBD02	Water bodies	POOLS AND FOUNTAINS	Open Spaces	Heat Wave Pluvial Flooding	Percentage of application on horizontal surface (2%, 3%, 5%, 6%)

Figura 85. Elenco di alcune misure di interventi NBS e della loro efficacia in termini di target di adattamento e variabili tecniche. Fonte: D'Ambrosio V., Leone M. F., 2017

L'attribuzione dei valori numerici alla capacità di adattamento di ciascuno dei tre interventi NBS è avvenuta partendo dai valori già contenuti all'interno del tool CAST, rivisti alla luce delle evidenze scientifiche contenute in studi tecnici di settore e di alcuni casi studio selezionati per la similarità con i due casi studio analizzati.

Per quanto riguarda il tool CAST, esso fornisce in automatico dei valori preimpostati relativi alla capacità di adattamento dei singoli interventi NBS e di un'altra molteplicità di misure di adattamento (22 in totale). Queste misure sono riportate nei dettagli nel rapporto tecnico del progetto Life IRIS dal titolo "Linee Guida per un'industria resiliente". I valori predefiniti dell'elenco di azioni fornite da CAST sono state elaborate durante il progetto riferendosi ad interviste con esperti. Per garantire la massima affidabilità dei dati imputati e per avere un controllo totale sia sulla metodologia che sui valori utilizzati, si è proceduto a fare un check aggiuntivo sulla base delle principali evidenze contenute in letteratura e nello specifico in alcuni casi studio.

Per quanto riguarda la letteratura tecnica di riferimento, si è fatto riferimento principalmente ai seguenti studi:

- Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. (Eds.), 2019. ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook. ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme;
- Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A (2017), Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas, Springer;
- Hartmann T., Slavikova L., McCarthy S. (2019), Nature-Based Flood Risk Management on Private Land, Springer.

Per quanto riguarda la ricerca di casi studio in cui sono stati testati interventi di adattamento mediante la realizzazione di NBS, sono stati consultati tre database disponibili a livello internazionale ed europeo:

- **Climate Adapt. Case Studies Research Tool**⁷, banca dati di oltre cento casi studio provenienti da tutto il mondo;
- **Green-blue design tool**⁸. Archivio di 117 casi studio con un focus specifico sulla progettazione delle NBS a livello internazionale;
- **Urban nature Atlas**⁹. Al suo interno 184 casi studio legati a NBS e Green Infrastructure.

Tra i tanti casi studio visionati, ne sono stati selezionati alcuni ritenuti particolarmente rilevanti per il dettaglio dei dati tecnici forniti in merito alle tre soluzioni NBS identificate e per la similarità dei profili meteo climatici con i due casi studio analizzati nel presente studio (Figura 86).

⁷ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/case-studies-climate-adapt>

⁸ <https://www.urbangreenbluegrids.com/design-tool/>

⁹ https://naturvation.eu/atlas?f%5B0%5D=field_ecological_domains%3A17

Caso studio	Paper di riferimento	Evidenze su interventi NBS
New York	Eaton, T. T. (2018). Approach and case-study of green infrastructure screening analysis for urban stormwater control.	Aree Verdi, Pavimentazioni sostenibili
Roma	Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., & Manes, F. (2019). Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy.	Aree Verdi, Pavimentazioni sostenibili, Tetti Verdi
Trieste	Berto, R., Stival, C. A., & Rosato, P. (2018). Enhancing the environmental performance of industrial settlements: An economic evaluation of extensive green roof competitiveness.	Tetti Verdi
Bacino Padano, Fiume Po	Masseroni, D., & Cislighi, A. (2016). Green roof benefits for reducing flood risk at the catchment scale. <i>Environmental Earth Sciences</i> , 75(7)	Aree Verdi, Pavimentazioni sostenibili, Tetti Verdi
Atene	Spala, A., Bagiorgas, H. S., Assimakopoulos, M. N., Kalavrouziotis, J., Matthopoulos, D., & Mihalakakou, G. (2008). On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece.	Tetti Verdi
Bologna	Cipolla, S. S., Maglionico, M., & Stojkov, I. (2016). A long-term hydrological modelling of an extensive green roof by means of SWMM. <i>Ecological Engineering</i> , 95, 876–887.	Tetti Verdi

Figura 86. Sintesi dei principali casi studio presi come riferimento per il controllo dei valori relativi alla capacità di adattamento delle NBS del tool CAST.

Da queste fonti sono state ricavate le evidenze per costruire le matrici della capacità di adattamento per ciascuna delle tre misure individuate e declinate per ogni singolo evento meteorologico e singolo ambito di danno aziendale associato ai cambiamenti climatici. Di fatto sono stati confermati i valori preimpostati nel modello CAST in quanto in linea con le evidenze scientifiche raccolte e presentate nel presente paragrafo. Si riportano di seguito le matrici dei valori che sono state utilizzate all'interno del modello CAST (Figura 87).

	Pavimentazioni permeabili esterne	Soluzioni verdi di isolamento termico	Aree verdi
Ondata di calore			
Danni ai beni dell'azienda	2	4	3
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	1	1	1
Perdita di stabilità finanziaria	2	1	1
Responsabilità in illeciti ambientali	1	1	1
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	3	4	3
Danni a infrastrutture/reti	2	1	1
Danni alla reputazione	2	4	2
Interruzione della produzione	2	4	2
Potenziale di adattamento complessivo	2	4	2

Figura 87. Capacità di adattamento delle NBS in relazione alle ondate di calore. Fonte: Elaborazione propria.

Il contributo delle NBS nel contrastare le ondate e le isole di calore è ampiamente trattato sia in letteratura che nei manuali tecnici. Numerosi studi dimostrano ad esempio come i tetti verdi riducono le variazioni di temperatura interna degli edifici riducendone i consumi energetici e migliorando le condizioni climatiche interne (Berardi et al., 2014; Castleton et al., 2010; Jim, 2014b; Wang et al., 2014). La manualistica tecnica suggerisce in tutti i contesti l'uso del verde urbano come efficace misura di mitigazione dell'effetto isola di calore (EPA, 2011). Si tratta di un utilizzo del verde orientato alla riduzione delle superfici impermeabili urbane, fonti di accumulo di calore, e di aumento dell'ombreggiatura attraverso l'uso di alberature. Una tipologia di interventi che viene adottata in numerose città a livello globale anche come intervento di laminazione delle acque meteoriche (Mentens J., Raes D., Hermy M., 2006). I tetti verdi, grazie alla loro funzione di cappotto verde, riescono ad abbattere la temperatura del lastrico solare anche di 25 gradi centigradi, con una forte riduzione del flusso di calore verso l'interno dell'abitazione (ENEA, 2013). Inoltre le coperture verdi sono utili anche nel migliorare l'isolamento termico degli ultimi piani degli edifici e contribuiscono a ridurre la pericolosità di eventi meteorologici estremi, come forti acquazzoni, che si abbattano sempre più spesso sulle città mediterranee a causa del cambiamento climatico (ENEA, 2013).

Più complicato invece modellizzare con precisione l'impatto delle NBS nel ridurre gli effetti negativi delle precipitazioni estreme su edifici e persone (EEA, 2017). In letteratura si individuano tuttavia due fattori progettuali chiave che una NBS deve avere per essere efficace nel ridurre gli effetti delle precipitazioni estreme (EEA, 2017):

- Migliorare il **deflusso** delle acque meteoriche;
- Aumentare il livello di **infiltrazione** delle acque meteoriche.

Le NBS sono efficaci nel contrastare gli effetti delle precipitazioni meteoriche se sono in grado di garantire un migliore deflusso delle acque meteoriche. Migliorare il deflusso grazie alle NBS vuol dire progettare interventi in grado di contenere il più possibile la quantità di acqua di un violento evento temporalesco che deve immettersi nel sistema fognario urbano o nei sistemi di deflusso delle acque esistenti. Solitamente le canalizzazioni non sono dimensionate per portate di acqua eccezionali associate ad eventi violenti, quindi più acqua si riesce ad intercettare prima del sistema fognario e minore sarà il rischio di danni. Uno dei modi più efficaci di intervenire in tale senso è lo sfruttamento di ogni superficie utile, soprattutto quelle delle grandi superfici commerciali e industriali, come superficie permeabile. Grandi parcheggi di centri commerciali, piazzali aziendali, coperture di capannoni, aree completamente asfaltate, cortili, ecc. che devono essere riprogettate e riconvertite in aree drenanti. I sistemi per poterlo fare ci sono tutti: pavimentazioni a verde, sterrati, calcestruzzi drenanti, pavimentazioni a verde stabilizzato.

Le NBS sono efficaci nel contrastare gli effetti delle precipitazioni meteoriche se sono in grado di garantire una migliore infiltrazione delle acque meteoriche. I sistemi di infiltrazione possono essere classificati in “impianti d'infiltrazione superficiale e impianti sotterranei d'infiltrazione. L'infiltrazione superficiale avviene tramite immissione superficiale delle acque meteoriche in superfici piane, in fossi o in bacini. In questi casi di regola l'infiltrazione avviene attraverso uno strato superficiale di terreno organico rinverdito che assicura una buona depurazione delle acque meteoriche. Nei sistemi sotterranei d'infiltrazione l'acqua meteorica viene immessa in trincee d'infiltrazione o in pozzi perdenti. Questi sistemi hanno il vantaggio di avere un minore fabbisogno di superficie filtrante, però si perdono quasi tutti gli effetti depurativi perché non viene attraversato lo strato superficiale del terreno” (Provincia di Bolzano, 2016). Se si hanno a disposizione aree verdi più estese come giardini aziendali, parchi pubblici o aree non edificate, è possibile progettare e costruire bacini d'infiltrazione più profondi, sempre a verde, o delle aree progettate appositamente più basse del livello del terreno circostante in modo che, in caso di necessità, possano essere allagate.

	Pavimentazioni permeabili esterne	Soluzioni verdi di isolamento termico	Aree verdi
Precipitazioni estreme			
Danni ai beni dell'azienda	2	2	4
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	1	2	2
Perdita di stabilità finanziaria	2	1	2
Responsabilità in illeciti ambientali	1	1	2
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	2	2	4
Danni a infrastrutture/reti	2	2	4
Danni alla reputazione	2	1	1
Interruzione della produzione	2	2	3
Potenziale di adattamento complessivo	3	2	4

Figura 88. Capacità di adattamento delle NBS in relazione alle precipitazioni estreme. Fonte: Elaborazione propria.

Riassumendo le principali evidenze raccolte, la capacità di adattamento dei tre interventi NBS sono state così modellizzate:

- I tetti verdi sono particolarmente efficaci nel ridurre le temperature interne degli edifici soprattutto durante potenziali ondate di calore nei periodi estivi ma contribuiscono anche ad una migliore gestione dello smaltimento delle acque piovane durante eventi meteorologici estremi;
- Le aree verdi sono particolarmente efficaci nel ridurre i danni che si associano nel caso di eventi meteorologici estremi e contribuiscono anche alla riduzione delle temperature all'interno dei luoghi di lavoro;
- Le pavimentazioni permeabili hanno buona capacità di ridurre il rischio associato sia alle isole di calore che alle precipitazioni estreme.

Per ragioni di semplicità e di funzionamento del tool CAST, si è proceduto a condurre le due seguenti semplificazioni metodologiche:

- Si è simulato che ciascuna delle aziende analizzate attui tutti e tre gli interventi NBS, in un mix bilanciato che ne consenta un impatto in termini di riduzione del rischio climatico complessivo significativo e rilevante dal punto di vista progettuale;
- Per limiti intrinseci al tool CAST, si è considerato che tutti gli interventi di tipo NBS verranno completati nel periodo 2020-2025.

Le misure NBS non vanno tuttavia pensate e progettate in relazione ad un solo fenomeno meteorologico. Le NBS hanno infatti per loro natura una doppia funzionalità in grado di “offrire una risposta alle soluzioni di verde urbano normalmente proposte per la mitigazione dell’effetto isola di calore, soprattutto in contesti come quelli del nord Italia, in cui l’emergenza climatica primaria è rappresentata dalla gestione delle acque di pioggia, e dove il tema del calore urbano passa spesso in secondo piano” (Musco F, Fregolent L, 2017). Trattare congiuntamente le due tematiche potrebbe guidare quindi a una massimizzazione degli effetti e a un’ovvia maggiore sostenibilità economica degli interventi.

4.10 Risultati della modellizzazione in termini di riduzione dei rischi climatici al 2030 e al 2050 per le diverse tipologie di imprese dopo l'attuazione di interventi NBS

Nel presente paragrafo si presentano, per ciascuna delle singole aziende analizzate, i risultati della modellizzazione in termini di riduzione dei rischi climatici al 2030 e al 2050 per le diverse tipologie di imprese dopo l'attuazione di interventi NBS.

La riduzione del rischio nel medio e lungo periodo associato ai cambiamenti climatici delle singole imprese derivante dalla realizzazione di interventi NBS, è stata calcolata per ciascuno degli ambiti di danno individuati. I valori di rischio, sono stati restituiti in una scala che va a 1 a 5 così articolata:

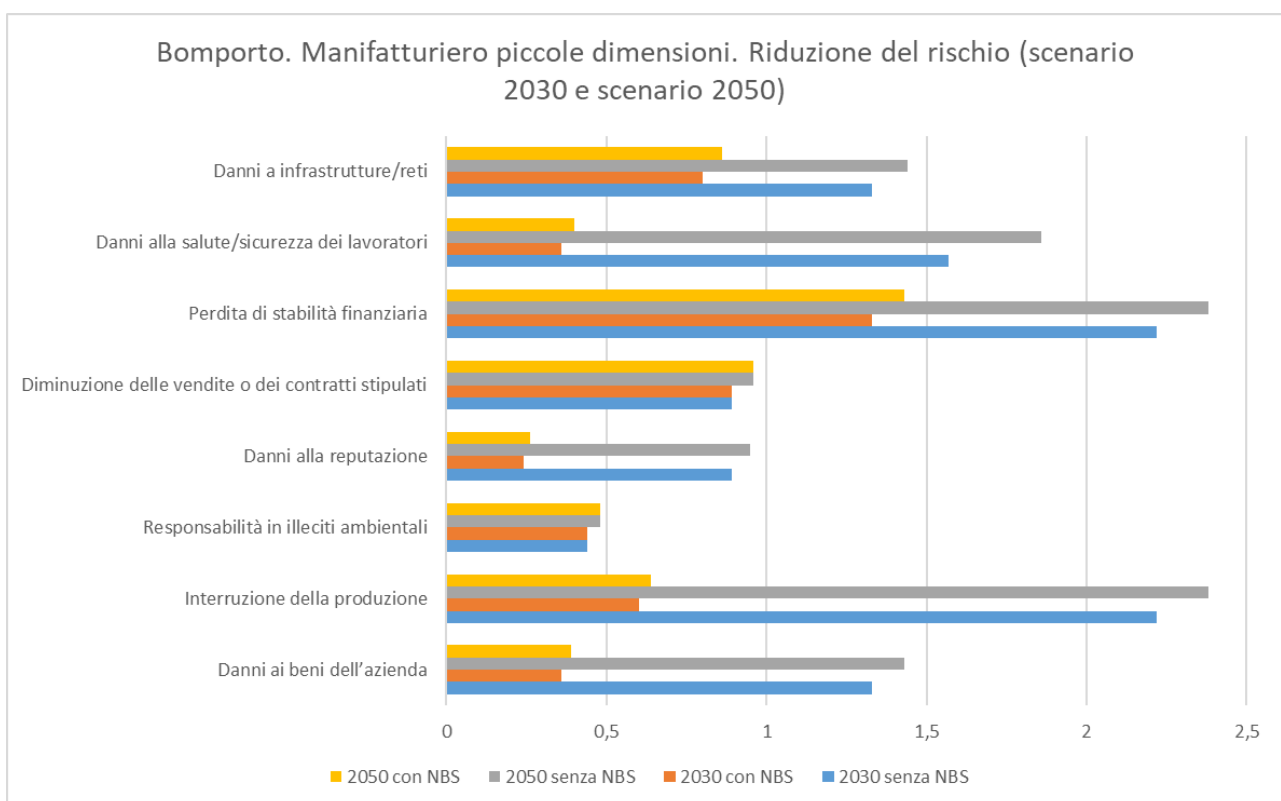
- **Rischio climatico basso** ($R < 1$). Per rischio climatico basso si intende un livello di rischio che ha una bassa probabilità di accadimento ed una bassa magnitudo. Non si rendono pertanto necessari specifici interventi per ridurre la propria esposizione;
- **Rischio climatico medio** ($1 < R < 2$). Per rischio climatico medio si intende un livello di rischio in cui un'azienda può subire dei danni, anche rilevanti, legati agli effetti dei cambiamenti climatici. Si tratta infatti di rischi in cui sia la probabilità di accadimento che la magnitudo dei singoli fenomeni possono assumere valori tali da giustificare interventi di adattamento;
- **Rischio climatico elevato** ($2 < R < 5$). Per rischio climatico elevato si intende un livello di rischio su cui è necessario intervenire con particolare attenzione e forza in quanto associato a eventi climatici con magnitudo alta e probabilità di accadimento da medie a alte.

I valori di rischio climatico, in riferimento allo scenario a medio termine 2030 e a quello a lungo termine 2050, sono stati restituiti combinando tra loro gli effetti delle ondate di calore e le precipitazioni estreme. Si riportano nei paragrafi seguenti i valori ricavati dalla modellizzazione con il tool CAST suddivisi per ambito di studio e singola azienda analizzata.

Relativamente alla metodologia di calcolo, si ricorda che si è ipotizzato che tutti gli interventi NBS vengano realizzati tra il 2020 e il 2025 e che i loro effetti in termini di riduzione del rischio si manifestino subito in tutto il suo massimo potenziale in termini di capacità di adattamento. I valori al 2030 e al 2050 pertanto non vanno letti come valori "cumulati" anno per anno, ma come una specie di fotografia dello stato di fatto nel 2030 e nel 2050.

4.10.1 Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per l'area industriale di Bomporto

L'analisi del rischio climatico per le aziende di Bomporto al 2030 e al 2050 ha evidenziato come per l'area industriale di Bomporto il rischio climatico più rilevante sia legato agli eventi meteorologici estremi che già in passato hanno funestato quest'area con gravi danni per le imprese. I profili di rischio climatico e il loro andamento al 2030 e al 2050 sono quindi fortemente legati alla forte probabilità che la frequenza di questi eventi andrà ad intensificarsi come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto. Si spiegano così i valori elevati di rischio climatico registrati nell'area industriale di Bomporto per gli ambiti di danno perdita di stabilità finanziaria e interruzione della produzione. Si tratta infatti degli ambiti di danno che maggiormente si legano agli eventi meteorologici estremi che rallentano e/o bloccano i processi produttivi (sia produzione aziendale vera e propria che la supply chain a monte e a valle del processo produttivo in termini di rifornimenti e consegna ai clienti finali), con conseguente necessità di sostenere costi elevati per ripristinare i fattori di produzione in tempi rapidi e in maniera sicura.

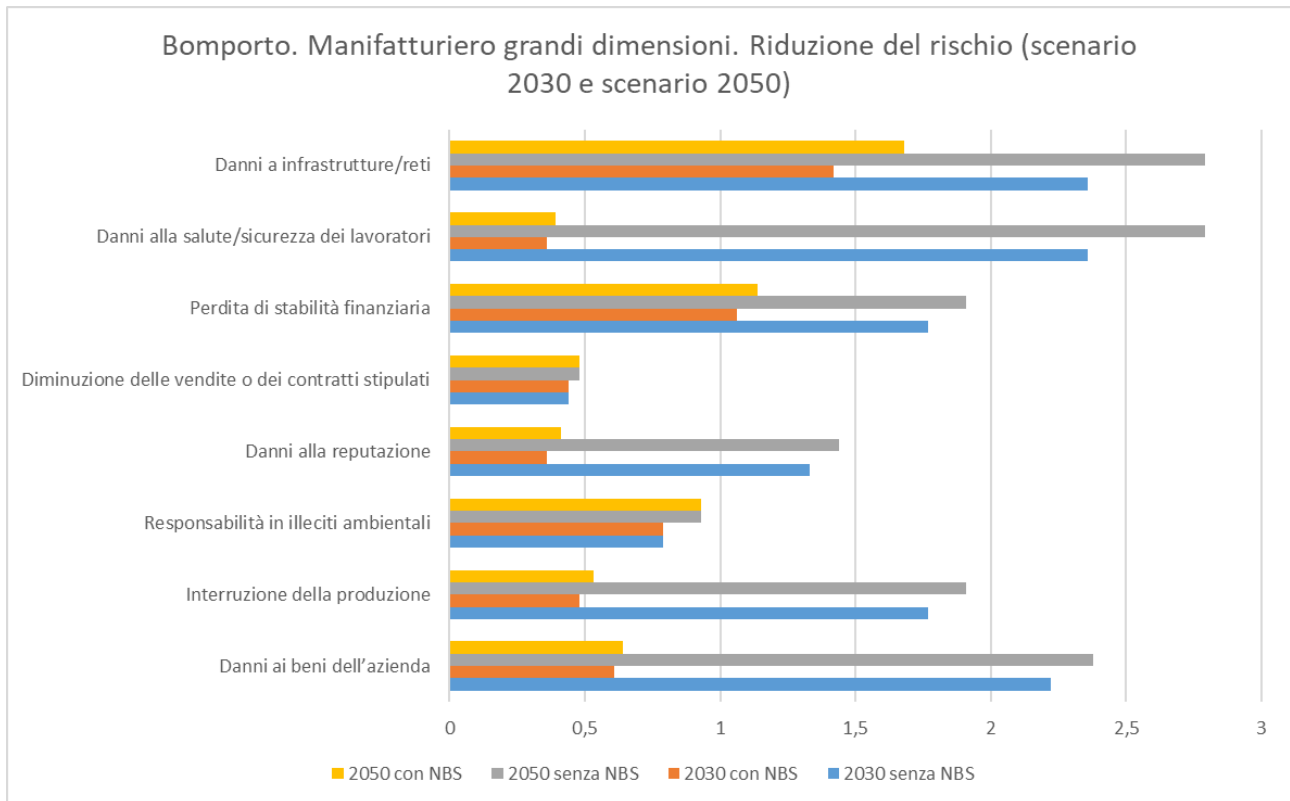


Bomporto. Manifatturiero piccole dimensioni						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	1,33	0,36	-72,9%	1,43	0,39	-72,7%
Interruzione della produzione	2,27	0,6	-73,6%	2,44	0,64	-73,8%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,44	0,44	0,0%	0,48	0,48	0,0%
Danni alla reputazione	0,89	0,24	-73,0%	0,95	0,26	-72,6%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,89	0,89	0,0%	0,96	0,96	0,0%
Perdita di stabilità finanziaria	2,22	1,33	-40,1%	2,38	1,43	-39,9%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	1,57	0,36	-77,1%	1,86	0,4	-78,5%
Danni a infrastrutture/reti	1,33	0,8	-39,8%	1,44	0,86	-40,3%

Figura 89. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

Analizzando nello specifico i dati emersi dalla modellizzazione condotta con il tool CAST e sintetizzati nella Figura 89, per quanto riguarda la riduzione del rischio climatico al 2030 e al 2050 in seguito all'attuazione di interventi NBS per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni dell'area industriale di Bomporto è possibile osservare che:

- La realizzazione di soluzioni NBS è efficace nel ridurre i livelli di rischio climatico nei differenti ambiti di danno, soprattutto con riferimento all'interruzione della produzione;
- L'effetto particolarmente positivo di interventi NBS sull'ambito di danno relativo alla interruzione della produzione può essere spiegato con l'effetto della costruzione di infrastrutture verdi nel ridurre/prevenire fenomeni di allagamento durante eventi meteorologici estremi, soprattutto in relazione alle infrastrutture che consentono all'azienda di continuare le proprie attività (rete elettrica, rete idrica, rete fognaria, ecc.);
- Sia nello scenario al 2030 che in quello al 2050 permangono situazioni di media rischiosità anche dopo la realizzazione delle NBS per quanto riguarda l'ambito di danno relativo alla perdita della stabilità finanziaria.



