

ALLEGATO 1



ANOMALIA CLIMATICA MENSILE PER INDICATORI HDD E CDD

Autori

Paola Mercogliano

Giuliana Barbato

Fondazione CMCC- Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
Regional Models and geo-Hydrological Impacts Division (REMHI)

INTRODUZIONE	2
1. ANALISI ANOMALIE DEI GRADI GIORNI SU TRENTENNI FUTURI	3
1.1. Anomalie annuali dei gradi giorno.....	3
1.1.1. Anomalie annuali dell'indice HDD	3
1.1.2. Anomalie annuali dell'indice CDD	5
1.2. Anomalie mensili dei gradi giorno su scala provinciale	7
1.2.1. Anomalie mensili dell'indice HDD su scala provinciale	7
1.2.2. Anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale	21
2. ANALISI ANOMALIE DEI GRADI GIORNI SU QUINDICENNI FUTURI	27
2.1. Anomalie annuali dei gradi giorno.....	27
2.1.1. Anomalie annuali dell'indice HDD	27
2.1.2. Anomalie annuali dell'indice CDD	29
2.2. Anomalie mensili dei gradi giorno su scala provinciale	31
2.2.1. Anomalie mensili dell'indice HDD su scala provinciale	31
2.2.2. Anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale	44
3. ANALISI ANOMALIE DEI GRADI GIORNO PESATE IN BASE ALLA DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE PROVINCIALE	50
3.1 Metodologia e casi di interesse	50
BIBLIOGRAFIA	60

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui trentenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).....	4
Figura 2 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui trentenni futuri di interesse (COSMO RCP8.5).....	5
Figura 3 - Mappe delle anomalie dell'indice CDD sui trentenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).....	6
Figura 4 – Mappe delle anomalie dell'indice CDD sui trentenni di interesse (COSMO RCP8.5).	7
Figura 5 – Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2016-2045 (2030), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.....	8
Figura 6 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2016-2045 (2030), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.....	9
Figura 7 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2021-2050 (2035), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.....	10
Figura 8 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2021-2050 (2035), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.....	11
Figura 9 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2026-2055 (2040), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.....	12
Figura 10 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2026-2055 (2040), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.....	13
Figura 11 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2031-2060 (2045), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.....	14
Figura 12 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2031-2060 (2045), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.....	15
Figura 13 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2036-2065 (2050), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.....	16
Figura 14 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2036-2065 (2050), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.....	17

Figura 15 – Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2016-2045 (2030), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	18
Figura 16 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2021-2050 (2035), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	19
Figura 17 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2026-2055 (2040), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	19
Figura 18 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2031-2060 (2045), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	20
Figura 19 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2036-2065 (2050), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	20
Figura 20 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2016-2045 (2030) rispetto al periodo di riferimento 1986- 2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	22
Figura 21 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2021-2050 (2035) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	23
Figura 22 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2026-2055 (2040) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	24
Figura 23 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2031-2060 (2045) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	25
Figura 24 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2036-2065 (2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	26
Figura 25 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).....	28
Figura 26 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP8.5).....	29
Figura 27- Mappa delle anomalie dell'indice CDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).....	30
Figura 28 - Mappe delle anomalie dell'indice CDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP8.5).....	31
Figura 29 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2023-2037 (2030), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.....	32

Figura 30 - - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2023-2037 (2030), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.....	33
Figura 31 - - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2028-2042 (2035), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.....	34
Figura 32 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2028-2042 (2035), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.....	35
Figura 33 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2033-2047 (2040), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.....	36
Figura 34 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2033-2047 (2040), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.....	37
Figura 35 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2038-2052 (2045), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.....	38
Figura 36 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2038-2052 (2045), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.....	39
Figura 37 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2043-2057 (2050), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.....	40
Figura 38 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2043-2057 (2050), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.....	41
Figura 39 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2023-2037 (2030), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	42
Figura 40 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2028-2042 (2035), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	42
Figura 41 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2033-2047 (2040), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	43
Figura 42 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2038-2052 (2045), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	43
Figura 43 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2043-2057 (2050), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.....	44
Figura 44 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2023-2037 (2030) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	45
Figura 45 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2028- 2042 (2035) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	46

Figura 46 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2033-2047 (2040) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	47
Figura 47 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2038-2052 (2045) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	48
Figura 48 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2043-2057 (2050) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).....	49
Figura 49 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2016-2045 (2030) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.	51
Figura 50 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2021-2050 (2035) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.	51
Figura 51 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2026-2055 (2040) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.	52
Figura 52 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2031-2060 (2045) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.	52
Figura 53 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2036-2065 (2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.	53
Figura 54 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2016-2045 (2030) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.....	54
Figura 55 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2021-2050 (2035) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.....	55
Figura 56 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2026-2055 (2040) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.....	56
Figura 57 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2031-2060 (2045) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.....	57
Figura 58 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2036-2065 (2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.....	58

INTRODUZIONE

Il presente documento si propone come obiettivo l'individuazione delle possibili variazioni future della domanda di riscaldamento e di raffrescamento. Tali variazioni future sono state valutate, sulla base di differenti scenari climatici, studiando le anomalie dei gradi giorno di riscaldamento e di raffrescamento [1] su diversi trentenni e quindicenni futuri di interesse rispetto ad opportuni periodi di riferimento.