Bomporto. Manifattura grandi dimensioni						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	2,22	0,61	-72,5%	2,38	0,64	-73,1%
Interruzione della produzione	1,77	0,48	-72,9%	1,91	0,53	-72,3%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,79	0,79	0,0%	0,93	0,93	0,0%
Danni alla reputazione	1,33	0,36	-72,9%	1,44	0,41	-71,5%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,44	0,44	0,0%	0,48	0,48	0,0%
Perdita di stabilità finanziaria	1,77	1,06	-40,1%	1,91	1,14	-40,3%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	2,36	0,36	-84,7%	2,79	0,39	-86,0%
Danni a infrastrutture/reti	2,36	1,42	-39,8%	2,79	1,68	-39,8%

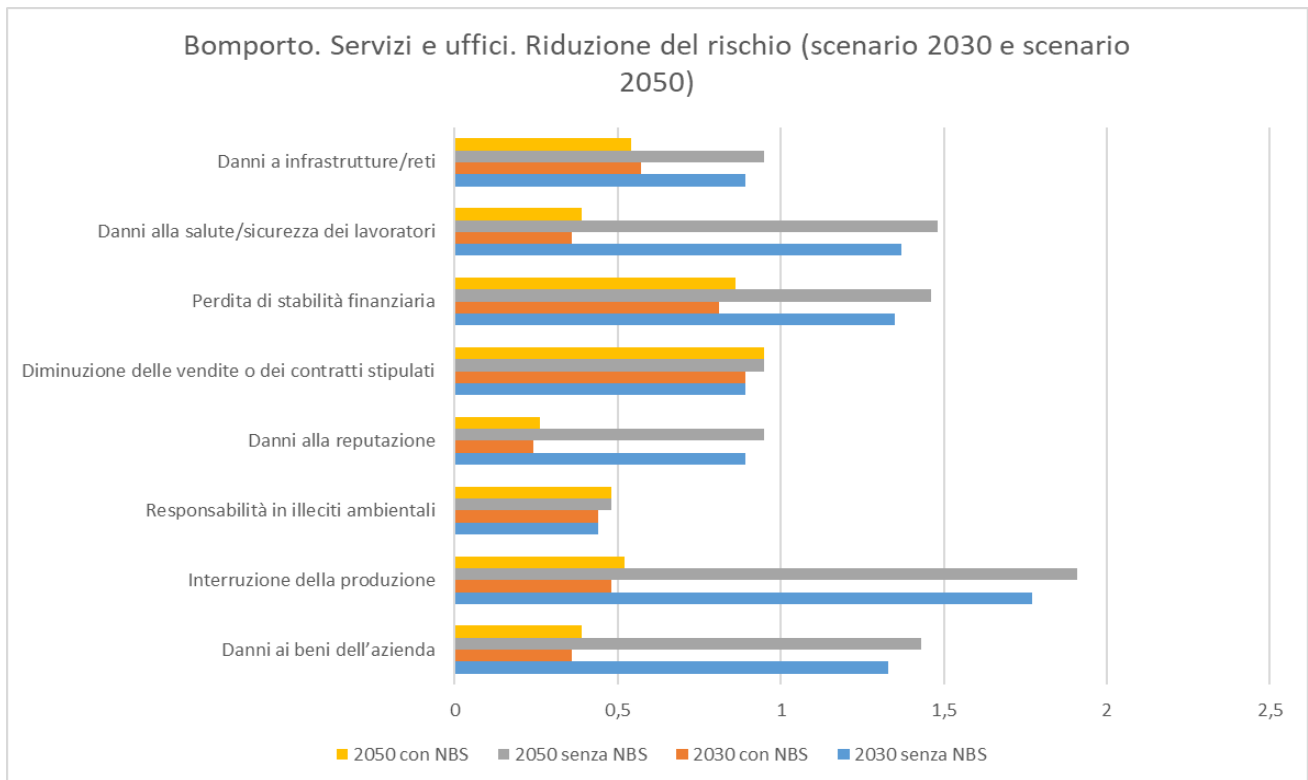
Figura 90. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

Analizzando nello specifico i dati emersi dalla modellizzazione condotta con il tool CAST e sintetizzati nella Figura 90, per quanto riguarda la riduzione del rischio climatico al 2030 e al 2050 in seguito all'attuazione di interventi NBS per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni dell'area industriale di Bomporto è possibile osservare che:

- La realizzazione di interventi NBS è efficace nel ridurre i livelli di rischio climatico nei differenti ambiti di danno soprattutto con riferimento ai danni ai beni dell'azienda e ai danni legati alla salute e alla sicurezza dei lavoratori;
- Anche in questo caso l'effetto particolarmente positivo di interventi NBS sull'ambito di danno relativo alla interruzione della produzione e ai danni ai beni delle aziende possono essere spiegati

con l'effetto della realizzazione di infrastrutture verdi nel ridurre fenomeni di allagamento durante eventi meteorologici estremi e la riduzione degli effetti delle ondate di calore nei grandi complessi industriali;

- Sia nello scenario 2030 che in quello 2050 permangono situazioni di media rischiosità anche dopo la realizzazione delle NBS per quanto riguarda la perdita della stabilità finanziaria e danni alle infrastrutture e alle reti.



Bomporto. Servizi e uffici						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	1,33	0,36	-72,9%	1,43	0,39	-72,7%
Interruzione della produzione	1,77	0,48	-72,9%	1,91	0,52	-72,8%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,44	0,44	0,0%	0,48	0,48	0,0%
Danni alla reputazione	0,89	0,24	-73,0%	0,95	0,26	-72,6%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,89	0,89	0,0%	0,95	0,95	0,0%
Perdita di stabilità finanziaria	1,35	0,81	-40,0%	1,46	0,86	-41,1%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	1,37	0,36	-73,7%	1,48	0,39	-73,6%
Danni a infrastrutture/reti	0,89	0,57	-36,0%	0,95	0,54	-43,2%

Figura 91. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda di servizi. In giallo i valori riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

Analizzando nello specifico i dati emersi dalla modellizzazione condotta con il tool CAST e sintetizzati nella Figura 91, per quanto riguarda la riduzione del rischio climatico al 2030 e al 2050 in seguito all'attuazione di interventi NBS per un'azienda di servizi dell'area industriale di Bomporto è possibile osservare che:

- La realizzazione di interventi NBS è efficace nel ridurre i livelli di rischio climatico nei differenti ambiti di danno e portare tutti gli ambiti di danno a valori di pericolosità bassa;
- Il settore dei servizi non presenta nessun livello di pericolosità alto. I valori di rischio più alti si associano all'interruzione della produzione e ai danni alla salute/sicurezza dei lavoratori.

Date le evidenze sopra riportate per ciascuna tipologia di impresa, è possibile giungere per quanto riguarda l'area industriale di Bomporto alle seguenti riflessioni e conclusioni:

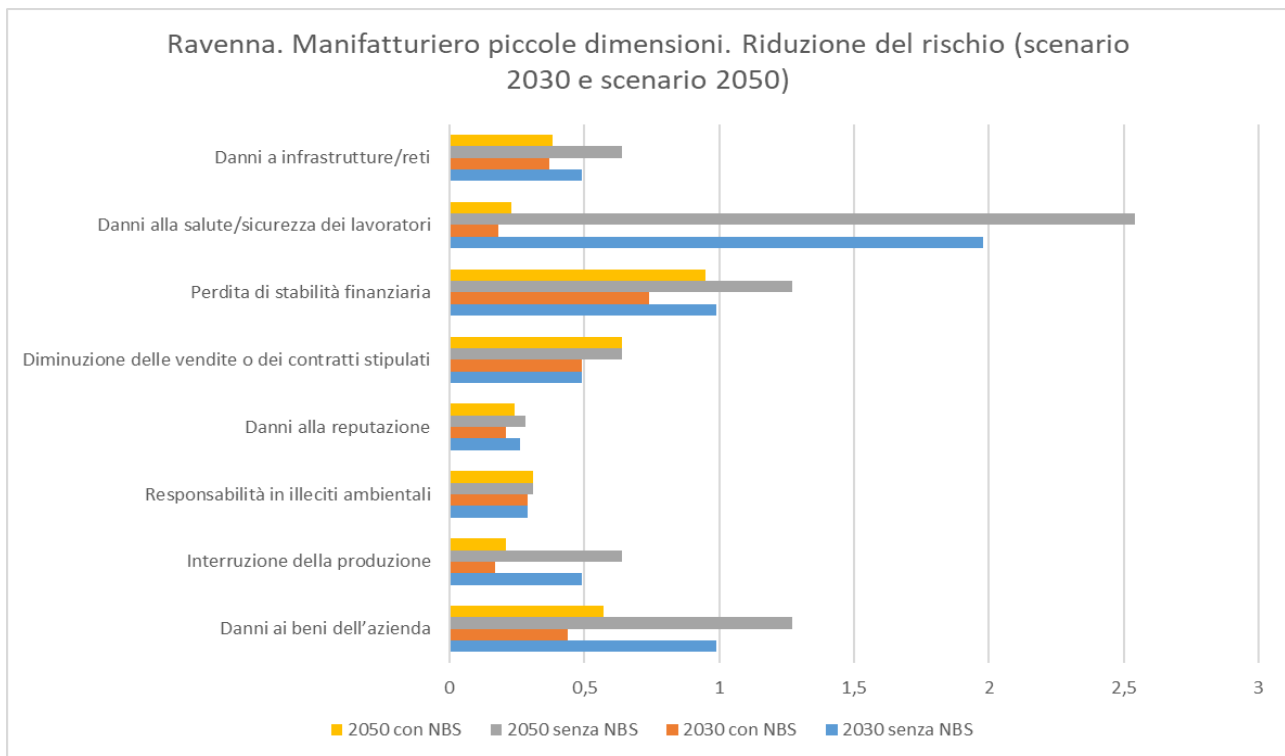
- A livello di singole aziende, sia per quelle di tipo manifatturiero che quelle legate ai servizi, la realizzazione di un insieme completo di interventi NBS (tetti verdi, aree verdi aziendali e inter-aziendali e superfici esterne permeabili) risulta essere particolarmente efficace nel ridurre il rischio climatico complessivo a cui le aziende dell'area industriale di Bomporto sono esposte;
- A livello di singole aziende dell'area industriale di Bomporto, la realizzazione di un insieme completo di interventi NBS, risulta essere efficace nel ridurre tutti i livelli di rischio più elevati, portando sotto la soglia di rischio climatica alcuni ambiti di danno e riducendone a valori medi altre voci di danno;
- La realizzazione di interventi NBS risultano essere molto efficaci nel ridurre il rischio climatico a cui sono esposte sia le industrie manifatturiere di piccola dimensione che quelle di grandi dimensioni. Meno rilevanti invece per quanto riguarda il mondo dei servizi;
- L'impatto di interventi NBS risulta essere particolarmente importante per le aziende manifatturiere di piccola dimensione in quanto riescono ad intervenire su uno degli ambiti di danno più temuti da questa tipologia di imprese, ovvero la perdita di stabilità finanziaria (spesso legata all'interruzione della produzione). Si evidenzia infatti che come già evidenziato nell'analisi della letteratura scientifica del paragrafo precedente, questo ambito di danno è quello più temuto dalle piccole aziende in quanto hanno meno possibilità economiche e finanziarie di fare fronte a spese di elevata entità non previste. Come ricordato da CDP, il 90% delle piccole aziende che subisce un danno ha un'elevata probabilità di chiudere nei 2 anni successivi (CDP, 2016);
- L'impatto di interventi NBS risulta essere particolarmente importante anche per le aziende di grandi dimensioni, dove i principali rischi climatici non sono legati solo alla dimensione dei danni alle aziende e all'interruzione della produzione ma anche alla incolumità e alla salute dei lavoratori. In questo caso interventi NBS sono in grado di garantire una specie di doppio dividendo, andando ad intervenire sia nella riduzione dei potenziali danni economici dell'azienda che alla maggiore salubrità e sicurezza dei luoghi di lavoro.

Date le attività di modellizzazione condotte e i dati ottenuti, è possibile concludere che la realizzazione di un insieme di interventi NBS risulta essere efficace nel ridurre il rischio climatico a cui le tre tipologie di aziende analizzate sono esposte ma non sufficiente per garantire da sole livelli di riduzione dei rischi climatici tali da non rendere necessari altri interventi. Diversi ambiti di danno infatti si mantengono su soglie di rischio

media anche dopo la realizzazione degli interventi NBS. Le singole aziende pertanto, soprattutto quelle manifatturiere, dovranno prevedere di affiancare alle misure NBS anche altri interventi di adattamento ai cambiamenti climatici.

4.10.2 Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per l'area industriale del porto di Ravenna

L'analisi del rischio climatico per le aziende del porto di Ravenna al 2030 e al 2050 ha evidenziato come per l'area industriale di Ravenna il rischio climatico più rilevanti sia legato alle ondate di calore e al conseguente rischio di vedere una riduzione delle produttività nei giorni con i maggiori picchi di calore e situazioni di pericolosità elevata per i lavoratori che si trovano a lavorare all'aperto e/o in aziende manifatturiere con processi produttivi svolti in luoghi non climatizzati. I profili di rischio climatico e il loro andamento al 2030 e al 2050 sono quindi fortemente legati alla forte probabilità che la frequenza di queste ondate di calore andrà ad intensificarsi come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto. Si spiegano così i valori elevati di rischio climatico registrati nell'area industriale del porto di Ravenna per l'ambito di danno legato alla sicurezza e alla salute dei lavoratori. Per quanto riguarda il caso studio di Ravenna infatti, il rischio di eventi meteorologici estremo è molto basso e pertanto quegli ambiti di danno maggiormente legati alle precipitazioni estreme come interruzione della produzione e danni a infrastrutture e reti si attestano su valori di rischio molto più ridotti rispetto al caso studio di Bomporto.



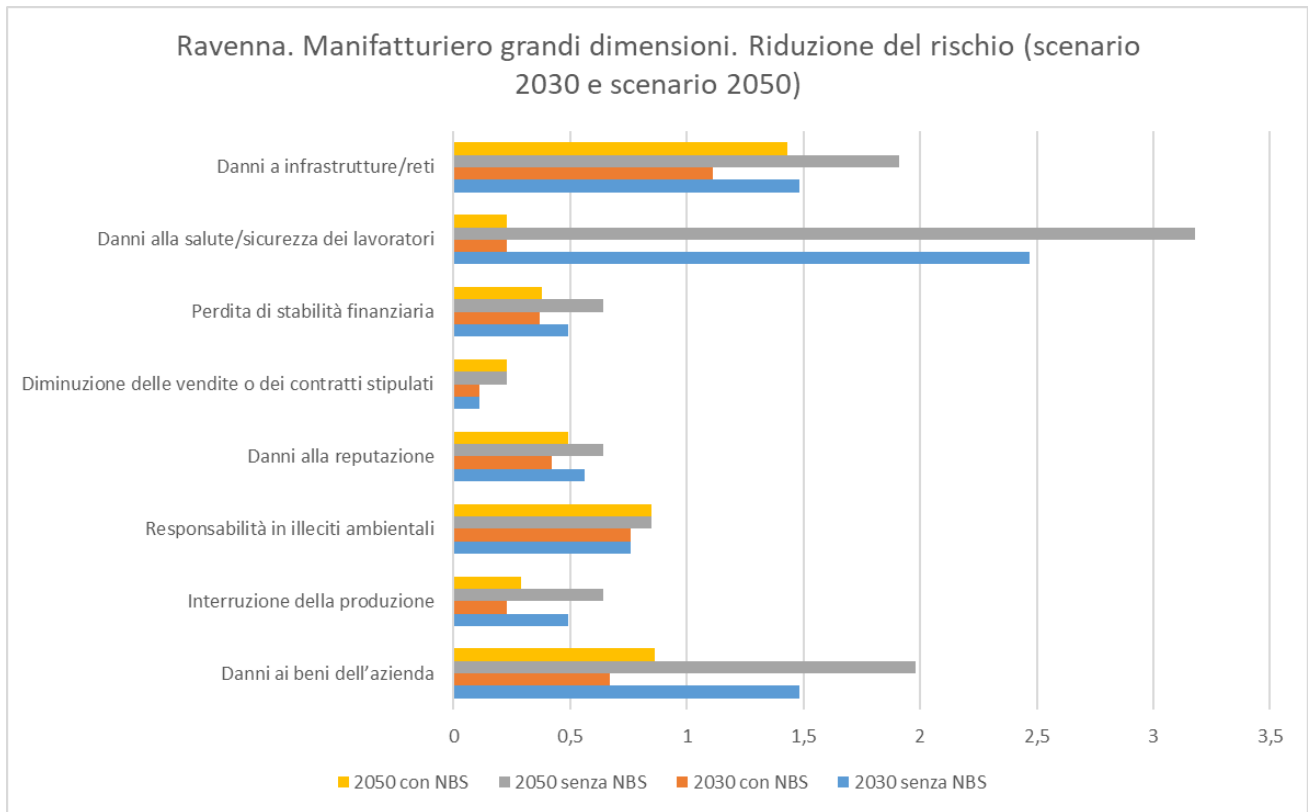
Ravenna. Manifatturiero piccole dimensioni						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	0,99	0,44	-55,6%	1,27	0,57	-55,1%
Interruzione della produzione	0,49	0,17	-65,3%	0,64	0,21	-67,2%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,29	0,29	0,0%	0,31	0,31	0,0%
Danni alla reputazione	0,26	0,21	-19,2%	0,28	0,24	-14,3%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,49	0,49	0,0%	0,64	0,64	0,0%
Perdita di stabilità finanziaria	0,99	0,74	-25,3%	1,27	0,95	-25,2%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	1,98	0,18	-90,9%	2,54	0,23	-90,9%
Danni a infrastrutture/reti	0,49	0,37	-24,5%	0,64	0,38	-40,6%

Figura 92. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

Analizzando nello specifico i dati emersi dalla modellizzazione condotta con il tool CAST e sintetizzati nella Figura 92, per quanto riguarda la riduzione del rischio climatico al 2030 e al 2050 in seguito all'attuazione di interventi NBS per un'azienda manifatturiera di piccole dimensioni dell'area industriale del porto di Ravenna è possibile osservare che:

- La realizzazione di interventi NBS è efficace nel ridurre i livelli di rischio climatico nei differenti ambiti di danno e di portare tutti gli ambiti di danno a valori di pericolosità bassa sia nello scenario a medio termine che in quello di lungo termine;
- Gli scenari di pericolosità maggiore sono quelli legati ai danni alla salute e alla sicurezza dei lavoratori, con un progressivo aggravarsi se si considera il lungo periodo (2050). La realizzazione di un insieme

di NBS risulta essere molto efficace proprio su questo ambito di danno, riducendo il livello di rischio in maniera molto significativo.

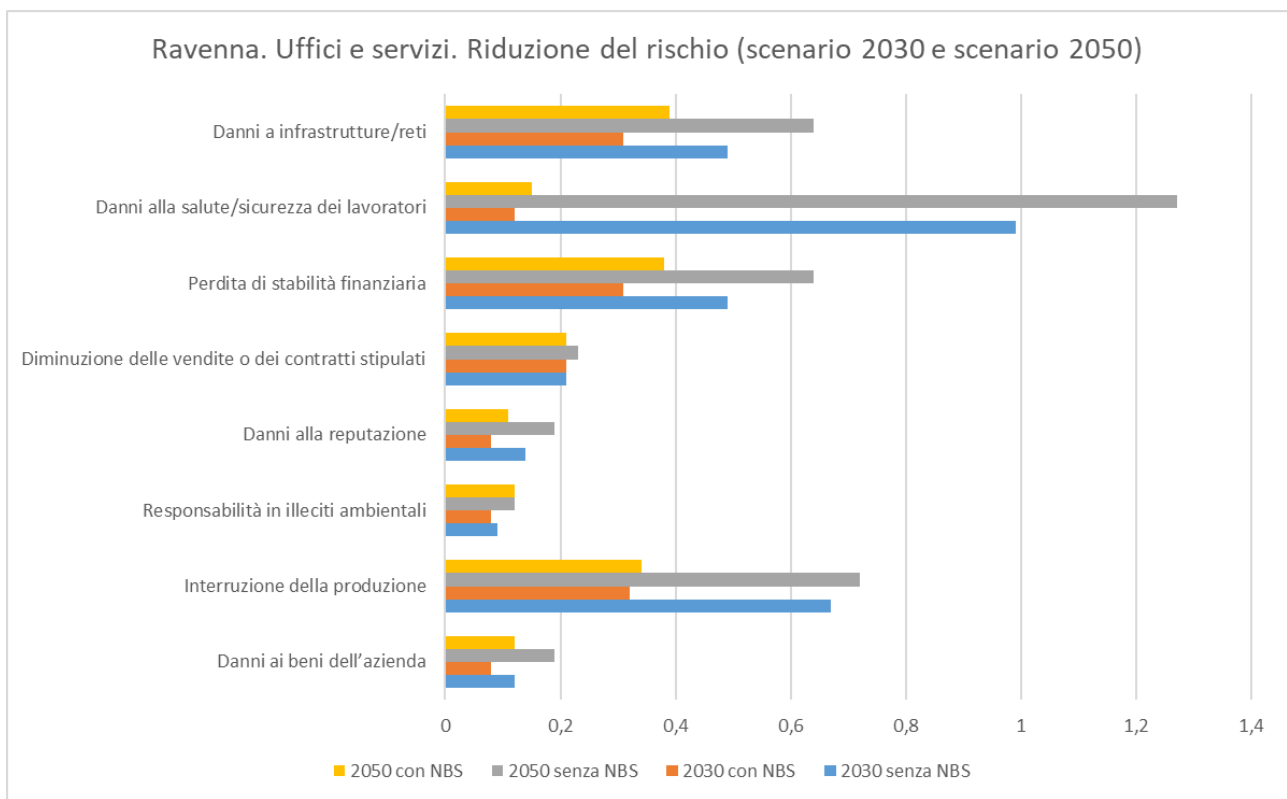


Ravenna. Manifatturiero grandi dimensioni						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	1,48	0,67	-54,7%	1,98	0,86	-56,6%
Interruzione della produzione	0,49	0,23	-53,1%	0,64	0,29	-54,7%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,76	0,76	0,0%	0,85	0,85	0,0%
Danni alla reputazione	0,56	0,42	-25,0%	0,64	0,49	-23,4%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,11	0,11	0,0%	0,23	0,23	0,0%
Perdita di stabilità finanziaria	0,49	0,37	-24,5%	0,64	0,38	-40,6%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	2,47	0,23	-90,7%	3,18	0,23	-92,8%
Danni a infrastrutture/reti	1,48	1,11	-25,0%	1,91	1,43	-25,1%

Figura 93. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

Analizzando nello specifico i dati emersi dalla modellizzazione condotta con il tool CAST e sintetizzati nella Figura 93, per quanto riguarda la riduzione del rischio climatico al 2030 e al 2050 in seguito all'attuazione di interventi NBS per un'azienda manifatturiera di grandi dimensioni dell'area industriale del porto di Ravenna è possibile osservare che:

- La realizzazione di interventi NBS è efficace nel ridurre i livelli di rischio climatico nei differenti ambiti di danno e portare tutti gli ambiti di danno a valori di pericolosità bassa sia nello scenario a medio termine che in quello di lungo termine;
- Sia nello scenario a medio termine che in quello a lungo termine permangono livelli medi di rischio per quanto riguarda la salvaguardia di infrastrutture e reti per le quali sarebbero quindi necessari interventi supplementari;
- Si evidenzia il livello di rischio molto elevato associato ai danni alla salute e alla sicurezza dei lavoratori. Questo elevato livello di rischio è giustificato dalla natura della maggior parte delle grandi aziende manifatturiere ravennati, caratterizzate da grandi capannoni non climatizzati e operazioni condotte in grandi spiazzi cementati aperti in prossimità del porto industriale.



Ravenna. Uffici e Servizi						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	0,12	0,08	-33,3%	0,19	0,12	-36,8%
Interruzione della produzione	0,67	0,32	-52,2%	0,72	0,34	-52,8%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,09	0,08	-11,1%	0,12	0,12	0,0%
Danni alla reputazione	0,14	0,08	-42,9%	0,19	0,11	-42,1%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,21	0,21	0,0%	0,23	0,21	-8,7%
Perdita di stabilità finanziaria	0,49	0,31	-36,7%	0,64	0,38	-40,6%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	0,99	0,12	-87,9%	1,27	0,15	-88,2%
Danni a infrastrutture/reti	0,49	0,31	-36,7%	0,64	0,39	-39,1%

Figura 94. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 per un'azienda di servizi. In giallo i valori riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria.

Analizzando nello specifico i dati emersi dalla modellizzazione condotta con il tool CAST e sintetizzati nella Figura 94, per quanto riguarda la riduzione del rischio climatico al 2030 e al 2050 in seguito all'attuazione di interventi NBS per un'azienda di servizi dell'area industriale del porto di Ravenna è possibile osservare che:

- La realizzazione di interventi NBS è efficace nel ridurre i livelli di rischio climatico nei differenti ambiti di danno e portare tutti gli ambiti di danno a valori di pericolosità bassa sia nello scenario a medio termine che in quello di lungo termine;
- Le NBS anche in questo caso sono efficaci nel ridurre il livello di rischio seppure con incidenze in valore assoluto molto più basse rispetto alle riduzioni registrate per il comparto manifatturiero. Gli uffici infatti sono meno esposti al rischio ondate di calore rispetto alle aziende del manifatturiero e questo spiega i valori restituiti dal modello.

Dalle evidenze sopra riportate per ciascuna tipologia di impresa, è possibile giungere per quanto riguarda l'area industriale del porto di Ravenna alle seguenti riflessioni e conclusioni:

- A livello delle singole aziende, la realizzazione di un insieme completo di interventi NBS (tetti verdi, aree verdi aziendali e inter-aziendali e superfici esterne permeabili) risulta essere efficace nel ridurre il rischio climatico complessivo a cui le imprese manifatturiere (piccole e grandi) dell'area industriale del porto di Ravenna sono esposte;
- A livello delle singole aziende dell'area industriale del porto di Ravenna, la realizzazione di un insieme completo di interventi NBS risulta essere estremamente efficace nel ridurre i livelli di rischio più elevati legati alla salute e alla sicurezza dei lavoratori, portando questo ambito di danno sotto la soglia di rischio climatica;
- La realizzazione di interventi NBS risultano essere molto efficaci nel ridurre il rischio climatico a cui sono esposte sia le industrie manifatturiere di piccola dimensione che quelle di grandi dimensioni. Meno rilevanti invece per quanto riguarda il mondo dei servizi;
- Solo per le grandi imprese manifatturiere permangono livelli medi di rischio climatica per quanto riguarda la salvaguardia delle infrastrutture e delle reti, per le quali sarebbero quindi necessari interventi di adattamento supplementari.

Effettuando invece un confronto tra le evidenze raccolte sui due casi studio è possibile giungere alle seguenti conclusioni:

- Le industrie dell'area industriale del porto di Ravenna, hanno complessivamente un livello di rischio climatico più basso rispetto a quelle dell'area industriale di Bomporto. Questo si ripercuote sull'efficacia complessiva degli interventi NBS nel ridurre l'esposizione al rischio delle aziende analizzate;

- Per quanto riguarda il caso studio di Bomporto, i dati del modello mostrano come interventi NBS da soli non siano in grado di ridurre il livello di rischio climatico a livelli accettabili. Servono pertanto altre misure di adattamento da accompagnare a misure di adattamento di tipo NBS;
- Per quanto riguarda il caso studio di Ravenna invece, contrariamente per quanto riguarda il caso studio di Bomporto, interventi di tipo NBS sarebbero in grado di ridurre il rischio climatico complessivo a livelli di rischio molto bassi, tali in alcuni casi specifici da non richiedere nessuna altra misura di adattamento;
- Il settore dei servizi in entrambi i casi risulta essere meno esposto ai rischi derivanti dai cambiamenti climatici rispetto al comparto manifatturiero nel suo complesso ma è importante rilevare come beneficia comunque di queste misure andando a migliorare in maniera percentualmente significativa i profili di rischio dei singoli ambiti di danno;
- Il caso studio di Ravenna evidenzia come interventi NBS siano particolarmente efficaci nel ridurre gli effetti delle ondate di calore sulle aziende manifatturiere, ovvero quelle aziende in cui i lavoratori sono maggiormente esposti alle ondate di calore.

Si evidenzia infine come i valori di rischio dei due casi studio siano coerenti tra loro nonostante i diversi valori di input legati ai due differenti casi studio. Questo dimostra l'attendibilità del tool CAST utilizzato per effettuare le simulazioni.

4.11 Risultati della modellizzazione in termini di riduzione dei rischi climatici al 2030 e al 2050 a livello di interi comparti industriali dopo l'attuazione di interventi NBS

In questo paragrafo, utilizzando un metodo statistico semplificato, si generalizzano a scala di intero comparto industriale i dati precedentemente calcolati in relazione alle singole aziende. Il metodo statistico è stato utilizzato in linea con le esigenze di semplificazione richieste in un approccio di analisi e di studio multi obiettivo e con un approccio di supporto alla decisione dei decisori pubblici e privati. Tale approccio pertanto è stato portato avanti in linea con quanto già evidenziato in precedenza circa "nell'ottica di un processo partecipato e a molti obiettivi, infatti, non ha senso ricercare una soluzione ottimale da un punto di vista tecnico oggettivo. Piuttosto, il DSS ha lo scopo di fornire al decisore politico, cui spetta comunque la responsabilità finale della scelta, gli elementi necessari per effettuarla in modo informato e consapevole. Attraverso un DSS l'intero processo decisionale può essere reso trasparente e ripercorribile, sia dal punto di vista delle procedure che dei contenuti di studi e analisi" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). Il metodo statistico qui utilizzato per generalizzare ad una scala territoriale più ampia i dati ottenuti dalle modellizzazioni di dettaglio sulle singole aziende, per quanto semplificato, consente tuttavia ai decisori

pubblici e privati di avere una buona approssimazione dei livelli di rischio a cui a livello di area industriale nel suo complesso sono esposti. Certo, soprattutto per un'area industriale grande come quella di Ravenna, ci saranno sicuramente delle diversità tra un'azienda e l'altra in termini di esposizione ai differenti rischi connessi ai cambiamenti climatici. E sicuramente non tutte le aziende avranno l'opportunità di realizzare interventi NBS sui loro edifici per ragioni di natura tecnica (ad esempio tetti obliqui non idonei ai tetti verdi) e/ per mancanza di risorse economiche con cui realizzare questi interventi. Tuttavia, a livello di pianificazione territoriale, si pensi ad esempio ad un piano urbanistico esecutivo e/o ad un PAESC, un approccio di questo tipo per quanto non dettagliato permetterebbe comunque di individuare degli importanti parametri di riferimento a cui agganciare in un secondo momento analisi di dettaglio per procedere alla parte esecutiva e realizzativa vera e propria. Questo approccio insomma funziona come nel caso della certificazione energetica degli edifici. Si procede prima ad effettuare una diagnosi energetica "leggera" basata su parametri statistici e poche rilevazioni sul campo per individuare tra molti edifici quali siano quelli prioritari su cui concentrare le varie progettualità in quanto sono gli immobili con i maggiori consumi energetici e gli interventi più facili ed efficaci da realizzare. Solo in un secondo momento si procede con una certificazione energetica di dettaglio impianto per impianto, per andare ad estrarre da ogni singolo impianto e componente i parametri per la progettazione esecutiva. L'approccio utilizzato nel presente studio si pone esattamente nella stessa posizione della diagnosi energetica, ovvero quella di definire le aree prioritarie di intervento con velocità e semplicità, rimandando le analisi di dettaglio ad un secondo momento connesso con la fase di progettazione vera e propria delle opere.

L'approccio statistico utilizzato, intende ricondurre i valori di rischio riportati alle singole aziende all'intera area industriale in cui queste si pongono. Per fare questo si è proceduto in un primo luogo ad individuare la distribuzione percentuale delle aziende presenti in entrambe le aree di studio rispetto alle tre categorie di imprese individuate (manifatturiero di grandi dimensioni, manifatturiero di piccole dimensioni e servizi/uffici) (Figura 95). Per vedere nel dettaglio le modalità con cui queste percentuali sono state ricavate si vada a vedere la Sezione II.

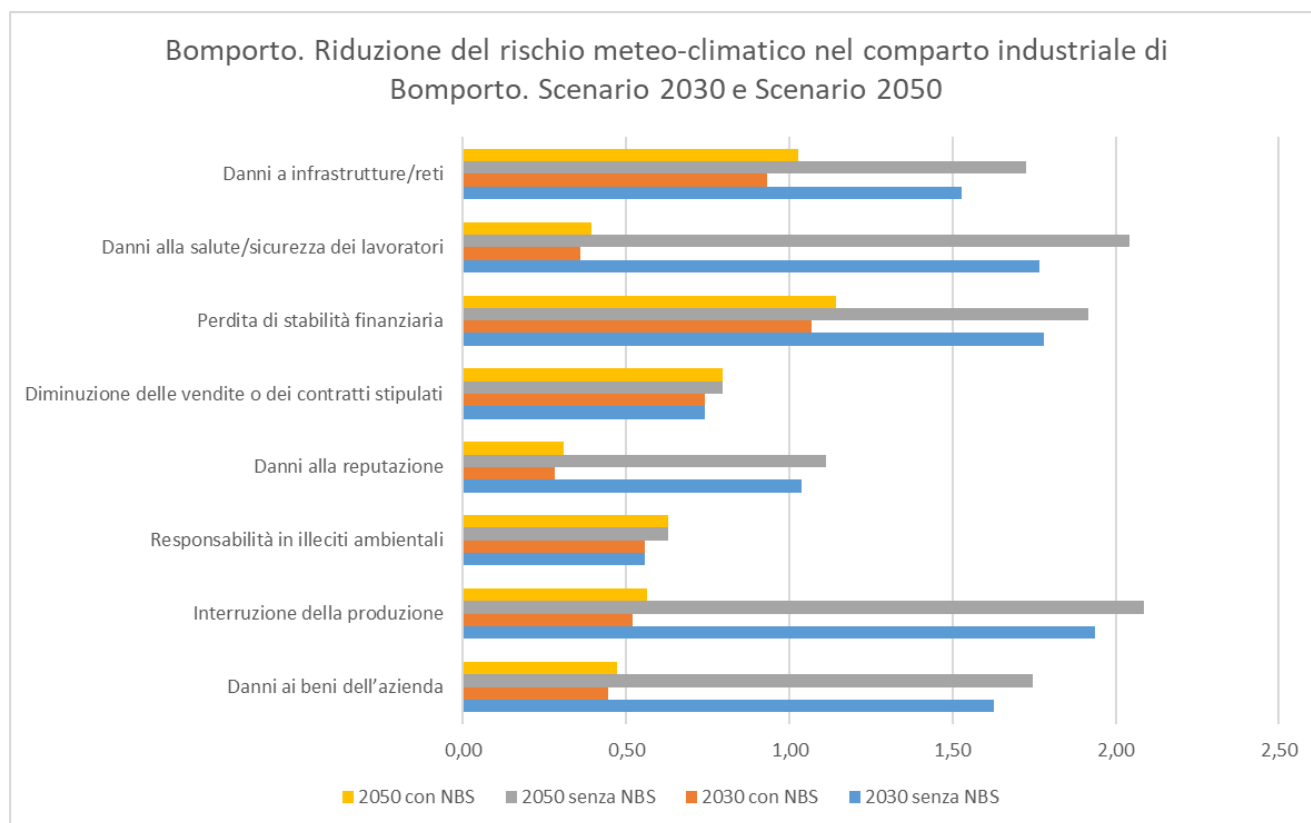
	Manifatturiero piccole dimensioni	Manifatturiero grandi dimensioni	Uffici - Servizi
Ravenna	35%	50%	15%
Bomporto	40%	39%	21%

Figura 95. Numero di aziende per categoria di imprese individuate all'interno delle due aree industriali oggetti di indagine. Fonte: Elaborazione propria su dati AIDA

Data la composizione percentuale delle tipologie aziendali in ciascuna delle due aree oggetto di studio, si è proceduto a "pesare" i valori di rischio delle tre tipologie di imprese per il numero di aziende di quel tipo presenti all'interno di ciascuna delle aree industriali analizzate. Si è inoltre considerato che solo il 50% delle

imprese presenti all'interno di ciascun comparto industriale sarà in grado di realizzare entro il 2025 interventi di tipo NBS. Questo valore è stato assunto anche come valore cautelativo rispetto ai dati di rischio presentati a livello di intero comparto industriale.

Per quanto riguarda l'area industriale di Bomporto si confermano a livello di intera area industriale quanto già emerso a livello delle singole aziende (Figura 96).

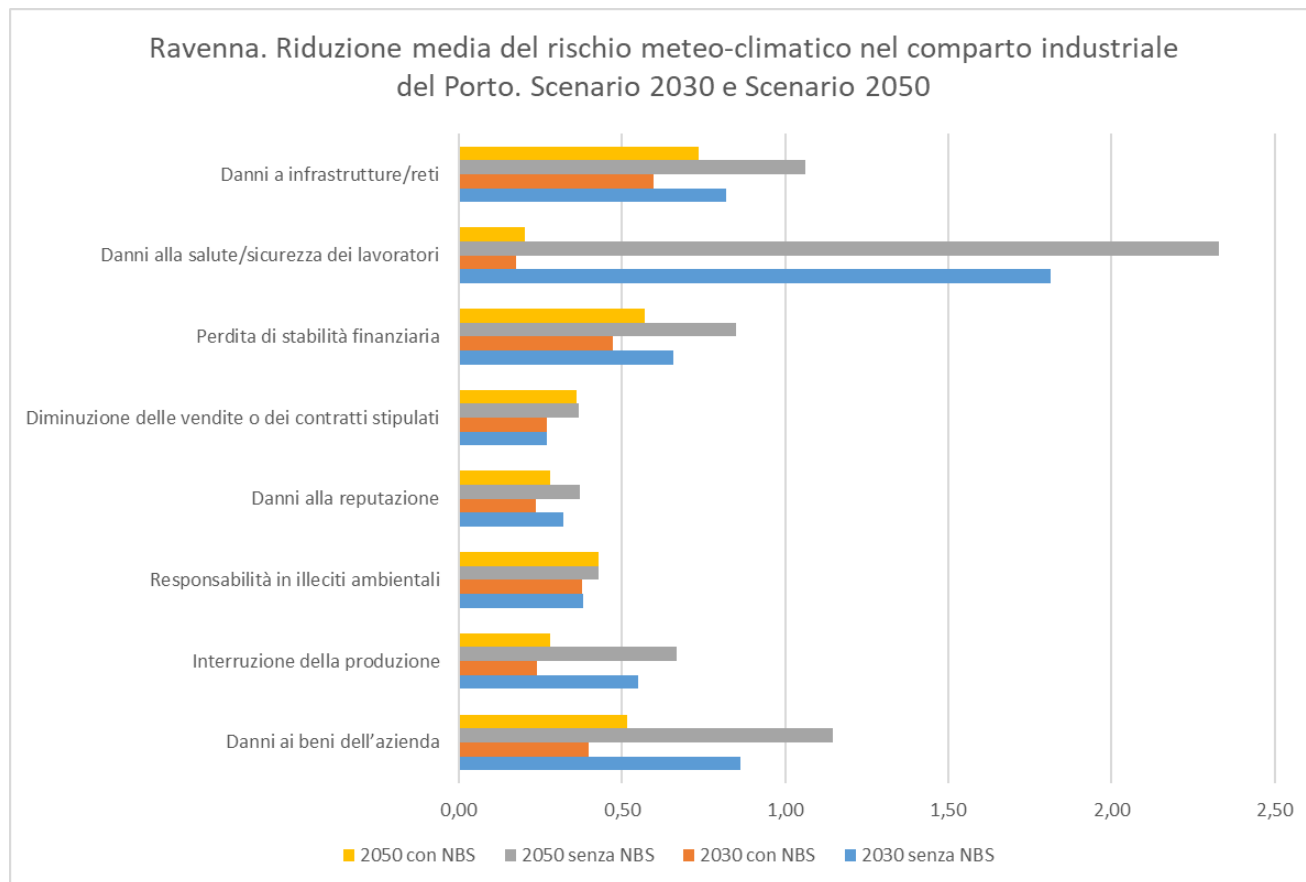


	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	1,63	0,44	-72,7%	1,75	0,47	-72,9%
Interruzione della produzione	1,94	0,52	-73,1%	2,09	0,56	-73,0%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,56	0,56	0,0%	0,63	0,63	0,0%
Danni alla reputazione	1,04	0,28	-73,0%	1,11	0,31	0,0%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,74	0,74	0,0%	0,80	0,80	0,0%
Perdita di stabilità finanziaria	1,78	1,07	-40,1%	1,92	1,14	-40,3%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	1,77	0,36	-79,6%	2,04	0,39	-80,8%
Danni a infrastrutture/reti	1,53	0,93	-39,1%	1,73	1,03	-40,5%

Figura 96. Bomporto. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 a livello di intera area industriale. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

I maggiori rischi per l'area industriale di Bomporto rimangono legati agli ambiti di danno interruzione di produzione e danni alla salute e alla sicurezza dei lavoratori.

Per quanto riguarda Ravenna, anche in questo caso si confermano a livello di intera area industriale quanto già emerso a livello delle singole aziende (Figura 97).



Ravenna. Riduzione media del rischio meteo-climatico nel comparto industriale del Porto. Scenario 2030 e Scenario 2050						
	Scenario 2030			Scenario 2050		
	2030 senza NBS	2030 con NBS	Delta %	2050 senza NBS	2050 con NBS	Delta %
Danni ai beni dell'azienda	0,86	0,40	-54,1%	1,15	0,52	-54,9%
Interruzione della produzione	0,55	0,24	-56,4%	0,67	0,28	-58,0%
Responsabilità in illeciti ambientali	0,38	0,38	-0,9%	0,43	0,43	0,0%
Danni alla reputazione	0,32	0,24	-26,0%	0,37	0,28	0,0%
Diminuzione delle vendite o dei contratti stipulati	0,27	0,27	0,0%	0,37	0,36	-1,8%
Perdita di stabilità finanziaria	0,66	0,47	-27,9%	0,85	0,57	-32,9%
Danni alla salute/sicurezza dei lavoratori	1,81	0,18	-90,3%	2,33	0,20	-91,3%
Danni a infrastrutture/reti	0,82	0,60	-27,2%	1,06	0,73	-31,0%

Figura 97. Ravenna. Riduzione del rischio climatico in seguito all'attuazione di interventi NBS al 2030 e al 2050 a livello di intera area industriale. In rosso i valori riferiti ad un livello di rischio climatico elevato, in giallo quelli riferiti ad un livello di rischio climatico medio. Fonte: Elaborazione propria

I maggiori rischi per l'area industriale del porto di Ravenna rimangono legati agli ambito di danno salute e alla sicurezza dei lavoratori, in linea con la natura di porto industriale del porto di Ravenna.

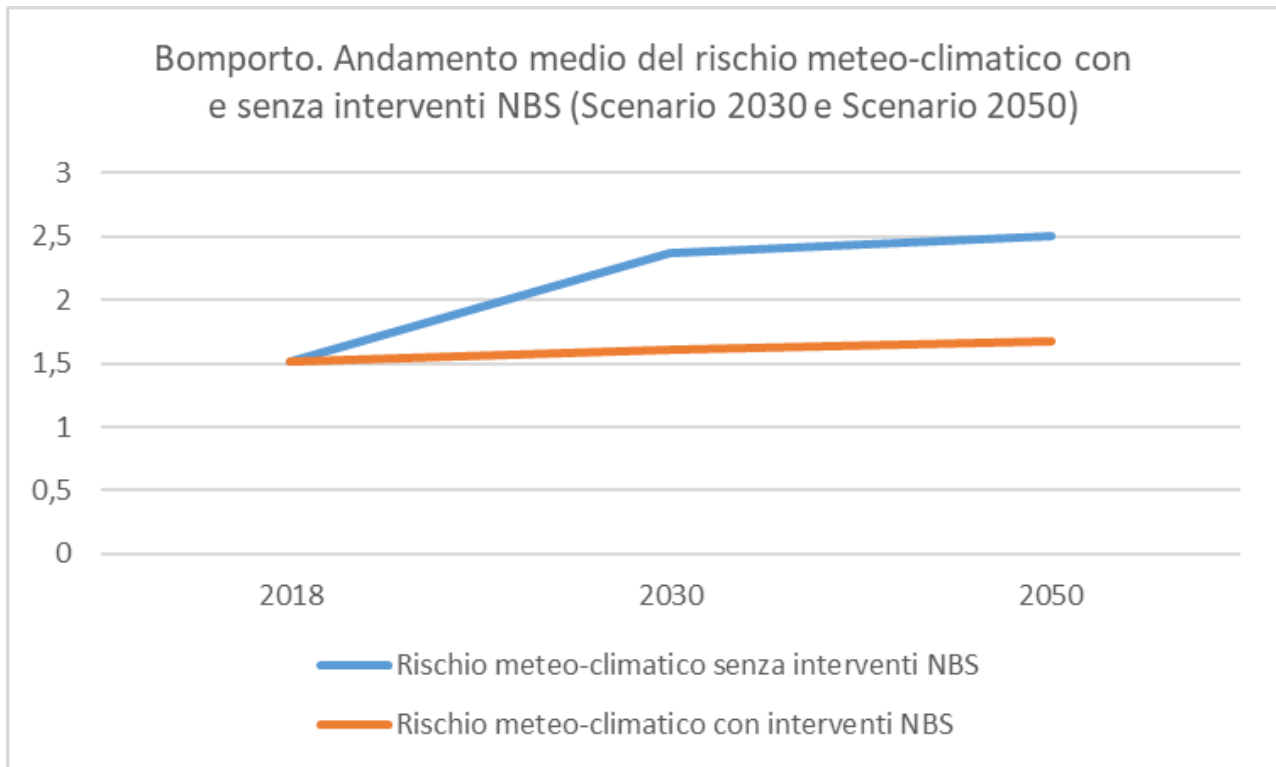
Per entrambi i casi si evidenzia come le NBS siano efficaci nel ridurre i rischi associati ai cambiamenti climatici in atto.

4.12 Efficacia degli interventi NBS nel ridurre il rischio meteo-climatico nelle due aree di studio: evidenze conclusive dal modello CAST

Nel presente paragrafo si riportano i dati finali aggregati a livello di intera area industriale per ciascuna delle due aree studio analizzate. I valori di rischio ottenuti, espressi sia in valore assoluto (scala del rischio da 1 a 5) che in termini di variazione percentuale nei due scenari al 2030 e 2050 rispetto lo scenario di riferimento del 2018, quantificano in maniera precisa il contributo di interventi di tipo NBS nel ridurre il livello di rischio all'interno delle aree industriali oggetto di studio.

Per quanto riguarda l'area industriale di Bomporto (Figura 98), i dati aggregati alla scala di intera area industriale mostrano come gli interventi NBS siano in grado di ridurre in maniera significativa e rilevante il livello di rischio climatico a cui questa area industriale è esposta. In particolare si registra sia nello scenario 2030 che in quello 2050, un contributo delle NBS in grado di abbassare il livello di rischio da un livello alto (ovvero un livello di rischio su cui è necessario intervenire con particolare attenzione e forza in quanto associato ad eventi climatici con magnitudo alta e probabilità di accadimento da medie a alte) ad un livello di rischio medio (ovvero un livello di rischio in cui permangono le criticità legate agli eventi meteorologici estremi ma in cui la magnitudo del singolo evento meteorologico estremo ha subito una drastica riduzione rispetto allo scenario attuale).

Dal punto di vista della riduzione percentuale del rischio climatico in seguito alla realizzazione di interventi NBS diffusi e ben pianificati nell'area industriale di Bomporto, si osserva invece una riduzione del rischio meteo climatico per l'intero comparto industriale al 2030 del **32,1%** e del **33,4%** al 2050 rispetto allo scenario del 2018.



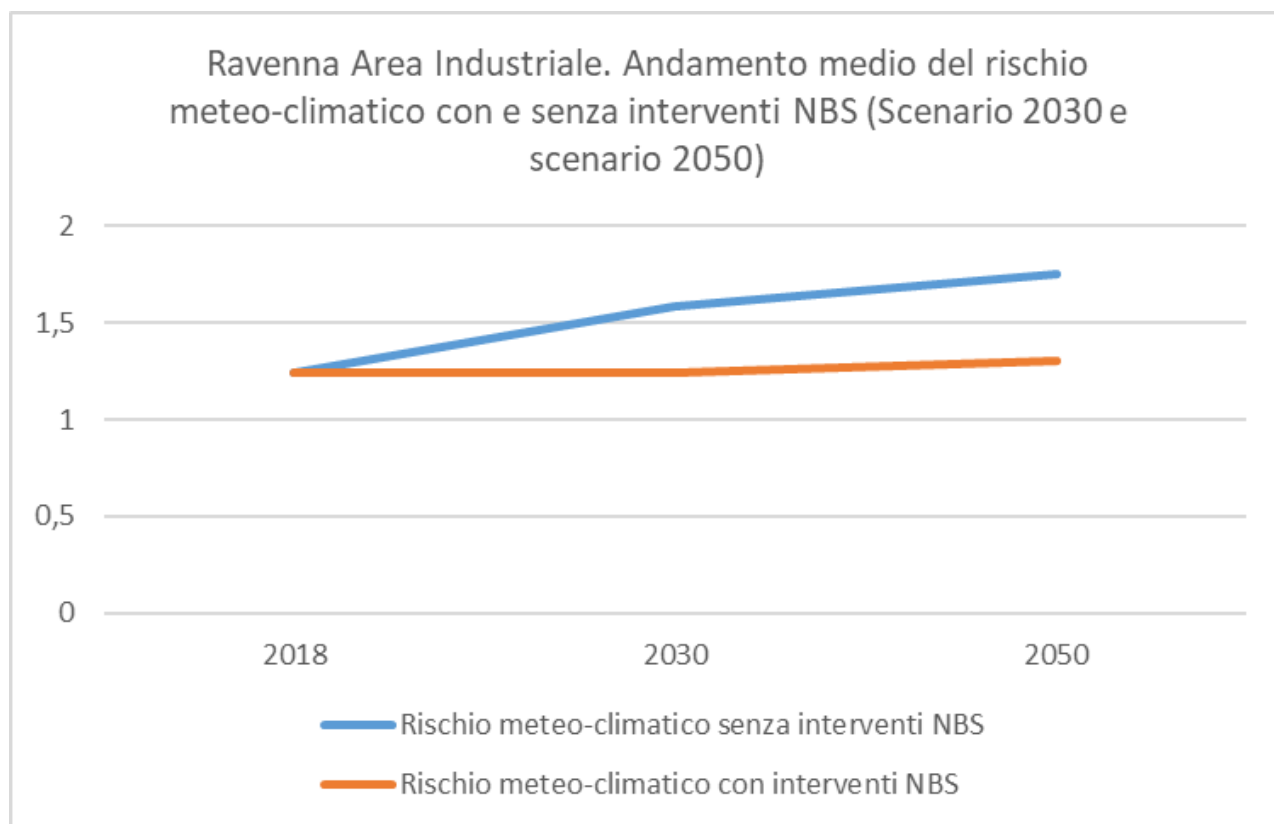
Riduzione percentuale del rischio meteo-climatico a livello di intero comparto industriale rispetto allo scenario BAU (2018) con interventi NBS	%
Scenario 2030	-32,1%
Scenario 2050	-33,4%

Figura 98. Bomporto. Riduzione in valore assoluto e in termini percentuali al 2030 e al 2050 del rischio meteo-climatico a livello di intero comparto industriale rispetto allo scenario BAU (2018) con interventi NBS

Per quanto riguarda l'area industriale del porto di Ravenna (Figura 99), i dati aggregati alla scala di intera area industriale mostrano come gli interventi NBS siano in grado di ridurre in maniera rilevante il livello di rischio climatico a cui questa area industriale è esposta. In particolare si registra sia nello scenario 2030 che in quello 2050, un contributo delle NBS in grado di abbassare il livello di rischio complessivo pur rimanendo sempre in un contesto di rischio medio (ovvero un livello di rischio in cui un'azienda può subire dei danni, anche rilevanti, legati agli effetti dei cambiamenti climatici. Si tratta infatti di rischi in cui sia la probabilità di accadimento che la magnitudo dei singoli fenomeni possono assumere valori tali da giustificare interventi di adattamento). L'effetto di riduzione del rischio climatico complessivo raggiunto grazie alle NBS nell'area industriale del porto di Ravenna è da intendere soprattutto come un contributo delle NBS nel ridurre la magnitudo delle ondate di calore, ondate di calore che nel medio e lungo termine sono desinate a crescer in maniera significativa.

Dal punto di vista della riduzione percentuale del rischio climatico in seguito alla realizzazione di interventi NBS diffusi e ben pianificati sull'area industriale del porto di Ravenna, si osserva invece una riduzione del

rischio meteo climatico per l'intero comparto industriale al 2030 del **21,5%** e del **25,7%** al 2050 rispetto allo scenario del 2018.



Ravenna. Riduzione percentuale del rischio meteo-climatico a livello di intero comparto industriale rispetto allo scenario BAU (2018) con interventi NBS	%
Scenario 2030	-21,5%
Scenario 2050	-25,7%

Figura 99. Ravenna. Riduzione in valore assoluto e in termini percentuali al 2030 e al 2050 del rischio meteo-climatico a livello di intero comparto industriale rispetto allo scenario BAU (2018) con interventi NBS

In entrambi i casi gli interventi di tipo NBS risultano essere efficaci nel ridurre il rischio climatico associato ad ondate di calore e precipitazioni estreme delle due aree industriali, sebbene nel caso studio di Bomporto si registri un impatto percentuale in termini di riduzione del rischio più alto rispetto a Ravenna. Questo risultato tuttavia era atteso viste le premesse già presentate in precedenza, ovvero un'area di Bomporto maggiormente esposta a rischi meteo-climatici rispetto al caso studio di Ravenna.

Da un punto di vista metodologico si osserva una lieve differenza tra i valori di riduzione del rischio nello scenario al 2030 e in quello al 2050. Questo lieve scostamento tra i due valori con alta probabilità è legata all'impossibilità di gestire la progressività degli interventi, ovvero una realizzazione delle opere che dura più anni. Il tool CAST infatti consente solo di inserire una data di inizio "dell'effetto" di una data misura di

adattamento, facendo quindi che l'effetto di quella misura si verifichi immediatamente dall'anno inserito come data di avvio della misura. Avendo previsto che tutti gli interventi NBS vengano realizzati entro il 2025, il tool ha caricato l'effetto di quella misura come effettiva da quella data, smorzando pertanto l'effetto di riduzione del rischio nel lungo periodo. Questo è un limite del tool, ma tuttavia non rappresenta un limite invalidante per le finalità del presente studio. Infatti il dato ottenuto al 2050 è comunque rilevante, in quanto dimostra che la realizzazione di NBS nelle aree oggetto di studio consentirà di aggredire il crescente rischio legato al significativo aumento nel lungo periodo sia della magnitudo che della frequenza degli eventi meteo-climatici estremi.

Una innovazione apportata da questo approccio risiede nell'aver incorporato all'interno di questo indice di rischio climatico "sintetico" non solo la componente "territoriale" del rischio ma anche la componente più prettamente "aziendale". Infatti grazie all'utilizzo dell'approccio del Carbon Disclosure Project (CDP) e i suoi otto differenti ambiti di danno aziendali associati agli effetti dei cambiamenti climatici (Asset integrity, Business continuity, Legal liability, Reputation, Market response, Financial balance, Staff health&safety e Infrastructures), è stato possibile incorporare in questo indice sintetico di rischio climatico tutte le componenti di rischio percepite dalle aziende. L'utilizzare questo indice di rischio sintetico all'interno della pianificazione urbanistica o nella progettazione di misure di adattamento ai cambiamenti climatici, può pertanto contribuire a colmare quel "gap linguistico" che ad oggi esiste tra le discipline che afferiscono alla gestione del rischio e quelle dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Tale indice pertanto è il contributo specifico e concreto di questa ricerca per andare oltre lo stato dell'arte in materia e portare un contributo innovativo.

Nello specifico, tale lavoro esplora, tanto dal punto di vista teorico quanto operativo, due differenti modalità di superamento del gap linguistico esistente tra approcci CCA e DRR:

- Dal punto di vista teorico, l'impiego delle NBS per ridurre il rischio climatico è già di per sé una misura che colma tale gap, in quanto le NBS sono per loro natura multi hazard e multi obiettivo (EEA, 2017) e pertanto soluzioni che proprio per definizione si pongono a cavallo dei due approcci;
- Dal punto di vista operativo, l'integrazione di una di una metodologia nata e ideata all'interno di un approccio tipicamente DRR (Carbon Disclosure Project) in un contesto tipicamente di CCA (capacità di adattamento delle NBS) per il quale non era stato concepito, ma che grazie al tool CAST è stato possibile unire.

Per quanto riguarda il primo aspetto, come ampiamente documentato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente nella pubblicazione "Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Encouraging coherence of the knowledge base, policies and practices" che analizzata centinaia di paper scientifici internazionali proprio su questo tema, le NBS "per la loro natura multi obiettivo si pongono come integrazione naturale

tra politiche, pratiche e competenze afferenti a DRR e CCA” (EEA, 2017). Appare evidente pertanto come vi siano numerose evidenze scientifiche circa l’importante ruolo ricoperto dalle NBS nel colmare e ricomporre il gap linguistico esistente. Lo studio teorico e pratico delle NBS e della loro capacità di adattamento ai cambiamenti climatici rappresentano una importante opportunità di colmare questo gap linguistico.

Per quanto riguarda il secondo aspetto invece, più operativo, il presente lavoro muovendosi all’interno del percorso teorico sopra sintetizzato, ha dato alla teoria una connotazione pratica innovativa utilizzando l’approccio “aziendalistico” e tipicamente DRR dal Carbon Disclosure Project in un ambito teorico per il quale non era stato pensato e tipicamente CCA come quello della valutazione della capacità di adattamento delle NBS a scala territoriale. Di fatto si è utilizzato uno strumento nato ed ideato all’interno di un approccio tipicamente DRR in un contesto di CCA per il quale non era stato concepito. Il risultato ottenuto, quell’indicatore sintetico di riduzione del rischio climatico riportato nel presente paragrafo, rappresenta di fatto il contributo originale che tale lavoro di tesi ha portato alla discussione accademica relativa alla necessità di integrare approcci di tipo CCA con quelli DRR. L’indice sintetico di riduzione del rischio climatico ottenuto infatti, si presta ad essere utilizzato tanto nella pianificazione territoriale ed urbanistica quanto nel mondo industriale/assicurativo e nelle attività di valutazione che in tale ambito vengono svolte.

4.13 Limiti e potenzialità del metodo di studio utilizzato e del tool di valutazione. Analisi SWOT

L’analisi SWOT è una metodologia utilizzata per analizzare in maniera semplice ed efficace le caratteristiche di un progetto, di un programma o di un’organizzazione e le conseguenti relazioni con l’ambiente operativo nel quale opera, offrendo un quadro di riferimento per valutare la capacità dell’oggetto della valutazione nel comprendere quali elementi (esterni e interni) abbiano contribuito al raggiungimento dell’obiettivo o al suo mancato raggiungimento (Patassini D, 2006). Per queste ragioni l’analisi SWOT si costruisce tramite una matrice divisa in quattro ambiti di analisi fondamentali: i punti di forza, i punti di debolezza, le opportunità e le minacce. L’analisi SWOT consente di ragionare rispetto all’obiettivo che si vuole raggiungere tenendo simultaneamente conto delle variabili sia interne che esterne. Le variabili interne sono quelle che fanno parte del sistema e sulle quali è possibile intervenire. Quelle esterne invece, non dipendendo dall’organizzazione, possono solo essere tenute sotto controllo, in modo di sfruttare i fattori positivi e limitare i fattori che invece rischiano di compromettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Nel presente schema (Figura 100) si riassumono i principali punti di forza e debolezza, minacce ed opportunità della metodologia di analisi utilizzata nel presente studio.

Analisi SWOT			
Punti di Forza	<ul style="list-style-type: none"> • Dettaglio con cui sono stati costruiti gli scenari climatici nel breve, medio e lungo periodo; • Dettaglio con cui è stata calcolata la probabilità di accadimento di eventi metereologici estremi nelle aree di studio; • Flessibilità del tool utilizzato che ha consentito di effettuare tutti gli aggiustamenti metodologici necessari per gli specifici ambiti di indagine; • Definizione di un indice univoco di rischio climatico in grado di comprendere tutti gli ambiti di danno aziendali (visione olistica); • Utilizzo dei dati della letteratura scientifica per ridurre la soggettività tipica degli strumenti DSS in materia di adattamento. 	Opportunità	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologia semplice e di facile impiego, sviluppabile anche da enti pubblici/privati con l'impiego di un budget limitato; • Definizione di un indice di rischio di facile lettura, facilmente integrabile sia in strumenti di piano che in strumenti di pianificazione aziendale e/o del mondo assicurativo; • Trasparenza della metodologia utilizzata che consente una facile replicabilità ed applicazione in altri casi studio; • Il tool CAST è gratuito e accompagnato da manuali di utilizzo molto chiari che consentono una buona confidenza nell'utilizzo.
Punti di Debolezza	<ul style="list-style-type: none"> • Soggettività irriducibile nel definire i valori di magnitudo degli impatti dei cambiamenti climatici; • Approccio statistico per la generalizzazione dei dati di rischio dalla singola impresa all'intero comparto industriale; • Impossibilità di modellizzare l'effetto nel tempo delle misure NBS (limite del tool). • Difficoltà nel reperire dati di dettaglio relativi alla capacità di adattamento delle NBS nel preciso contesto climatico di studio. 	Minacce	<ul style="list-style-type: none"> • Credibilità dei risultati ottenuti in quanto ricavati dall'impiego di una metodologia di analisi semi-qualitativa; • Credibilità dei risultati da parte dei progettisti in quanto gli effetti NBS fanno riferimento ad un contesto territoriale vasto e non ad un edificio nello specifico.

Figura 100. SWOT analisi della metodologia di studio utilizzata nel presente studio.

L'analisi SWOT condotta mostra pregi e difetti della metodologia utilizzata nel presente studio. Essendo un lavoro sperimentale, pregi e difetti della metodologia e del tool analizzati sono emersi man mano che si procedeva nelle attività di modellizzazione e di valutazione. Rappresentano pertanto un contributo originale

e nuovo al tema accademico della valutazione del rischio e alle modalità per gestire la soggettività all'interno di tool di supporto alla decisione in materia di adattamento. Focalizzandosi soprattutto sui punti di debolezza e le minacce, un tema di lavoro da sviluppare riguarda le modalità per valutare quantitativamente con maggiore precisione la magnitudo degli impatti dei cambiamenti climatici sulle aziende, soprattutto con riferimento a quegli eventi che pur non essendosi ancora verificati hanno un'elevata probabilità di accadimento e una forte magnitudo qualora non si intervenga in un qualche modo nel contrastarli.

L'altro limite del presente lavoro è legato all'approccio statistico utilizzato per la generalizzazione delle simulazioni condotte su singole imprese ad intere aree industriali. Nel caso di aree industriali di piccola dimensione non sarebbe un problema effettuare l'analisi su ogni singola azienda e utilizzare questi dati all'interno di strumenti di Piano. Ma se si considera il caso di Ravenna, con oltre 250 aziende (senza considerare quelle dell'indotto), condurre delle simulazioni azienda per azienda comporterebbe tempi e costi notevoli, non compatibili probabilmente con i budget pubblici disponibili per condurre analisi di questo tipo. Prima di scegliere il tool CAST, come evidenziato nella Parte II, era stato scelto come strumento di valutazione inVEST, un tool che consentiva di valutare l'effetto delle NBS su scala vasta simulando le variazioni nell'utilizzo di suolo in differenti scenari temporali. inVEST infatti, che in linea teorica avrebbe consentito un maggiore dettaglio in termini di valutazione degli effetti delle NBS a scala di area industriale, non prevedeva però la possibilità di modellizzare interventi NBS sugli edifici, come ad esempio tetti verdi o superfici maggiormente drenanti. Questo conferma come la scelta del tool di analisi e di valutazione condizioni inevitabilmente le metodologie utilizzate, rendendo necessari aggiustamenti e soluzioni non pienamente ottimali.

Infine un altro limite del presente lavoro è legato alla difficoltà registrata nel reperire dati di dettaglio relativi alla capacità di adattamento delle NBS nel preciso contesto di studio. Esistono infatti numerosi analisi di casi studio specifici e studi accademici che analizzano gli effetti di un dato intervento NBS in un preciso contesto geografico. Replicare questi dati di letteratura e le evidenze scientifiche raccolte in altri contesti territoriali, ad altre latitudini, è sicuramente utile e consente di arrivare a dati attendibili selezionando, come fatto nel presente studio, i casi studio che operano in contesti simili a quelli che si intende analizzare. Sarebbe pertanto necessario, a giudizio dell'autore, strutturare le piattaforme di raccolta dei casi studio esistenti in modo da consentire una consultazione "per area geografica" delle centinaia di casi studio che sono stati raccolti a livello internazionale ed europeo.

5. Parte IV. Indirizzi di ricerca per l'ulteriore sviluppo della presente ricerca

Le conclusioni operative del presente lavoro aprono altre finestre di ricerca che si intrecciano fortemente con le tematiche dei big data, del supporto alla decisione con un approccio maggiormente basato sui dati, delle modalità innovative con cui i dati ottenuti dalla presente ricerca potrebbero essere utilizzati e valorizzati, fino ad arrivare ad intravedere possibili strumenti normativi ad oggi non esistenti ma che potrebbero dare concretezza a quanto sviluppato nella presente ricerca. Si riportano di seguito alcune riflessioni preliminari che inquadrano gli ulteriori ambiti di ricerca legati all'utilizzo dei dati di rischio climatici all'interno della pianificazione territoriale e le possibili integrazioni con quanto già esiste a livello internazionale ma con un occhio allo specifico contesto italiano.

5.1 Il "data driven decision making" per la costruzione di politiche e misure di adattamento efficaci. Indirizzi per il futuro sviluppo della presente ricerca

La recente crescita esponenziale della generazione di informazioni georeferenziate, prodotte con sempre maggiore facilità sia da cittadini che dalle imprese mediante l'uso di tecnologie facilmente accessibili a tutti (si parla a tale proposito di Collaborative Mapping e Crowd mapping), pone l'urbanistica e la pianificazione urbana di fronte ad una nuova sfida legata al campo disciplinare del "data driven decision making" (American Planning Association, 2015).

L'importanza della disponibilità di dati climatici e di rischio/vulnerabilità/esposizione dei territori nelle attività di supporto alla decisione delle pubbliche amministrazioni a tutti i livelli di governo è evidenziata a livello europeo da tempo (EEA, 2017). Inoltre, come sottolineato in diversi punti del presente lavoro di tesi, la mancanza di dati puntuali legati al rischio/vulnerabilità/esposizione a piccola scala (livello comunale e sub-comunale), ha rappresentato una delle maggiori difficoltà incontrate nelle analisi condotte. Il diffondersi di nuove tecnologie di raccolta e fornitura di dati di dettaglio potrebbe consentire un superamento di tali limiti e diversi passi in questa direzione sono già stati compiuti.

Infatti, pur con le dovute cautele scientifiche, è possibile affermare che i disastri ambientali sono in qualche modo "prevedibili" se circoscritti in termini di probabilità, identificazione dell'esposizione al rischio di aree precise ed entità del danno potenzialmente registrabile (Peppoloni, 2014). La ricerca scientifica infatti, pur non potendo ancora affermare in maniera deterministica quando esattamente un evento estremo potrà verificarsi, può con precisione crescente quantificare dal punto di vista probabilistico le occorrenze all'interno di determinati periodi temporali e contesti geografici (Peppoloni, 2014). Questa base conoscitiva, per quanto

probabilistica, è fondamentale per definire Piani e politiche di adattamento in grado di essere veramente efficaci nel ridurre e/o evitare gli impatti negativi di fenomeni naturali estremi.

La promozione di una cultura e di politiche in grado di ridurre il rischio a cui edifici e persone sono esposte, passa pertanto anche da un potenziamento della base dati e informativa messa a disposizione di amministrazioni pubbliche, cittadini ed imprese. Un potenziamento non solo quantitativo ma anche qualitativo, ovvero la messa a disposizione di dati accurati, con metadati forniti secondo standard riconosciuti e soprattutto in formato open. L'Europa e l'Italia in questo senso hanno fatto molto, soprattutto in merito alla diffusione di dati open relativi ai cambiamenti climatici e i rischi associati.

A livello europeo la svolta più rilevante nella disponibilità di open data di qualità e dettaglio sul clima e i suoi effetti è venuta dal progetto europeo Copernicus. Questo programma Europeo di osservazione della terra è un insieme complesso di satelliti che orbitando intorno alla terra raccolgono dati di dettaglio che in seguito vengono messi a disposizione gratuitamente. I servizi offerti si dividono in sei aree tematiche: il suolo, il mare, l'atmosfera, i cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze e la sicurezza. Stessa tipologia di dati viene resa pubblica dall'Agenzia Spaziale Europe (ESA) con il suo programma ESA Earth Observer. Questa ampia disponibilità di dati satellitari di elevata qualità e risoluzione di fatto hanno aperto opportunità di analisi e valutazione difficilmente ottenibili fino a pochi anni fa (EEA, 2017).

Anche l'Italia negli ultimi anni ha fatto significativi passi in avanti in questa direzione. Una prima svolta in tale senso è avvenuta con l'istituzione nel novembre 2014 della "Struttura di missione contro il dissesto idrogeologico e per lo sviluppo delle infrastrutture idriche" chiamata "Italia Sicura". Tale iniziativa ha messo a disposizione in maniera organizzata, coerente, dettagliata e open, una grande quantità di dati relativi agli interventi di messa in sicurezza del territorio italiano. In particolare, mediante una mappa navigabile che arriva al livello di dettaglio del singolo Comune, è possibile analizzare l'esposizione al rischio di un'area ed eventuali interventi di mitigazione del rischio previsti o già realizzati. Si tratta pertanto non di un semplice repository di dati ma di una vera e propria piattaforma che consente di integrare ed analizzare in maniera sistematica dati provenienti da più banche dati.

Nell'agosto 2017 una nuova banca dati pubblica sui rischi naturali in Italia è stata messa a disposizione dall'ISTAT in collaborazione la struttura di missione della Presidenza del Consiglio "Casa Italia". L'obiettivo di questa nuova piattaforma è fornire variabili e indicatori di qualità a livello comunale, consentendo una visione di insieme sui rischi connessi a terremoti, eruzioni vulcaniche, frane e alluvioni, attraverso l'integrazione di dati provenienti da varie fonti istituzionali quali Istat, INGV, ISPRA, Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo. Anche in questo caso non è stato realizzato solo un repository di dati ma una vera e propria piattaforma integrata per l'analisi dei rischi naturali e sociali a livello comunale.

Queste due nuove piattaforme hanno arricchito e semplificato l'accesso a quelle fonti informative che già da anni erano prodotte con cadenze regolari da ISPRA e dal Dipartimento della Protezione Civile. ISPRA in particolar modo con il suo "Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia" fornisce da anni mappe di dettaglio delle aree a pericolosità da alluvione per tutto il Paese, fornendo indici di rischio per il territorio, gli edifici e la popolazione. Il Dipartimento della Protezione Civile invece, rilascia già da anni open data sulla gestione delle emergenze, fornendo le informazioni raccolte nel censimento degli interventi effettuati negli ultimi decenni.

La centralità dei dati per una migliore gestione pre e post evento naturale calamitoso è stata espressa da numerosi stakeholders. Il settore assicurativo in particolare ha più volte richiesto pubblicamente che le Autorità competenti mettessero a disposizione delle imprese di assicurazione, come previsto dalla Direttiva Alluvioni n. 2007/60/CE, recepita dal d.lgs n. 49/2010 (che prevede un coordinamento idoneo e una gestione univoca dei dati), i dati necessari alla creazione di un modello idrologico che permettesse di determinare un indice di rischio su scala nazionale (ANIA, 2015). Con le ultime due piattaforme della Presidenza del Consiglio e di Istat un significativo passo in questa direzione è stato compiuto.

5.2 Sistemi innovativi per la diffusione dei dati di rischio legati al climate change: l'approccio della location intelligence

Legato alla diffusione dei Big Data e della Business Intelligence, si è registrata una forte e rapida crescita di strumenti e servizi di analisi di dati di tipo spaziale al fine di risolvere specifici problemi gestionali e organizzativi. In uno studio commissionato da Google nel 2013, è stato stimato che i servizi basati su tecnologie geospaziali generano un fatturato globale annuo compreso tra 150 e 270 miliardi di dollari, con tassi di crescita del 30% all'anno (Ubisense, 2015). Questo successo è testimoniato dal proliferare di piattaforme che a pagamento o gratuitamente offrono servizi di analisi delle informazioni geografiche: Carto.com, Mapbox, Google Maps APIs, applicativi specifici per software Gis solo per citare i servizi più noti.

Un particolare filone di analisi geospaziale è la cosiddetta Location intelligence (o Spatial intelligence), ovvero "una combinazione di tecnologie, dati e servizi per aiutare enti pubblici o privati a localizzare, calcolare, comparare, visualizzare ed analizzare i dati in modo da fornire un sistema di supporto alle decisioni e alle strategie di business" (Milton S., 2011). Questa tipologia di analisi non è qualcosa di nuovo. A tal proposito è noto il caso di John Snow che nel 1854 riuscì a comprendere le cause della diffusione del Colera a Londra sovrapponendo la mappa delle fontane pubbliche della città con quella dei luoghi in cui si erano registrati il maggior numero di decessi. La novità di questo settore pertanto non è l'analisi spaziale in sé ma la crescita

della quantità e della qualità delle informazioni di cui oggi disponiamo per effettuare questa tipologia di analisi.

L'approccio della location intelligence ha trovato applicazione in numerosi ambiti disciplinari (soprattutto nel settore della gestione degli asset immobiliari). Uno degli ambiti in cui sta crescendo il ricorso alla location intelligence è quello del risk management degli effetti dei cambiamenti climatici all'interno delle aree urbane. Alcune delle esperienze internazionali più interessanti in campo di applicazione di un approccio location intelligence a fenomeni naturali estremi sono Beyond Floods di New York e la californiana Vizonomy.

La piattaforma Beyond Floods di New York consente l'accesso dei singoli utenti alle informazioni di rischio, vulnerabilità ed esposizione al rischio alluvione di oltre un milione di proprietà. Queste informazioni vengono fornite mediante un "Flood Outlook Scores" dell'abitazione, un indicatore numerico di resilienza (con valore da 1 a 25) che sintetizza 25 differenti indicatori (tipologia edilizia, interventi di adattamento implementati, scenari climatici presenti e futuri, ecc.). Tale iniziativa nasce in seguito alle conseguenze dell'uragano Katrina e della tempesta Sandy, fenomeni naturali che nella sola area di New York hanno danneggiato oltre 90.000 edifici per un totale di 19 miliardi di dollari di perdite. Ad oggi si stima che più di 400.000 newyorkesi vivano in zone di alto rischio di alluvione, ma una ridotta percentuale di essi ha una corretta conoscenza del livello di rischio della propria abitazione (Carto, 2016). Per questo motivo, utilizzando i dati messi a disposizione in formato open da diverse pubbliche amministrazioni americane, il team di Beyond Floods ha sviluppato un'applicazione web che consente a chiunque di comprendere il rischio alluvione a cui sono esposti semplicemente digitando un indirizzo civico. Questa piattaforma è una delle prime nel suo genere, e rappresenta un caso studio di riferimento su come sia possibile fornire a cittadini e imprese informazioni complete e di dettaglio circa il livello di rischio a cui sono esposti.

Un altro caso studio, sempre americano, è quello di "Vizonomy. Assessing Climate Risk", molto simile al caso studio analizzato precedentemente ma da cui si differenzia per l'implementazione di una serie di algoritmi dinamici che consentono di basare le attività di supporto alla decisione su dati real-time. L'obiettivo di Vizonomy è quello di fornire a funzionari pubblici e ad operatori privati, una piattaforma che consenta di cercare e integrare dati provenienti da decine di differenti banche dati pubbliche e sviluppare valutazioni personalizzate più facilmente accessibili. Tale piattaforma attualmente viene utilizzata da diverse città della baia di San Francisco e da agenzie governative come ad esempio la California State Coastal Conservancy (Carto, 2016).

Esperienze di questo tipo sono nate anche in Italia, anche se al momento non risulta esserci nessuna piattaforma che abbia raggiunto livelli qualitativi paragonabili a quelli dei due casi studio presentati. L'unica esperienza italiana che si sta muovendo in una direzione di location intelligence applicato alla gestione del rischio legato ai cambiamenti climatici è relativa alle attività sviluppate nell'ambito del progetto finanziato

dall'Unione Europea "Life Derris". Nell'ambito di questo progetto infatti si sta sviluppando un tool di auto-valutazione per misurare il rischio ambientale a cui si è esposti e adottare misure di prevenzione e di gestione delle emergenze nelle aziende.

Uno dei principali vantaggi di queste piattaforme di location intelligence, secondo i dati riportati in uno studio condotto da Carto, è la capacità di ridurre fino all'80% il costo di una valutazione di esposizione al rischio climatico (Carto, 2016). Questo è reso possibile in primo luogo dalla ampia disponibilità di dati open di qualità e al proliferare di supporti tecnologici in grado di fornire questi servizi a prezzi sempre più contenuti o talvolta gratuiti.

Il presente lavoro di tesi, per le metodologie e la tipologia di indicatori utilizzati, potrebbe concretizzarsi in un applicativo settoriale strutturato sul modello di Beyond Floods e Vizonomy. Uno strumento che ad esempio potrebbe essere utilizzato nel mercato immobiliare industriale da multinazionali alla ricerca di luoghi "climaticamente sicuri" in cui insediare una propria filiale. O ancora potrebbe essere utilizzata da un'azienda per negoziare con una compagnia assicurativa un'assicurazione degli immobili e altre applicazioni di questo tipo in un'ottica di location intelligence.

5.3 Verso una certificazione dei rischi ambientali di edifici e territori in Italia e sistemi premianti dei comportamenti virtuosi. Riflessioni teoriche preliminari

In Italia ad oggi non esiste nessuno strumento obbligatorio che attesti il livello di rischio a cui un edificio o una determinata area sono esposti. Come già evidenziato, esistono diversi strumenti informativi che mostrano il livello di esposizione al rischio di determinati edifici e territori ma queste informazioni non necessariamente vengono utilizzate nella definizione di Piani e politiche. Manca pertanto in Italia uno strumento che così come l'Attestato di Prestazione Energetica (APE) per il grado di efficienza energetica degli edifici sia in grado di restituire con metodologie e metriche condivise il grado di esposizione al rischio di un edificio. Uno strumento di questo tipo potrebbe rivelarsi di grande utilità in un contesto come quello italiano in cui circa un edificio su sei è a rischio (ISPRA, 2016) e chi vi abita raramente ne è a conoscenza. La metodologia sviluppata nel presente studio intende fornire un contributo in tale direzione, definendo come nel caso della certificazione energetica degli edifici una metodologia facilmente replicabile per certificare il livello di rischio climatico a cui un ambito territoriale/edificio è esposto e soprattutto una misurazione di quanto questo rischio può essere ridotto.

Un primo contributo verso forme di certificazione del rischio degli edifici/immobili industriali potrebbe venire dall'introduzione nell'ordinamento italiano del cosiddetto "libretto/fascicolo del fabbricato". Atteso da più

di 20 anni, questo libretto di fatto dovrebbe andare a creare una scheda di rischio di ogni edificio presente sul suolo nazionale.

L'ultimo tentativo di introdurre questo strumento è avvenuto con la Legge di Stabilità 2017 dove era stato proposto di rendere obbligatorio il fascicolo del fabbricato per ogni immobile di proprietà privata. L'idea era quello di inserire nei contratti d'affitto e di compravendita la clausola della certificazione del fabbricato obbligatoria, al pari della certificazione energetica. Pensato soprattutto in relazione ai terremoti, per come è costruito questo strumento è possibile scorgere spazi di manovra per ricomprendere in futuro anche valutazioni circa l'esposizione ad eventi metereologici e naturali estremi connessi ai cambiamenti climatici. Al momento tuttavia non sembrano esserci i presupposti per riflessioni di questo tipo. Le schede "Flood Outlook Scores" del progetto Beyond Floods di New York mostrano come questo tipo di certificazione potrebbe essere condotta.

Una spinta verso una progressiva affermazione di forme di certificazione dei rischi ambientali di edifici e territori era venuta da alcune novità introdotte dal Nuovo Codice Appalti (d.lgs 18 aprile 2016, n.50). Una delle svolte più rilevanti contenute nel codice degli appalti del 2016 era legata al cambiamento dei criteri di aggiudicazione delle gare d'appalto. Nelle nuove gare al criterio del massimo ribasso è stato affiancato quello dell'offerta economicamente più vantaggiosa. Questo criterio prevede che oltre al prezzo di un'opera siano prese in considerazione anche valutazioni legate alla qualità delle proposte presentate. Questi nuovi criteri sono stati definiti all'interno delle Linee Guida dell'ANAC, in cui vengono elencati una serie di possibili criteri utilizzabili quali:

- **"Qualità** (pregio tecnico, caratteristiche estetiche e funzionali, accessibilità, certificazioni e attestazioni in materia di sicurezza e salute dei lavoratori, caratteristiche sociali, ambientali, contenimento dei consumi energetici, caratteristiche innovative, commercializzazione e relative condizioni)";
- **"Costo di utilizzazione e manutenzione**, avuto anche riguardo ai consumi di energia e delle risorse naturali, alle emissioni inquinanti e ai costi complessivi, inclusi quelli esterni e di mitigazione degli impatti dei cambiamenti climatici, riferiti all'intero ciclo di vita dell'opera, bene o servizio, con l'obiettivo strategico di un uso più efficiente delle risorse e di un'economia circolare che promuova ambiente e occupazione";
- **"Costi imputati a esternalità ambientali legate ai prodotti, servizi o lavori** nel corso del ciclo di vita, purché il loro valore monetario possa essere determinato e verificato. Tali costi possono includere i costi delle emissioni di gas a effetto serra e di altre sostanze inquinanti, nonché altri costi legati all'attenuazione dei cambiamenti climatici".

Questi criteri di fatto aprono la strada a valutazioni maggiormente attente all'ambiente e ai rischi naturali a cui determinate misure e interventi di adattamento sono esposti. Questo però a condizione che, come ricordato sempre nel documento dell'Anac, i metodi utilizzati siano basati "su criteri oggettivi, verificabili e non discriminatori", "accessibile a tutte le parti interessate", e su dati che "devono poter essere forniti con ragionevole sforzo da operatori economici normalmente diligenti" (ANAC, 2017). In questa ottica è evidente l'importanza che la metodologia sviluppata nel presente studio potrebbe avere, soprattutto dal punto di vista dei criteri oggettivi e accessibili a tutte le parti interessate.

Infine altre opportunità di sostegno pubblico a privati che effettuano interventi in grado di ridurre l'esposizione al rischio potrebbero venire dall'utilizzo di alcuni meccanismi fiscali e premiali legati agli strumenti urbanistici e di fiscalità locale. Ad esempio si potrebbero prevedere forme di premialità urbanistiche (volumetriche o di altro tipo), sgravi fiscali (come nel caso del **Bonus Verde** che prevede detrazioni fiscali del 36% delle spese sostenute per la realizzazione e la manutenzione di aree verdi), riduzione di alcune imposte locali per quei soggetti o imprese che realizzano interventi o progetti con ricadute positive in termini di riduzione dell'esposizione al rischio. Vi sono infatti spazi normativi per andare ad esempio a ridurre alcune tasse per quei soggetti che piantando alberi all'interno della loro proprietà o ampliando i tetti verdi riducano l'esposizione ad alcuni rischi climatici come le isole di calore. O ancora forme di premialità volumetriche e finanziarie per progettualità in grado di dimostrare di ridurre il livello di esposizione al rischio di determinate aree.

Oltre a forme di sostegno pubblico ad operazioni di valutazione e certificazione dell'esposizione al rischio di edifici e territori, un crescente interesse al tema viene dagli operatori privati. Infatti sono in crescita a livello globale piattaforme per la vendita di immobili in cui oltre alle variabili chiave per la determinazione del prezzo di vendita (posizione, metratura, classe energetica, ecc.) vengono considerati anche altri fattori legati alla qualità della vita come l'offerta di trasporto pubblico, la sicurezza complessiva dell'area, il confort climatico, ecc. Piattaforme di questo tipo sono state create recentemente anche in Italia, come nel caso della startup "Quirate". Queste piattaforme sono sempre più richieste dagli asset manager e dalle compagnie assicurative, interessate entrambe sempre più a proporre una differenziazione e personalizzazione dei prezzi di vendita e dei premi assicurativi degli edifici legati il più possibile alle reali condizioni del luogo.

Tuttavia sono da sottolineare anche i rischi connessi a forme di valutazione e certificazione del rischio degli immobili. Una certificazione approfondita dei rischi a cui un edificio è esposto potrebbe mettere in luce tutte le problematiche dell'immobile stesso, con il risultato di potenziali riduzioni del valore economico dell'immobile e allontanamento di potenziali compratori (Ania, 2015). Inoltre si potrebbero generare anche problematiche legate ad un rischio di "selezione avversa" in cui da un lato potrebbero chiedere di essere assicurati solo chi è altamente esposto dall'altro lato invece le compagnie assicurative potrebbero rifiutarsi di assicurare chi è maggiormente esposto. Entrambe queste prospettive porterebbero ad innalzamento

eccessivo dei premi assicurativi (Unipol, 2018) che di fatto renderebbe economicamente insostenibile per entrambe le parti uno schema di questo tipo. Questo ovviamente potrebbe trovare una forte opposizione da parte dei proprietari immobiliari delle aree più esposte che, come già analizzato, sono numerose in Italia. Infine vi è il rischio che le Pubbliche Amministrazioni vedano un significativo aumento delle richieste di intervento da parte delle popolazioni che abitano nelle aree a maggiore rischio con il conseguente rischio di un aumento della tensione sociale. L'approccio di valutazione del rischio sviluppato nel presente studio non a livello di singola azienda ma di intera area industriale, si pone proprio in un 'ottica di evitare il fenomeno di "selezione avversa" e di equità tra le aziende.

5.4 Il valore assicurativo delle Nature Based Solution nel contesto industriale italiano

Le NBS rappresentano per le imprese un investimento ma anche un costo, una spesa che può non rientrare nelle capacità economiche di una azienda o non essere una priorità per quelle che invece avrebbero capacità di spesa. In alcuni casi la pubblica amministrazione potrebbe intervenire realizzando NBS in alcune aree comuni ma anche per queste non è facile trovare le risorse economiche necessarie. Da qui nasce l'importanza di ricercare forme di incentivazione (dirette e indirette) per la realizzazione di NBS da parte dei privati.

Una possibile forma di incentivazione per i privati che realizzano NBS potrebbe essere quella di collegare questi interventi a prodotti assicurativi a mercato legati al tema delle catastrofi naturali. In particolare chi realizza questi interventi potrebbe avere degli sconti/sgravi proporzionali alla diminuzione del rischio climatico a cui è esposto. Attorno a questa idea è stata concepita la metodologia sviluppata nel presente studio, legata cioè alla definizione di uno schema concettuale per la valutazione del valore assicurativo delle NBS che consenta un allineamento teorico e pratico tra l'approccio territoriale della "pianificazione dell'adattamento" e l'approccio di gestione del rischio di disastri tipica del mondo assicurativo.

Il lavoro di tesi condotto, ha fornito diverse evidenze al dibattito in corso sul tema assicurazioni e cambiamenti climatici. In primo luogo ha dimostrato come un approccio che integra l'approccio territoriale della pianificazione dell'adattamento (CCA) e l'approccio di gestione del rischio di disastri (DRR) sia in grado di fornire un indicatore sintetico di rischio che somma entrambe le dimensioni. Questo approccio integrato tra urbanistica (efficacia di misure di adattamento NBS) e assicurazioni (riduzione del rischio climatico per le imprese che realizzano NBS), ha di fatto consentito di dare una quantificazione precisa di carattere ecosistemico e sociale a questi interventi (e non solo economica) che consente di valorizzare l'intervento del privato e la supervisione del settore pubblico. Infatti, come evidenziato nel "Libro Verde sull'assicurazione contro le calamità naturali e antropogeniche" del 2013 della Commissione Europea, "la gestione dei rischi derivanti dalle calamità naturali presuppone una migliore gestione dell'esposizione ai pericoli naturali attraverso la pianificazione urbanistica e territoriale. Qualsiasi politica di gestione delle calamità deve

comprendere gli aspetti di prevenzione, resilienza, riduzione dei singoli punti di vulnerabilità e rafforzamento degli ecosistemi. Nelle zone a rischio i proprietari di immobili dovranno investire ancor di più in misure di riduzione del rischio che grava sulle loro proprietà” (Commissione Europea, 2013). La metodologia proposta in questo studio fornisce una proposta concreta a questa necessità.

Fondamentale inoltre è il ruolo del settore pubblico. Infatti “a causa dei cambiamenti climatici le assicurazioni saranno sollecitate a coprire fenomeni sempre più frequenti e intensi. I cambiamenti che si registrano nel clima e nella composizione e concentrazione demografiche, la crescita nelle zone esposte alle calamità e l’aumento del benessere e del valore degli immobili determinano una maggiore esposizione e vulnerabilità delle attività economiche e una maggiore entità delle perdite” (IPCC, 2012). Inoltre “per la maggior parte dei fenomeni atmosferici estremi si prevede in generale un aumento considerevole della probabilità che si verifichino. In conseguenza del maggiore rischio, è possibile che le polizze assicurative non siano più disponibili in alcune zone oppure che abbiano costi proibitivi. L’impossibilità di assicurarsi, che è uno dei fattori che aumenta la vulnerabilità, può acuire la sensibilità nella società e reca in sé il potenziale di grandi esposizioni finanziarie a carico degli Stati” (IPCC, 2012).

Da questo fenomeno “di selezione avversa” nasce una delle idee fondamentali sviluppate nel presente lavoro di tesi: valutare l’esposizione al rischio non di una singola azienda ma di un’area industriale nel suo complesso. Le aree industriali infatti, come quelle analizzate nel presente studio ma più in generale per tutte le aree industriali, sono di solito composte da un mix di aziende che si differenziano per dimensioni, settore produttivo e specifica esposizione al rischio legato al/ai business che portano avanti. Una valutazione dell’esposizione al rischio di intero comparto industriale, magari coordinata e guidata da un’amministrazione pubblica (comunale o sovra comunale per dare ancora maggiore potere contrattuale agli imprenditori del comparto), consentirebbe di fatto un superamento di questo rischio di selezione avversa. Solitamente infatti “per gestire i rischi correlati l’assicurazione ricorre a due tecniche principali: la prima consiste nell’ampliare il pool per limitare al massimo la probabilità di un’elevata correlazione fra i singoli rischi a causa di una potenziale calamità; un’altra tecnica comunemente usata è aggregare in un’unica polizza assicurativa varie tipologie di rischi non correlati, ad es. incendio e alluvione, tempesta o terremoto. Dato che ciascun rischio è indipendente da ogni altro rischio contemplato dalla polizza, l’aggregazione riduce il rischio cumulato di qualsiasi elemento coperto dalla polizza” (Unipol, 2018). L’approccio sviluppato nel presente lavoro di tesi di fatto fornisce evidenze circa l’efficacia di interventi NBS di comparto industriale di porsi nel secondo approccio elencato nello studio di Unipol sul tema.

Diventa pertanto fondamentale il ruolo dell’amministrazione pubblica (regionale e/o nazionale) di fungere da (ri)assicuratore di ultima istanza “assumendosi i rischi superiori a un dato livello di danno da calamità nel quadro di una riassicurazione per eccesso di perdita (stop loss). Quest’impostazione combina la capacità di spalmare il potenziale rischio, tipica dello Stato, con la competenza del mercato circa l’applicazione dei

principi assicurativi e l'impiego della capacità amministrativa (raccolta premi, commercializzazione, gestione sinistri). Pertanto, gli schemi pubblici possono coprire i livelli più alti di rischio, mentre rimarrebbero al mercato privato alcuni dei livelli inferiori, o tutti" (Commissione Europea, 2013).

Vi è infine un terzo contributo che questo lavoro di tesi ha fornito e riguarda l'elaborazione di un indice di rischio legato alla capacità di adattamento fornito dall'implementazione di NBS. Questo indice si configura in tutto e per tutto come un possibile "indice parametrico" di cui si dibatte in letteratura quando si parla delle relazioni tra assicurazioni e cambiamenti climatici (Unipol, 2018). Infatti, "nelle modalità tradizionali di assicurazione collegate ai fenomeni atmosferici, come l'assicurazione di un bene o l'assicurazione di responsabilità civile, il risarcimento è pagato in base alla stima della perdita subita dall'assicurato: una volta completata e concordata la stima, il sinistro viene liquidato" (Commissione Europea, 2013). Invece "nella modalità assicurativa basata su un indice parametrico, la perdita dovuta a fenomeni atmosferici estremi è risarcita quando un dato indice atmosferico si discosta dalla media storica, prescindendo dalla perdita effettivamente subita. Questo tipo di assicurazione si basa sulla misurazione di un indice oggettivo e indipendente che presenta una correlazione elevata con la perdita effettiva. L'assicurazione tradizionale, basata sul risarcimento, e l'assicurazione parametrica possono essere combinate" (Commissione Europea, 2013). L'indicatore sintetico di rischio che conclude il presente lavoro di tesi si configura come una proposta di un ipotetico "indice parametrico" a cui fare riferimento per sviluppare approcci assicurativi di questo tipo.

6. Considerazioni conclusive

La mancanza di una cultura del rischio in Italia e lo scarso livello di protezione delle imprese

Numerosi studi condotti sul tema dei rischi connessi con i cambiamenti climatici mostrano come a livello globale la popolazione e le imprese sono ancora poco informate circa il grado di vulnerabilità della propria abitazione o della propria azienda e generalmente non hanno un'adeguata percezione del livello e della tipologia di rischio al quale sono esposti (EEA, 2017). Questo è particolarmente vero per l'Italia dove ad oggi "il sapere sociale di cui siamo provvisti non comprende le opportune conoscenze di base sulla pericolosità dei fenomeni naturali e sul rischio ad essa associato, nonostante alcune significative iniziative a carattere nazionale" (Protezione Civile, Legambiente, 2011). Le 293 vittime dal 2002 al 2014 in Italia in 1.985 eventi gravi di dissesto idrogeologico del territorio confermano questa mancanza (Dissesto Italia, 2016).

Oltre ad una bassa percezione del rischio da parte di privati ed imprese, la mancanza di una cultura del rischio in Italia è dimostrata anche dalle difficoltà che generalmente si registrano nella gestione del post-crisi. In Italia infatti, il modello di gestione tradizionale dei danni causati da disastri naturali è di natura esclusivamente pubblica. Tale modello ha dimostrato di non essere totalmente efficace nel compensare i danni subiti dai proprietari di beni immobili. I dati infatti mostrano come storicamente i risarcimenti statali hanno coperto solo una percentuale che varia dal 50% all'80% dei danni alle abitazioni private (Chieppa et al., 2014). Inoltre tale sistema è arrivato ad un tale punto di insostenibilità economico-finanziaria che già nel 2012, con il decreto legge n°59 del 15 maggio, lo Stato ha dichiarato che non avrebbe più coperto le spese di ricostruzione. Questo modello di compensazione dei danni inoltre, non incentiva comportamenti virtuosi di protezione o di mitigazione del rischio da parte dei singoli, poiché i risarcimenti sono redistribuiti a pioggia, senza tenere in considerazione variabili legate alla singola esposizione al rischio (Unipol, 2018) o ad azioni intraprese per ridurre l'esposizione del proprio bene immobiliare.

La scarsa diffusione di una cultura del rischio è dimostrata infine dal fatto che l'Italia è tra i paesi sviluppati meno assicurati d'Europa. Gli studi più recenti (ANIA, 2015), stimano che nel 2009 fossero circa 35.000 gli edifici assicurati per eventi catastrofali, su un patrimonio complessivo di oltre 12 milioni di edifici residenziali. Questo equivale ad appena lo 0,3% del patrimonio abitativo nazionale. Meglio i dati per quanto riguarda le imprese italiane ma comunque molto al di sotto della media europea (ANIA, 2018). Nel 2018, erano 340.000 le imprese italiane assicurate contro rischi naturali (terremoti esclusi da questo numero).

Adattamento e NBS, un connubio sempre più forte

Le soluzioni “basate sulla natura” (NBS), come la costruzione di aree verdi, tetti verdi, il ripristino di aree naturali, pavimentazioni esterne maggiormente drenanti, il miglioramento delle infrastrutture fluviali, ecc. sono in grado non solo di portare ad un complessivo aumento del livello di resilienza di un dato territorio e/o di un edificio, ma di conseguire una molteplicità di benefici sociali, ambientali ed economici. Inoltre questi interventi basati sulla natura sono funzionali all’attuazione di un approccio trasformativo ed incrementale all’adattamento (Musco F., 2017) e richiedono una pianificazione di medio e lungo periodo per essere attuate e per fare in modo che tutti i benefici ad esse associate si manifestano in tutta la loro potenzialità. Si tratta inoltre di interventi low regret, win-win, reversibili, flessibili, soft e pertanto ideali per agire in tempi rapidi pur in un quadro di incertezza complessiva. L’importanza e la convenienza del lavorare per l’attuazione di queste infrastrutture è anche di tipo economico visto che “di norma il rendimento degli investimenti nell’infrastruttura verde è molto elevato e le relazioni sui progetti di ripristino evidenziano un rapporto costi-benefici nell’ordine di valori da 3 a 75” (Strategia Europea per le Infrastrutture Verdi, Commissione Europea, 2013).

Gli investimenti nella riduzione degli effetti delle catastrofi naturali mediante soluzioni progettuali basate sulla natura possono quindi dare un apporto positivo fondamentale agli approcci di gestione del rischio innovativi, che puntano sull’adattamento ai rischi legati ai cambiamenti climatici garantendo allo stesso tempo una sostenibilità economica ed istituzionale nel tempo delle misure attuate. Inoltre gli approcci basati sugli ecosistemi mettono in atto strategie e misure che sfruttano la capacità di adattamento della natura e rappresentano uno degli strumenti con la più ampia applicazione, fattibilità economica ed efficacia per contrastare gli impatti dei cambiamenti climatici (EEA, 2017). Ove opportuno, questi approcci adottano soluzioni basate sulle infrastrutture verdi per sfruttare la biodiversità e i servizi ecosistemici nel quadro di una strategia di adattamento più ampia in grado di sostenere cittadini ed aziende ad adattarsi agli effetti negativi dei cambiamenti climatici o ad attenuarli (Commissione Europea, 2013).

Le NBS pertanto si basano sulla sostituzione o l’integrazione di funzioni fornite dai sistemi ecologici che sarebbero altrimenti offerte attraverso l’impiego di risorse non rinnovabili. Infatti “attraverso l’uso delle NBS, sia in modo puntuale che sistemico, è possibile contribuire a strategie intersettoriali e multiscalari che assumano le risorse e le componenti ambientali e paesaggistiche quali leve dello sviluppo socio-economico ed il potenziamento degli strumenti di governance del capitale naturale quale motore di una efficace ricomposizione delle relazioni tra attività economiche e ambiente, anche entro filiere produttive innovative” (Antonini e Tucci, 2017). Le NBS vengono pertanto individuate come strumento utile a perseguire obiettivi quali l’incremento della sostenibilità dei sistemi urbani, il recupero degli ecosistemi degradati, l’attuazione di interventi adattivi e di mitigazione rispetto ai cambiamenti climatici e il miglioramento della gestione del rischio e della resilienza (Commissione Europea, 2015).

L'integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA).

Le NBS sono la via maestra per giungere ad una piena e proficua integrazione tra Disaster Risk Reduction (DRR) e Climate Change Adaptation (CCA) (EEA, 2017). Le NBS infatti consentono di mitigare i rischi naturali garantendo allo stesso tempo benefici per la collettività in termini di aumento della resilienza complessiva e di qualità ambientale e sociale del contesto in cui vengono realizzate (EEA, 2017). Come evidenziato nello studio condotto nella presente tesi, le NBS consentono di intervenire contemporaneamente sia su indicatori tipici del Disaster Risk Reduction (variazione della percentuale di rischio a cui immobili industriali e lavoratori sono esposti) che su quelli propri dell'adattamento (incremento del livello di resilienza di un dato territorio e la sua qualità complessiva da un punto di vista urbanistico, ambientale e sociale).

La bussola terminologica per l'integrazione tra queste due dimensioni è quindi legata al concetto di resilienza e a quello di rischio. Spesso trattati come due temi differenti e lontani, si è invece mostrato nel presente lavoro come questi due concetti possono essere ricompresi in un unico indicatore sintetico che ingloba in un unico valore numerico la capacità di adattamento delle NBS e la riduzione del rischio climatico a cui imprese e lavoratori sono esposti. È infatti all'interno di questi riferimenti teorici e pratici che si gioca il riavvicinamento tra queste due importanti dimensioni per un'efficace azione in materia di adattamento ai cambiamenti climatici e riduzione del rischio. Occorre quindi superare le tradizionali barriere disciplinari esistenti tra questi due mondi, creando metriche e linguaggi comuni che consentano una comprensione sia teorica che pratica. Questo può essere fatto, come dimostrato nel presente studio, introducendo nel mondo DRR considerazioni e valutazioni relative all'esistenza di scenari di policy e di pianificazione urbana/territoriale di lungo termine e di area vasta, dall'altro aprendo la pianificazione territoriale e delle misure di adattamento ai concetti di rischio che comprendano però anche la dimensione dei danni propri di ambiti non prettamente urbanistici (ad esempio gli ambiti di danno propri delle imprese come la reputazione, la perdita di stabilità finanziaria o la business continuity).

Una innovazione apportata dall'approccio metodologico sviluppato nel presente studio risiede proprio nell'aver incorporato all'interno di un indice di rischio climatico "sintetico" non solo la componente "territoriale" del rischio ma anche la componente più prettamente "aziendale". Infatti grazie all'utilizzo dell'approccio del Carbon Disclosure Project (CDP) e i suoi otto differenti ambiti di danno aziendali associati agli effetti dei cambiamenti climatici (Asset integrity, Business continuity, Legal liability, Reputation, Market response, Financial balance, Staff health&safety e Infrastructures), è stato possibile incorporare in questo indice sintetico di rischio climatico tutte le componenti di rischio percepite dalle aziende. Quegli ambiti di rischio con cui si trovano ad avere a che fare ogni giorno. L'utilizzare questo indice di rischio sintetico all'interno della pianificazione urbanistica o nella progettazione di misure di adattamento ai cambiamenti climatici a scala territoriale, può pertanto contribuire a colmare quel "gap linguistico" che ad oggi esiste tra le discipline che afferiscono alla gestione del rischio e quelle dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Tale

indice pertanto è il contributo specifico di questa ricerca per andare oltre lo stato dell'arte in materia e portare un contributo innovativo nella discussione relativa alle misure di adattamento e nello specifico alle misure di adattamento basate sulla natura.

Definite queste metriche comuni, il tema centrale diventa quello della simulazione degli effetti di policy, piani e progetti a scala territoriale come strumento applicato al supporto alla decisione dei principali stakeholder pubblici in primis ma anche privati. Questi temi infatti “definiscono una filiera logica che individua nei modelli di conoscenza e di simulazione una risorsa chiave per il progetto architettonico e urbano resiliente, che può misurare la propria efficacia in rapporto alla sua capacità di riduzione delle vulnerabilità e degli impatti, nonché di offrire benefici congiunti legati all’incremento della qualità ambientale, della vivibilità delle aree urbane, delle opportunità sociali ed economiche per le comunità locali” (EEA, 2017). Al fine di garantire un processo di attuazione efficace e sostenibile, il trasferimento delle conoscenze e degli scenari progettuali ai decisori deve pertanto includere modalità di valutazione delle possibili opzioni di intervento, che consentano di comprendere al tempo stesso gli impatti fisici ed economici dovuti ai diversi rischi e di orientare le scelte con riferimento alle diverse alternative tecniche e progettuali. “A supporto dell’opportunità di sviluppare approcci di modellazione “all-hazards” e multirischio comuni agli ambiti DRR e CCA, vi è la condivisione di una comune comprensione concettuale delle componenti del rischio” (EEA, 2017). Il lavoro sperimentale condotto nel presente lavoro, applicando l’approccio “aziendalistico” del Carbon Disclosure Project (CDP) ad un ambito specifico per il quale non era stato ideato (le NBS), ha di fatto proposto un approccio nuovo all-hazards e multirischio che per il tramite delle NBS ha di fatto consentito di avvicinare i due ambiti DRR e CCA, arrivando ad un indice di rischio climatico sintetico in cui entrambe queste dimensioni sono state integrate e ricondotte ad un’unità teorica e pratica. Un’unità teorica e pratica tra gli ambiti DRR e CCA che, a giudizio dell’autore, rappresenta uno dei contributi più originali del presente lavoro di tesi.

Infatti misurare l’efficacia delle NBS in termini di capacità di ridurre l’esposizione al rischio connesso ai cambiamenti climatici, è stata la strada identificata per avvicinare pianificazione urbanistica (legata al concetto di adattamento) alla valutazione dei progetti fatti dal mondo assicurativo e industriale (legati al concetto di gestione/riduzione del rischio in un’ottica di riduzione dei costi presenti e futuri). Il presente studio ha contribuito a portare evidenze circa le possibili proposte per colmare questo gap comunicativo tra pianificazione e mondo industriale/assicurativo, utilizzando il concetto di “rischio” come possibile elemento di unificazione tra il soggetto pubblico che pianifica e il soggetto privato che sempre più spesso è chiamato a finanziare un dato intervento. Il tutto guidato dalla ricerca della “semplicità” metodologica, che non è sinonimo di banalizzazione e/o inaffidabilità del risultato. Semplicità è sinonimo invece di replicabilità della metodologia proposta in altri contesti. Velocità nel passare da una fase di pianificazione dell’intervento ad una di pre-fattibilità e definizione delle opportunità di finanziamento e di governance per la sua realizzazione.

Praticità in quanto gli indicatori utilizzati sono compatibili con quelli utilizzati nel mondo della finanza e della gestione delle imprese e viceversa.

A tal proposito, proprio come si è tentato di fare nel presente lavoro, diventa fondamentale concepire una metodologia di valutazione snella e veloce che consenta delle attività di valutazione preliminari per individuare le aree di intervento prioritarie. Infatti in un quadro italiano in cui la cultura del rischio è molto debole e molte aziende non sono consapevoli dei rischi a cui sono esposte, è necessario non tanto partire subito con costose (in termini di risorse conoscitive e analitiche richieste) analisi di dettaglio, ma con attività più snelle su scala vasta che mediante indicatori sintetici di area vasta consentano di creare una cultura del rischio estesa su aree vaste e a tutti i soggetti che operano e vivono in quell'area. Da qui l'approccio utilizzato nel presente studio, che ha sempre fatto riferimento a dati climatici e di esposizione al rischio che fossero pubblici e di semplice utilizzo al fine di consentire una rapidità di utilizzo e di comprensione ed una "democratizzazione" nell'utilizzo che ne consentisse l'uso sia per i tecnici che solitamente utilizzano un approccio legato al Disaster Risk Reduction (DRR), sia per quelli più legati ad un approccio Climate Change Adaptation (CCA). Il superamento di tale gap linguistico ed operativo proposto nell'approccio metodologico sviluppato nel presente studio rappresenta, a giudizio dello scrivente, un contributo originale al dibattito in corso su tale materia.

Limiti e potenzialità dei DSS

Il limite principale dei DSS rimane quello della soggettività di alcuni dati di input, nel caso del presente studio quelli relativi alla quantificazione della magnitudo degli impatti dei cambiamenti climatici sulle imprese. Come indicato in letteratura, nel presente studio si è cercato di ridurre questa soggettività integrando, dove possibile, le evidenze della letteratura scientifica e dei casi studio valutati a livello globale con le evidenze raccolte mediante survey sul campo nelle aree oggetto di indagine. E' da evidenziare tuttavia come l'uso di un DSS non rimuove la soggettività insita nei processi decisionali. Nell'ottica di un processo partecipato e a molti obiettivi, infatti, "non ha senso ricercare una soluzione ottimale da un punto di vista tecnico oggettivo; piuttosto, il DSS ha lo scopo di fornire al decisore politico, cui spetta comunque la responsabilità finale della scelta, gli elementi necessari per effettuarla in modo informato e consapevole". Attraverso un DSS l'intero processo decisionale può essere reso trasparente e ripercorribile, sia dal punto di vista delle procedure che dei contenuti di studi e analisi" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016).

Nonostante questi limiti dei DSS, rimangono strumenti efficaci nell'affrontare problemi semi-strutturati come gli effetti dei cambiamenti climatici a livello locale. Non è un caso che l'utilizzo di questi approcci di valutazione di politiche e misure trovi spazio soprattutto nei lavori scientifici più di frontiera ed innovativi in

materia di adattamento dei cambiamenti climatici. Dove c'è complessità ed incertezza è inevitabile ricorrere a strumenti di questo tipo.

I problemi tipici dei DSS sono stati anche documentati all'interno del tool CAST utilizzato nel presente studio. In particolare, il problema principale del tool CAST utilizzati ha riguardato soprattutto la soggettività di alcuni dati di input, in merito soprattutto alla quantificazione della magnitudo degli impatti sulle singole industrie dei fenomeni meteorologici estremi. Per queste tipologie di dati è stato impossibile ridurre al massimo il grado di soggettività. Ci si è quindi attenuti a quanto prescritto in letteratura ed in particolare alla considerazione che "la non eliminabile soggettività può essere controllata e gestita esplicitando nei dettagli tutti i processi, le banche dati, gli assunti e le premesse teoriche utilizzate" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016). Nello specifico "per quanto riguarda le procedure, la trasparenza consiste nel rendere espliciti i passi da compiere, la loro articolazione e il legame logico tra i diversi momenti, descrivendo le modalità di svolgimento previste, i tempi, il ruolo dei soggetti coinvolti e così via" (Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R, 2016).

A livello internazionale ed europeo si stanno moltiplicando i tool, gratuiti o a pagamento, finalizzati alla valutazione economica ed ambientale di Piani e progetti contenenti misure di adattamento ai cambiamenti climatici. L'attività di ricerca ha consentito di mappare diversi problemi connessi a molti degli strumenti sviluppati. In primo luogo un problema che accumuna tutti questi tool legati all'adattamento ai cambiamenti climatici riguarda la mancanza di casi concreti di applicazione utilizzabili come riferimento metodologico. Tale lacuna è evidenziata anche in altri studi che evidenziano come "purtroppo, mentre il materiale riferito a strumenti, metodi ed iniziative è corposo e variegato, esiste ancora una scarsa disponibilità di materiale che descriva criticamente la concreta attuazione di tali esperienze" (Magni F, 2019). Vi è poi un secondo problema ricorrente che riguarda l'elevato livello di complessità che caratterizza alcuni strumenti, sia nella fase di utilizzo che nella fase di restituzione dei dati finali. Gli strumenti per la valutazione delle politiche di adattamento sono spesso "di tipo scientifico, incentrati per lo più su approcci che, basandosi sulla raccolta di dati ed informazioni, si occupano della costruzione di modelli per la valutazione dell'impatto. Anche se queste informazioni possono essere utili per utenti esperti, spesso questo tipo di materiali non è di facile comprensione per tutti, in particolare per la maggior parte di coloro che operano in campo politico" (Magni F., 2019).

Evidenze raccolte circa l'efficacia delle NBS nel ridurre gli impatti negativi dei cambiamenti climatici a livello di aree industriali

Il presente studio dimostra in che misura e a quali condizioni gli interventi di tipo NBS sono efficaci nel ridurre i livelli di rischio a cui le singole aziende ed interi comparti industriali sono esposti e a cui saranno sempre più

esposte nei prossimi decenni. Questa efficacia di ridurre i livelli di rischio delle NBS è stata documentata sia sul caso studio di Bomporto che di Ravenna a conferma che queste misure sono in grado di esprimere la loro capacità di adattamento anche in due contesti profondamente diversi per profili di rischio e conformazione territoriale delle aree. In sintesi, è emerso come le NBS siano in grado di andare ad intaccare positivamente tutti i potenziali ambiti di danno, soprattutto per le aziende di tipo manifatturiero.

Per quanto riguarda il caso studio di Bomporto, l'analisi del rischio climatico condotta per le aziende del comparto industriale al 2030 e al 2050, ha evidenziato come per l'area industriale di Bomporto il rischio climatico più rilevante sia legato agli eventi meteorologici estremi che già in passato hanno funestato quest'area con gravi danni per le imprese. I profili di rischio climatico e il loro andamento al 2030 e al 2050 sono quindi fortemente legati alla forte probabilità che la frequenza di questi eventi vada ad intensificarsi come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto. Si spiegano così i valori elevati di rischio climatico registrati nell'area industriale di Bomporto per gli ambiti di danno aziendale "perdita di stabilità finanziaria" e "interruzione della produzione". Si tratta infatti degli ambiti di danno che maggiormente si legano agli eventi meteorologici estremi che rallentano e/o bloccano i processi produttivi (sia produzione aziendale vera e propria che la supply chain a monte e a valle del processo produttivo in termini di rifornimenti e consegna ai clienti finali), con conseguente necessità di sostenere costi elevati per ripristinare i fattori di produzione in tempi rapidi e in maniera sicura.

Le modellizzazioni condotte hanno dimostrato come a livello di singole aziende, sia di tipo manifatturiero che legate ai servizi, la realizzazione di un insieme di interventi NBS (tetti verdi, aree verdi aziendali e inter-aziendali e superfici esterne permeabili) risulta essere particolarmente efficace nel ridurre il rischio climatico complessivo a cui una azienda dell'area industriale di Bomporto è esposta. In particolare l'impatto di interventi NBS risulta essere particolarmente importante per le aziende manifatturiere di piccola dimensione in quanto riescono ad intervenire su uno degli ambiti di danno più temuti da questa tipologia di imprese, ovvero la perdita di stabilità finanziaria (spesso legata all'interruzione della produzione). Si evidenzia infatti come questo ambito di danno è quello più temuto dalle piccole aziende in quanto hanno meno possibilità economiche e finanziarie per fare fronte a spese di elevata entità non previste. Come ricordato dal CDP, il 90% delle piccole aziende che subisce un danno rilevante ha un'elevata probabilità di chiudere nei 2 anni successivi (CDP, 2016). L'impatto di interventi NBS risulta tuttavia essere molto importante anche per le aziende di grandi dimensioni, dove i principali rischi climatici non sono legati solo alla dimensione di danni alle aziende e interruzione della produzione ma anche alla incolumità e alla salute dei lavoratori. In questo caso interventi NBS sono in grado di garantire una specie di doppio dividendo, andando ad intervenire sia nella riduzione dei potenziali danni economici dell'azienda che alla maggiore salubrità e sicurezza dei luoghi di lavoro.

Per quanto riguarda l'area industriale di Bomporto nel suo complesso invece, i dati aggregati alla scala di intera area industriale mostrano come gli interventi NBS siano in grado di ridurre in maniera significativa e rilevante il livello di rischio climatico a cui questa area industriale è esposta. In particolare si registra sia nello scenario 2030 che in quello 2050, un contributo delle NBS in grado di abbassare il livello di rischio da un livello alto (ovvero un livello di rischio su cui è necessario intervenire con particolare attenzione e forza in quanto associato ad eventi climatici con magnitudo alta e probabilità di accadimento da medie a alte) ad un livello di rischio medio (ovvero un livello di rischio in cui permangono le criticità legate agli eventi meteorologici estremi ma in cui la magnitudo del singolo evento meteorologico estremo ha subito una drastica riduzione rispetto allo scenario attuale). Dal punto di vista della riduzione percentuale del rischio climatico in seguito alla realizzazione di interventi NBS diffusi e ben pianificati nell'area industriale di Bomporto, si osserva una riduzione del rischio meteo climatico per l'intero comparto industriale al 2030 del **32,1%** e del **33,4%** al 2050 rispetto allo scenario del 2018.

Per quanto riguarda il caso studio di Ravenna, le analisi del rischio climatico condotte per le aziende del porto di Ravenna al 2030 e al 2050 hanno evidenziato come per l'area industriale di Ravenna il rischio climatico più rilevante sia legato alle ondate di calore e al conseguente rischio di vedere una riduzione delle produttività nei giorni con i maggiori picchi di calore e situazioni di pericolosità elevata per i lavoratori che si trovano a lavorare all'aperto e/o in aziende manifatturiere con processi produttivi svolti in luoghi non climatizzati. I profili di rischio climatico e il loro andamento al 2030 e al 2050 sono quindi fortemente legati alla alta probabilità che la frequenza di queste ondate di calore andrà ad intensificarsi come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto. Si spiegano così i valori elevati di rischio climatico registrati nell'area industriale del porto di Ravenna per l'ambito di danno legato alla sicurezza e alla salute dei lavoratori. Per quanto riguarda il caso studio di Ravenna infatti, il rischio di eventi meteorologici estremo è molto basso e pertanto quegli ambiti di danno maggiormente legati alle precipitazioni estreme come interruzione della produzione e danni a infrastrutture e reti si attestano su valori di rischio molto più ridotti rispetto al caso studio di Bomporto. Le modellizzazioni condotte hanno dimostrato come a livello di singole aziende, sia di tipo manifatturiero che legate ai servizi, la realizzazione di un insieme di interventi NBS (tetti verdi, aree verdi aziendali e inter-aziendali e superfici esterne permeabili) risulta essere efficace nel ridurre il livello del rischio.

In particolare per il caso studio di Ravenna è possibile osservare come a livello di singole aziende, la realizzazione di un insieme completo di interventi NBS (tetti verdi, aree verdi aziendali e inter-aziendali e superfici esterne permeabili) risulta essere efficace nel ridurre il rischio climatico complessivo a cui le imprese manifatturiere (piccole e grandi) dell'area industriale del porto di Ravenna sono esposte, in particolare con un effetto estremamente efficace nel ridurre i livelli di rischio più elevati legati alla salute e alla sicurezza dei lavoratori, portando questo ambito di danno sotto la soglia di rischio media. Solo per le grandi imprese

manifatturiere permangono livelli medi di rischiosità climatica per quanto riguarda la salvaguardia delle infrastrutture e delle reti, per le quali sarebbero quindi necessari interventi di adattamento supplementari.

Per quanto riguarda l'area industriale del porto di Ravenna, i dati aggregati alla scala di intera area industriale mostrano come gli interventi NBS siano in grado di ridurre in maniera rilevante il livello di rischio climatico a cui questa area industriale è esposta. In particolare si registra sia nello scenario 2030 che in quello 2050, un contributo delle NBS in grado di abbassare il livello di rischio complessivo pur rimanendo sempre in un contesto di rischio medio (ovvero un livello di rischio in cui un'azienda può subire dei danni, anche rilevanti, legati agli effetti dei cambiamenti climatici. Si tratta infatti di rischi in cui sia la probabilità di accadimento che la magnitudo dei singoli fenomeni possono assumere valori tali da giustificare interventi di adattamento). L'effetto di riduzione del rischio climatico complessivo raggiunto grazie alle NBS nell'area industriale del porto di Ravenna è da intendere soprattutto come un contributo delle NBS nel ridurre la magnitudo delle ondate di calore, ondate di calore che nel medio e lungo termine sono destinate a crescer in maniera significativa. Dal punto di vista della riduzione percentuale del rischio climatico in seguito alla realizzazione di interventi NBS diffusi e ben pianificati sull'area industriale del porto di Ravenna, si osserva una riduzione del rischio meteo climatico per l'intero comparto industriale al 2030 del **21,5%** e del **25,7%** al 2050 rispetto allo scenario del 2018.

Confrontando i risultati emersi dalle analisi dei due casi studio emerge come le industrie dell'area industriale del porto di Ravenna, hanno complessivamente un livello di rischio climatico più basso rispetto a quelle dell'area industriale di Bomporto. Questo si ripercuote sull'efficacia complessiva degli interventi NBS di ridurre l'esposizione al rischio delle aziende analizzate. Per quanto riguarda il caso studio di Bomporto, i dati del modello mostrano come interventi NBS da soli non siano in grado di ridurre il livello di rischio climatico a livelli accettabili. Servono pertanto altre misure di adattamento da accompagnare a misure di adattamento di tipo NBS. Per quanto riguarda il caso studio di Ravenna invece, contrariamente al caso studio di Bomporto, interventi di tipo NBS sarebbero in grado di ridurre il rischio climatico complessivo a livelli di rischio molto bassi, tali in alcuni casi specifici da non richiedere nessuna altra misura di adattamento. Il settore dei servizi in entrambi i casi risulta essere meno esposto ai rischi derivanti dai cambiamenti climatici rispetto al comparto manifatturiero nel suo complesso ma è importante rilevare come beneficia comunque di queste misure andando comunque a migliorare in maniera significativa i profili di rischio dei singoli ambiti di danno. Il caso studio di Ravenna evidenzia come interventi NBS siano particolarmente efficaci nel ridurre gli effetti delle ondate di calore sulle aziende manifatturiere, ovvero quelle aziende in cui i lavoratori sono maggiormente esposti alle ondate di calore.

Le NBS nelle politiche di adattamento a livello locale

Le evidenze scientifiche esistenti, a cui questo lavoro ha cercato di dare un contributo, dimostrano come gli interventi NBS siano tra le misure più efficaci ed efficienti nel garantire elevati livelli di resilienza di città e territori. Tali evidenze dimostrano inoltre come le NBS siano interventi che si prestano per forme di finanziamento innovative maggiormente svincolate dai contributi pubblici. Se associate, come fatto nella presente ricerca, a metriche legate alla riduzione del rischio per immobili e comparti territoriali, consentono di agganciarsi a meccanismi di finanziamento privati e/o finanziabili dal mondo bancario e assicurativo. La sfida delle politiche di adattamento contemporanee è quindi quella di dare risalto al valore economico ed assicurativo di queste misure, così come richiesto dalla Commissione Europea in diversi dei suoi documenti strategici sul tema dell'adattamento e della valorizzazione della biodiversità.

Le modalità di sviluppo di tali interventi NBS possono essere sia di tipo top-down che bottom-up (come nel caso del presente studio) ma in tutti i casi necessitano di un'attenta regia e di un'attenta pianificazione di area vasta. Prese singolarmente infatti le NBS hanno un effetto molto ridotto in termini di capacità di adattamento. Messe in rete invece, hanno una capacità di adattamento superiore alla somma delle singole capacità dei singoli interventi, generando quindi benefici diffusi che vanno oltre il singolo intervento. Nell'ambito della pianificazione climatica approcci top-down e approcci bottom-up vengono spesso percepiti come due diverse modalità di intraprendere il percorso verso la definizione di iniziative di adattamento. In realtà, è impossibile immaginare lo sviluppo di una strategia di successo senza la corretta integrazione e l'idoneo bilanciamento di entrambi (Musco F., Patassini D., 2012).

Per questo motivo bisogna andare oltre alla progettazione di dettaglio e pensare a scala vasta. Bisogna pensare a scala vasta anche per ragioni di equità. Infatti nei casi delle aree industriali analizzate, si potrebbe verificare che le aziende con le maggiori capitalizzazioni siano in grado di effettuare gli investimenti richiesti mentre quelle più piccole no. Inoltre un'azienda potrebbe beneficiare dell'intervento fatto dall'azienda limitrofa senza avere sostenuto nessun tipo di investimento. Un approccio di area vasta invece, consente di gestire questi aspetti in termini di equità tra aziende, progettando ad esempio interventi a livello di comparto in cui ogni azienda partecipa ad esempio in quota parte rispetto alle sue reali capacità finanziarie e/o dimensionali.

Un altro ruolo delle politiche di adattamento a livello locale deve essere quello di informare e rendere consapevoli dei rischi climatici che insistono su una determinata area. Questa opera di sensibilizzazione e promozione di una "cultura del rischio" deve essere fatta fornendo elementi di dettaglio che possano essere facilmente comprensibili da coloro che sono interessati da questi rischi, cittadini e imprese in primis. E' necessario pertanto dove possibile, nella pianificazione di dettaglio, fornire indicatori semplici ma esaustivi in grado di veicolare con chiarezza elementi di rischio pur in un contesto di incertezza dei reali impatti nel

medio e lungo periodo. Ragionare in termini di rischio consente di rendere consapevoli le industrie dei pericoli e dei costi che dovranno sopportare nei prossimi anni legati ai cambiamenti climatici.

7. Riferimenti bibliografici

Adger W.N., Agrawala S., Mirza M.M.Q., Conde K., O'Brien K., Pulhin J., Pulwarty R., Smit B., Takahashi K. (2007), Assessment of adaptation practices, options, constraints, and capacity. In: Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contributions of Working Group II to the Fourth Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 717–743.

Agnoli N., Zamboni M. (2019), *Rischi climatici e riflessi sulle valutazioni aziendali*, Finanza Aziendale

Ahtonen A., Chiorean-Sime S., Schneider C., Sudbury I., (2012), "The climate is changing – is Europe ready? Building a common approach to adaptation", EPC Issue paper No. 70, European Policy Centre.

American Planning Association (2015), *Data-Driven. Leveraging the potential of big data for planning*

ANAC (2017), *Linee guida attuative del nuovo Codice degli Appalti. Linee guida in materia di offerta economicamente più vantaggiosa*

ANCE/CRESME (2012), *Lo stato del territorio italiano 2012. Insediamento e rischio sismico e idrogeologico*. Editori Laterza, Roma.

ANIA (2015), *Le alluvioni e la protezione delle abitazioni*, Position Paper Ania

ANIA (2018), *Assicurazione Italiana 2017-2018*.

Antonini E., Tucci F. (2017), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy. La costruzione di un manifesto della Green economy per l'architettura e la città del futuro*, Edizioni Ambiente, Milano.

Arpae Emilia-Romagna (2017), *Atlante climatico dell'Emilia-Romagna. Edizione 2017*

Baltzar, E., Varbova, V., & Zhechkov, R. (2009), *Improving climate resilience of the Cohesion Policy's funding programmes: An overview of member state's measures and tools for climate proofing the Cohesion Policy Funds*. ENEA Working Group on Climate Change and Cohesion Policy.

Bankitalia, AsviS (2019), *Rischi climatici, finanza verde, rendicontazione ambientale*

Barsugli J.J., Vogel J.M., Kaatz L., Smith J.B., Waage M., Anderson C. (2012), *Two faces of uncertainty: Climate science and water utility planning methods*. *J. Water Resour Plann Manage.*

Berardi (2014), *Green roof systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain*

Berkhout F. (2005), *Rationales for adaptation in EU climate change policies*, *Climate Policy*, 5(3), pp. 377–391.

- Berrang-Ford L., Ford J., Paterson J. (2011), Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change*, 21(1), pp. 25–33.
- Berto, R., Stival, C. A., & Rosato, P. (2018). Enhancing the environmental performance of industrial settlements: An economic evaluation of extensive green roof competitiveness. *Building and Environment*, 127, 58–68.
- Bianconi P., Zappoli A., Tollari F., Sansoni M. (2014), “L’esperienza di governance multilivello della regione Emilia-Romagna: supporto alle politiche di mitigazione e adattamento e strumenti operativi” In Gaudioso. D., Giordano F., Taurino E.. Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici - Qualità dell’Ambiente Urbano X Rapporto. p. 265-274, Roma: ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Biesbroek G.R., Swart R.J., van der Knaap W.G.M. (2009), “The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning”, *Habitat International*, 33: 230-237.
- Biesbroek, G.R., Swart R.J., Capela Lourenco T. (2014), “Science of adaptation to climate change and science for adaptation”, *Frontiers in Environmental Science*, 29.
- Boswell M.R., Greve A.I., Seale T. (2012), *Local Climate Action Planning*, Island Press, Washington DC.
- Bloomberg (2018), *Climate-related analysis on the Bloomberg Terminal*.
- Bollini G., Laniado E., Vittadini M.R (2016), *Valutare la rigenerazione urbana*, Regione Emilia-Romagna
- Bougleux E. (2017), *Incertezza e cambiamento climatico nell’era dell’Antropocene*
- Boswell M.R., Greve A.I., Seale T. (2012), *Local Climate Action Planning*, Island Press, Washington DC
- Browder G., Ozment S., Rehberger B., Lange GM. (2019), *Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure*. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute. © World Bank and World Resources Institute.
- Brunner R., Nordgren J. (2012), *Climate adaptation as an evolutionary process: a white paper*. Kresge, Troy.
- C40 (2019), *Understanding infrastructure interdependencies in cities*
- Caranti C., Di Pietro D., Fini G., Gueze R. (2014), *Progetto Blue AP. La città di Bologna e il Piano di Adattamento ai cambiamenti climatici*. In: Musco F., Zanchini E. *Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, Milano: Franco Angeli.
- Carmin J., Nadkarni N., Rhie C. (2012), *Progress and challenges in urban climate adaptation planning: results of a global survey*. MIT, Cambridge.

Carter T., Fowler L. (2008), Establishing green roof infrastructure through environmental policy instruments. *Environ Manage* 42:151–164.

Carto (2016), Visonomy's resiliency 2.0 empowers cities to mitigate climate change

Carsten Nesshöver C., Assmuth T., Irvine K., Rusch G., Waylen K., Delbaere B., Haase D., Jones-Walters L., Keune H., Kovacs E., Krauze K., Külvik M., Rey F., van Dijk J., Inge Vistad O., Wilkinson M., Wittmer H. (2016), *The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective*. Elsevier

CDP, Carbon Disclosure Project (2011), CDP S&P 500 report: Strategic advantage through climate change action.

CDP, Carbon Disclosure Project (2018), Higher ambitions, higher expectations. CDP Europe report 2018

Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, CMCC (2018), *Gestione del rischio e adattamento al cambiamento climatico: strumenti per un territorio resiliente*.

Cipolla, S. S., Maglionico, M., & Stojkov, I. (2016). A long-term hydrological modelling of an extensive green roof by means of SWMM. *Ecological Engineering*, 95, 876–887.

City of New York (2012), PlaNYC: Progress report 2012—A greener, greater New York. New York, NY.

City of Rotterdam (2013), Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy. Rotterdam Climate Initiative.

Chieppa, A., Ricca, A., Rosso, G. (2014), *Climate Events and insurance demand: The effect of potentially catastrophic events on insurance demand in Italy*

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.) (2016), *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp

Clark W.C., Levin S.A. (2010), *Toward a science of sustainability: Report from toward a science of sustainability conference*. Airlie Center, Warrenton, VA, November 29, 2009–December 2, 2009

Confindustria (2018), *Rischio di alluvioni. I principali imputati: cambiamenti climatici e uso talvolta inappropriato del territorio*

Commissione Europea (2006), *Green Paper. An European Strategy for Sustainable Competitive and Secure Energy*, Brussels.

Commissione Europea (2007), *Green Paper from the Commission to the Council, The European parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Adapting to climate change in Europe—options for EU action*. (COM(2007) 0345 final).

Commissione Europea (2009), White paper — Adapting to climate change: towards a European framework for action (Commission Publication No. COM/2009/0147 final).

Commissione Europea (2011), Communication — A resource-efficient Europe — Flagship initiative of the Europe 2020 Strategy, COM(2011) 21.

Commissione Europea (2013), Guidelines on developing adaptation strategies. Commission Staff Working Document. SWD(2013), 134 final.

Commissione Europea (2013), Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici, Bruxelles, 16.4.2013 COM (2013) 216 final

Commissione Europea (2013), Libro Verde sull'assicurazione contro le calamità naturali e antropogeniche

Commissione Europea (2015), Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities, Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities', Publications Office of the European Union.

Commissione Europea (2018), Climate Change Adaptation – Research, Science and Innovation. European Commission Directorate-General for Research and Innovation Directorate — Climate Action and Resource Efficiency Unit I.4 - Climate action and Earth Observation

Commissione Europea (2019), Riesame dei progressi compiuti nell'attuazione della strategia dell'UE per le infrastrutture verdi, Bruxelles, 24.5.2019 COM(2019) 236 final

Commissione Europea (2019), EU guidance on integrating ecosystems and their services into decision-making, Brussels, 18.7.2019 SWD(2019) 305 final

Comune di Ravenna (2019), Piano Urbanistico Generale, Documento Strategico.

CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2019), Natural Disasters 2018

Croci E., Colelli F. (2017), Il finanziamento dei progetti urbani sostenibili, Research Report n. 26 March 2017

D'Ambrosio V., Leone M. F. (2017), Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici

Davoudi S., Crawford J., Mehmood A. (2009), "Climate Change and Spatial Planning Responses", in Davoudi S., Crawford J., Mehmood A. (eds.), Planning for Climate Change, Earthscan, London.

Del Ponte I. (2014), Energia e Clima nell'evoluzione delle politiche urbane in Musco F., Zanchini E., Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica, Franco Angeli, Milano.

Dasaklis T. (2013), Supply chain management in view of climate change: An overview of possible impacts and the road ahead

Dasaklis T. (2014), Emergency supply chain management for controlling infectious disease outbreaks

Desouza K.C., Flanery T.H. (2013), Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework, *Cities*, 35, 89–99.

Downing T.E., Ziervogel G. (2004), Choosing and adapting tools for vulnerability and adaptation assessment. Training materials produced for ENDA by SEI 370 Oxford: UK.

DNV GL (2016), Le imprese sono sufficientemente resilienti ai cambiamenti climatici?, Viewpoint report

DNV-GL (2017), Indagine sul tema dell'adattamento e della resilienza ai cambiamenti climatici da parte del mondo delle imprese;

Eaton, T. T. (2018). Approach and case-study of green infrastructure screening analysis for urban stormwater control. *Journal of Environmental Management*, 209, 495–504

EEA (2010), The European environment. State and outlook 2010: adapting to climate change, EEA Report No 12/2010

EEA (2011), Green Infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems, EEA Report No 18/2011

EEA (2012), Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies, EEA Report No 2/2012

EEA (2013), Report No 3/2013 – Adaptation in Europe – Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments, EEA, Copenhagen.

EEA (European Environment Agency) (2013). Adaptation in Europe: Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments (EEA Report no. 3/2013).

EEA (2015), Exploring Nature-Based Solutions: the role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather and climate change related natural hazards, EEA Technical report No 12/2015

EEA (2016), Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate, EEA Report No 12/2016

EEA (2017), Green Infrastructure and Flood Management. Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions, EEA Report No 14/2017

EEA (2017), Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices, EEA Report No 15/2017

EEA (2018), National climate change vulnerability and risk assessments in Europe 2018, EEA Report No 1/2018

ENEA (2013), Le infrastrutture verdi i servizi ecosistemici e la Green Economy

Eggermont H. (2015), "Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe", GAIA, 24/4 (2015), pp. 243-248.

Escobedo F, Giannico V., Jim C.Y., Senesi G., Laforteza R. (2019), Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors?

EPA (2011), Climate change vulnerability assessments: Four case studies of water utility practices, EPA/600/R-10/077 F. U.S. Environmental Protection Agency, Global Change Research Program, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC.

EPA (2008), Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies

FEEM, Fondazione ENI Enrico Mattei (2017), Rischi climatici: mitigazione e disclosure nelle imprese italiane

Filpa A., Ombuen S. (2014), "Cambiamenti climatici e pianificazione" in Urbanistica Tre Quaderni, rivista del Dipartimento di Architettura di Roma Tre n. 5, Roma.

Fini G., Botarelli L., Tomezeiu R. (2014), "Dal Patto dei Sindaci per la mitigazione a quello per l'adattamento: il progetto BlueAP" In Gaudioso. D., Giordano F., Taurino E. Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici - Qualità dell'Ambiente Urbano X Rapporto. p. 265-274, Roma: ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Ford J. (2008), Emerging trends in climate change policy: The role of adaptation, International Public Policy Review, 3(2), pp. 5-16.

Galderisi A. (2014), Climate Change Adaptation. Challenges and Opportunities for Smart Urban Growth. Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment, 7(1), 43-67.

GIZ (2015), Guidelines for Sustainable Industrial Areas (SIA)

GIZ (2019), Methodological Guide for the Adaptation to Climate Change of Industrial Zones. A guide on climate risk and opportunity management for the use of those involved in managing existing industrial zones

Grannis J. (2011), Adaptation tool kit: sea-level rise and coastal land use. How governments can use land-use practices to adapt to sea-level rise. Georgetown Climate Center, Washington.

Hahn M., Fröde A. (2010), Climate Proofing for Development. Adapting to Climate Change, Reducing Risk, in GTZ (2010): Climate Proofing Tool for Tra Vinh – Manual: GTZ.

Horton R.M., Solecki W.D., Rosenzweig C. (2012), *Climate change in the Northeast: a sourcebook*. p 313.

Hulme M., Neufeld H., Colyer H., Ritchie A. (2009), *Adaptation and Mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy. The final report from the ADAM Project*. Revised June 2009 Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia.

INAIL (2018), *Sfide e cambiamenti per la salute e la sicurezza sul lavoro nell'era digitale*, Seminario di aggiornamento dei professionisti Contarp, Csa, Cit

Indovina F. (2009), *La metropolizzazione del territorio. Nuove gerarchie territoriali*", in Indovina F. (a cura di), *Dalla città diffusa all'arcipelago metropolitano*, FrancoAngeli, Milano.

IPCC (2007), *Climate change 2007: Synthesis Report, Summary for policy makers*, 4th Assessment Report, Intergovernmental Panel for Climate Change, Geneva.

IPCC (2007), *Fourth Assessment Report: Climate Change*, Geneva.

IPCC (2007), *Mitigation on Climate Change. Contribution of Working Group*

IPCC (2012), *Capitolo 3, Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment in Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*.

IPCC (2013), *Fifth Assessment Report: Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Geneva.

IPCC (2014), *Summary for policymakers*, in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge: 1-32.

IPCC (2018), *Summary for Policymakers*. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Ispra (2009), *Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia*

Ispra (2014), *Qualità dell'ambiente urbano X rapporto. Focus su le città e la sfida dei cambiamenti climatici*

Ispra (2015), *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. Rapporto 2015*

Ispra (2018), *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. Edizione 2018*

Ispra (2018), *Dissesto Idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio. Sintesi Edizione 2018*

ISTAT (2017), Nuovo sito web sui rischi naturali, <https://www.istat.it/it/archivio/202943>

Italia Sicura (2017), Piano nazionale di opere e interventi e il piano finanziario per la riduzione del rischio idrogeologico

IUCN (2013), Environmental Guidance Note for Disaster Risk Reduction

IUCN (2016), A Global Standard for Nature-based Solutions

Kahn M. E. (2003), Two measures of progress in adapting to climate change, *Global Environmental Change*, 13(4), pp. 307–312.

Kates R.W., Travis W.R., Wilbanks T.J. (2012), Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *PNAS* 109(19):156–161.

Kerr R.A. (2011), Time to adapt to a warming world, but where’s the science? *Science* 334:1052–1053

Klein R. J. T., Schipper E. L. F., Dessai S. (2005), “Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions” in *Environmental Science and Policy*, 8(6), 579-588.

Laukkonen J. et al. (2009), “Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level”, *Habitat International*, 33: 287-292.

Lebow B., Patel-Weynand T., Loveland T., Cantral R. (2012), Land use and land cover national stakeholder workshop technical report. Report prepared for 2013 National Climate Assessment, p 73

Legambiente e Protezione Civile, (2011), Ecosistema rischio 2011, Monitoraggio sulle attività delle amministrazioni comunali per la mitigazione del rischio idrogeologico

Life Iris (2018), La valutazione di rischio fisico da cambiamenti climatici negli investimenti finanziari

Lorenz E. (1972), *Deterministic Nonperiodic Flow*, Massachusetts Institute of Technology

Lu P., Stead D. (2013), Understanding the notion of resilience in spatial planning: a case study of Rotterdam, The Netherlands. *Cities*, 35, 200-212.

Magni F., Musco F. (2014), Governance locale per la mitigazione al cambiamento climatico: il Patto dei Sindaci. In: Musco F., Zanchini E., *Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*. p. 115-133, Milano: Franco Angeli.

Magni F. (2019), *Climate Proof Planning. L’adattamento in Italia tra sperimentazioni e innovazioni*, FrancoAngeli Urbanistica

- Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., & Manes, F. (2019). Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*
- Margottini C. (2015), *Un contributo per gli Stati Generali dei cambiamenti climatici e l'arte della difesa del territorio*, ISPRA
- Marsden J.R, Pingry D. (1993), *Theory of decision support systems portfolio evaluation*
- Masseroni, D., & Cislighi, A. (2016). Green roof benefits for reducing flood risk at the catchment scale. *Environmental Earth Sciences*, 75(7)
- Massey E., Bergsma E. (2008), *Assessing Adaptation in 29 European Countries*. Report W-08/20. Amsterdam: Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit.
- Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare (2014), *Strategia Nazionale di Adattamento Climatico (SNAC)*, Settore Insediamenti urbani. Roma
- Mechler, R. and T. Schinko (2016). Identifying the policy space for climate loss and damage. *Science* 354 (6310), 290-292
- Mentens J., Raes D., Hermy M. (2006), *Landscape and urban planning*. Amsterdam. Elsevier.
- Milton S. (2011), *Location Intelligence. The Future Looks Bright*, Forbes 2011
- Mocenni C. (2006), *DSS Decision support system Comparison of recurrence quantification methods for the analysis of temporal and spatial chaos*
- Montalto F.A., Behr C.T., Yu Z. (2011), *Accounting for Uncertainty in Determining Green Infrastructure Cost effectiveness*, in H. Thurston, ed. *Economic Incentives for Stormwater Control*. Boca Raton, FL.: CRC Press, p. 256.
- 4 D.H. Locke, M. Grove, J.W.T. Lu, A. Troy, J.P.M. O'Neil-Dunne, B. Beck (2010), "Prioritizing preferable locations for increasing urban tree canopy in New York City". *Cities and the Environment* 3(1): article 4.5
- Monty, F., Murti, R., Furuta, N. (2016), *Helping nature help us: Transforming disaster risk reduction through ecosystem management*. Gland, Switzerland: IUCN
- Moore S., Zavaleta E., Shaw R. (2012), *Decision-making under uncertainty: an assessment of adaptation strategies and scenario development for resource managers*. California Energy Commission. Publication number: CEC-500-2012-027.
- Morsch A., Bartlett R. (2011), *Policy brief: State strategies to plan for and adapt to climate change—NI PB 11–08*. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University.

- Moser S. (2009), Governance and the art of overcoming barriers to adaptation, *IHDP Update*, (3), pp. 31–36.
- Moser S., Ekstrom J. A. (2010), A framework to diagnose barriers to climate change adaptation, *PNAS*, 107(51), pp. 22026–22031.
- Munich RE (2019), Risk report 2019
- Musco F. (2008), Cambiamenti Climatici, Politiche di Adattamento e Mitigazione: una Prospettiva Urbana, in *Archivio Studi Urbani e Regionali*, Milano, n. 93.
- Musco F. (2010), Policy Design for Sustainable Integrated Planning: from Local Agenda 21 to Climate Protection, in van Staden M., Musco F. (eds.), *Local Governments and Climate Change*, Springer -Verlag, New York.
- Musco F. (2012), I piani clima, nuovi strumenti per la pianificazione locale: dalla mitigazione all'adattamento. in Verones S., Zanon B. (a cura di), *Energia e pianificazione urbanistica. Verso un'integrazione delle politiche urbane*, Franco Angeli, Milano.
- Musco F. (2014), Verso un 'Piano clima' dell'Area Metropolitana di Venezia. In *Agenda Metropolitana Ambiente*, a cura di N. Benatelli. Venezia: Provincia di Venezia.
- Musco F., Fregolent L. (2017), Pianificazione urbanistica e clima urbano. Manuale per la riduzione dei fenomeni di isola di calore urbano, *Il Poligrafo*
- Musco F., Garramone V., Maragno D., Magni F., Gissi E., Gattolin M., Pastore A. (2015). Le agende urbane, le reti degli stakeholders ed un decalogo per il governo metropolitano. L'esercizio di Smart City di Venezia Città Metropolitana. *URBANISTICA INFORMAZIONI*, vol. 263.
- Musco F., Patassini D. (2012), Mitigazione e Adattamento ai Cambiamenti Climatici: Valutazione di Efficacia di Piani e Politiche in USA, in Europa in Italia, in Pierobon A. (a cura di), *Nuovo manuale di Diritto e gestione dell'Ambiente*, Maggioli, Rimini.
- Musco F., Verones S., Magni F., Maragno D., Dalla Fontana M. (2015), Venezia città metropolitana resiliente. Dal progetto SEAP Alps verso il piano clima metropolitano. Università Iuav di Venezia, Venezia
- Musco F., Zanchini E. (2014), Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica, Franco Angeli, Milano.
- Musco F., Zanchini E. (2014), Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica, Franco Angeli, Milano.
- Mussinelli E., Tartaglia A., Bisogni L., Malcevski S. (2018), Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano, *Techne* 2018

National Climate Adaptation Summit Committee (2010), National Climate Adaptation Summit report. University Corporation for Atmospheric Research, p 26.

Naumann, S., McKenna, D., TimoK., Mav, P. and Matt, R. (2011), Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report to the European Commission, DG Environment, Ecologic institute and GHK Consulting.

Needham H.F., Carter L., Keim B.D. (2012), Gulf coast climate needs assessment interviews. Southern Climate Impacts Planning Program, p 37.

Nilsson M., Persson A. (2003), Framework for analysing environmental policy integration, Journal of Environmental Policy & Planning, 5(4), pp. 333–359.

OECD (2008), Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments (Paris: OECD).

Organizzazione Internazionale del Lavoro OIL (2019), Lavorare in un pianeta più caldo. L'impatto dello stress termico sulla produttività del lavoro e il lavoro dignitoso - Sintesi del rapporto

Olhoff A., Schaer C. (2009), Screening Tools and Guidelines to Support the Mainstreaming of Climate Change Adaptation into Development Assistance – A Stocktaking Report Prepared for UNDP: New York.

ONU (2015), Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015

ONU (2015), Accordo di Parigi

Oxfam America (2009), The new adaptation marketplace: climate change and opportunities for green economic growth. Oxfam America, Boston, MA, p 6.

Patassini D. (2006), Esperienze di valutazione urbana, FrancoAngeli

Pellizzaro P. (2014), Comunicare la resilienza nella società del rischio, In Gaudioso. D., Giordano F., Taurino E.. Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici - Qualità dell'Ambiente Urbano X Rapporto. p. 265-274, Roma: ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Peppoloni S. (2014), Convivere con i rischi naturali, Il Mulino, Bologna

Preston B., Westaway R., Yuen E. (2011), Climate adaptation planning in practice: an evaluation of adaptation plans from three developed nations, in Mitigation Adaption Strategy Global Change 16:407–438.

Provincia di Bolzano (2016), Linee Guida per la costruzione dei tetti verdi

Prutsch A., Grothmann T., Schauser I., Otto S., Mc Callum S. (2010), Guiding principles for adaptation to climate change in Europe. ETC/ACC Technical Paper 2010/6.

PWC (PricewaterhouseCoopers) (2010), Business leadership on climate change adaptation: Encouraging engagement and action. PricewaterhouseCoopers LLP, London, UK, p 36.

Regione Emilia-Romagna (2018), Strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia-Romagna, Delibera n.1256 del 2018.

Renn O. (2011), The social amplification/attenuation of risk framework: application to climate change. Wiley Interdiscip Rev Clim Change 2:154–169.

Ribeiro M., Losenno C., Dworak T., Massey E., Swart R., Benzie M., Laaser C. (2009), Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies. Study for European Commission – DG Environment – Tender DG ENV. G.1/ETU/2008/0093r. Ecologic Institute, Vienna.

Risky Business (2014), The economic risks of Climate Change in the United States

Robrecht and Morchain (2012), Learning from Cases of Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Mitigation in an Urban Context

Rudari R. (2013), Come cambia il rischio idrogeologico, *Ecoscienza* Numero 5. Anno 2013

Salzano E., (1998), *Fondamenti di urbanistica*, Editori Laterza

Salkin P.A. (2009), Sustainability and land use planning: greening state and local land use plans and regulations to address climate change challenges and preserve resources for future generations. *Wm & Mary Env'tl L & Pol'y Rev* 34:51.

Schipper E. L. F., Burton I. (2009), *The Earthscan Reader on Adaptation to Climate Change* London: Earthscan.

Schramm P. (2012), National climate assessment health sector workshop report: Northwest region. February 23–24, 2012.

Secchi B. (2013), *La città dei ricchi e la città dei poveri*, Laterza, Bari.

Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. (Eds.). (2019), *ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook*. ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 730338.

Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici SNAC (2015), Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare

Smith J.B., Vogel J.M., Cromwell J.E. (2009), An architecture for government action on adaptation to climate change: an editorial comment. *Clim Change* 95:53– 61.

Smith J., Vogel J., Cruce T., Seidel S., Holsinger H. (2010), Adapting to climate change: a call for federal leadership. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, p 51.

Surminski, S., Style, D., Di Mauro, M., Townsend, A., Baglee, A., Cameron, C., Connell, R., Deyes, K., Haworth, A., Ingirige, B., Muir-Wood, R., Proverbs, D., Watkiss, P., and Sze Goh, L. (2016), UK Climate Change Risk Assessment Evidence Report: Chapter 6, Business and Industry. Report prepared for the Adaptation Subcommittee of the Committee on Climate Change, London.

Spala, A., Bagiorgas, H. S., Assimakopoulos, M. N., Kalavrouziotis, J., Matthopoulos, D., & Mihalakakou, G. (2008). On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. *Renewable Energy*, 33(1), 173–177.

Sussman F.G., Freed R. (2008), Adapting to climate change: a business approach. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, p 41.

Swart R., Raes F. (2007), Making integration of adaptation and mitigation work: Mainstreaming into sustainable development policies?, *Climate Policy*, vol 7, pp288–303.

Testa F., Todaro N.M., Iraldo F., Gasbarro F., Ianna R., (2017), *Assessing climate change mitigation and adaptation efforts in the Italian industry: the results of an explorative study*. Retrieved from the Italian Ministry of Environment and Protection of Land and Sea website: <http://www.minambiente.it/pagina/marrakech-partnership-global-climate-action>

Ubisense (2015), Location Intelligence Solutions

UN-Habitat (2011), Planning for Climate Change. A strategic Values Based Approach for Urban Planners, Nairobi.

UNDP - United Nations Development Programme (2005), Adaptation Policy Framework for Climate Change: Developing Strategies, Policies, and Measures, New York, United Nations.

UNDP - United Nations Development Programme (2010), Designing Climate Change Adaptation Initiatives. A UNDP Toolkit for Practitioners, New York, United Nations.

UNFCCC (2008), Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to, Climate Change. UNFCCC: Bonn, Germany.

UNI (2007), Norma UNI 11230:2017.

Unipol (2017), Unipol per il Clima. Il cambiamento climatico e il ruolo delle assicurazioni in Italia

Unipol (2018), Unipol per il Clima. Il cambiamento climatico e il ruolo delle assicurazioni in Italia

UK-CCRA (2017), Business and industry, Chapter 6, Committee on Climate Change

Van Aalst M.K., Cannon T., Burton I. (2008), Community level adaptation to climate change: the potential role of participatory community risk assessment. *Global Environ Chang* 18:165–179.

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) (2009), *Adaptation: an issue brief for business*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, p 28.

Wilson E., Piper J. (2010), *Spatial Planning and Climate Change*, Routledge, London.

West, JM and Brereton, D (2013), *Climate change adaptation in industry and business: A framework for best practice in financial risk assessment, governance and disclosure*, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, 144 pp.

World Bank (2011), *Guide to Climate Change Adaptation in Cities*, Washington, D.C.

World Bank (2012), *Building Urban Resilience: Principles, tools and Practice*, Washington, D.C.

World Bank (2015), *Climate Change and Adaptation in Cities*.

WRI (2009), *National Adaptive Capacity Framework*. World Resources Institute: Washington DC, United States.

Zurich (2016), *Potential effect on business of small and medium enterprises (SMEs) due to climate change in 2016 Global survey report*