La scelta della lunghezza del periodo su cui effettuare analisi climatiche è solitamente 30 anni, come indicato da IPCC (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=144>) che viene ritenuto adeguato per la caratterizzazione sia dei valori medi che estremi della variabile di interesse. Nel presente documento è stato valutato anche un periodo di riferimento più corto, di 15 anni, pari alla lunghezza del periodo di riferimento selezionato per l'analisi sui dati osservati. Al fine di valutare l'approssimazione effettuata calcolando le anomalie climatiche tra periodi della lunghezza di 15 anni, invece di 30, nel presente documento sono mostrati entrambe le analisi; ovvero sia su 30 anni che su 15 anni.

Nel presente documento è stata utilizzata la definizione dei gradi giorno relativi al riscaldamento (HDD, Heating Degree Days) utilizzata da EUROSTAT (disponibile al link http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm) e la definizione dei gradi giorno relativi al raffreddamento (CDD, Cooling Degree Days) utilizzati da JRC.

Nello specifico, i gradi giorno di riscaldamento (HDD) sono stati calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni dell'anno che abbiano una temperatura media inferiore o uguale ad una soglia pari a 15 °C, delle differenze tra la temperatura interna dell'ambiente da riscaldare, per la quale si assume un valore di riferimento pari a 18°C, e la temperatura media; parallelamente, i gradi giorno di raffrescamento (CDD) sono stati calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni dell'anno che abbiano una temperatura media superiore o uguale ad una soglia pari a 24 °C, delle differenze tra la temperatura media e quella interna dell'ambiente da raffrescare, per la quale si assume un valore di riferimento pari a 21°C.

Nel paragrafo 1 vengono presentate le anomalie annuali e mensili degli indici HDD e CDD per cinque trentenni futuri di interesse (centrati sugli anni 2030, 2035, 2040, 2045, 2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015. Inoltre, nel paragrafo 2 vengono illustrate le stesse analisi del paragrafo 1 considerando, però, cinque quindicenni futuri rispetto al periodo di riferimento 2001-2015. Le analisi, come concordato nel gruppo di lavoro, sono state mediate su scala provinciale. In questo lavoro, le anomalie degli indici HDD e CDD sono state calcolate, considerando i due diversi scenari RCP4.5 e RCP8.5, a partire dai dati simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLM alla risoluzione di circa 8 km [2] forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale 80km). Questa configurazione ha mostrato una buona capacità di rappresentare il

clima italiano, anche su scala locale, sia in termini di valori medi che estremi [3], [4], attraverso la validazione sia con E-OBS che con alcuni dataset regionali disponibili.

1. ANALISI ANOMALIE DEI GRADI GIORNI SU TRENTENNI FUTURI

Nel presente paragrafo vengono presentate le anomalie dei gradi giorno di riscaldamento (HDD) e di raffrescamento (CDD) su cinque trentenni futuri di interesse rispetto al periodo di riferimento 1986-2015. I trentenni futuri selezionati sono i seguenti:

- ✓ 2016-2045 (centrato sull'anno 2030)
- ✓ 2021-2050 (centrato sull'anno 2035)
- ✓ 2026-2055 (centrato sull'anno 2040)
- ✓ 2031-2060 (centrato sull'anno 2045)
- ✓ 2036-2065 (centrato sull'anno 2050)

I valori di anomalie ottenuti possono ritenersi la miglior approssimazione per caratterizzare il clima per gli anni di interesse individuati: 2030, 2035, 2040, 2045 e 2050.

Le anomalie, ottenute come differenza tra i valori medi degli indicatori nei periodi futuri e in quello di riferimento 1986-2015, sono espresse in valore assoluto. Nello specifico, sono state ottenute, come primo risultato, le anomalie annuali al fine di ottenere un quadro climatico generale delle possibili variazioni future in termini di gradi giorno. Successivamente, per avere un maggior dettaglio informativo, sono state valutate le anomalie mensili su scala provinciale.

1.1. Anomalie annuali dei gradi giorno

1.1.1. Anomalie annuali dell'indice HDD

Le proiezioni climatiche annuali dei gradi giorno di riscaldamento per i cinque periodi futuri considerati, rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 vengono illustrate con scenario RCP4.5 nella Figura 1, mentre con scenario RCP8.5 nella Figura 2.

Dall'analisi dei risultati, lo scenario RCP8.5 implica un maggiore impatto in termini di HDD (quindi un maggior risparmio di energia per il riscaldamento), rispetto allo scenario RCP4.5. Per gli HDD si riscontrano anomalie molto forti in entrambi gli scenari nelle zone montane, ma comunque rilevanti su tutto il territorio nazionale per lo scenario RCP8.5, mentre nello scenario RCP4.5 il risparmio appare contenuto per le aree pianeggianti e costiere. Gli incrementi dell'indice HDD, per entrambi gli scenari climatici, risultano essere più evidenti nei trentenni futuri più lontani dal periodo di riferimento.

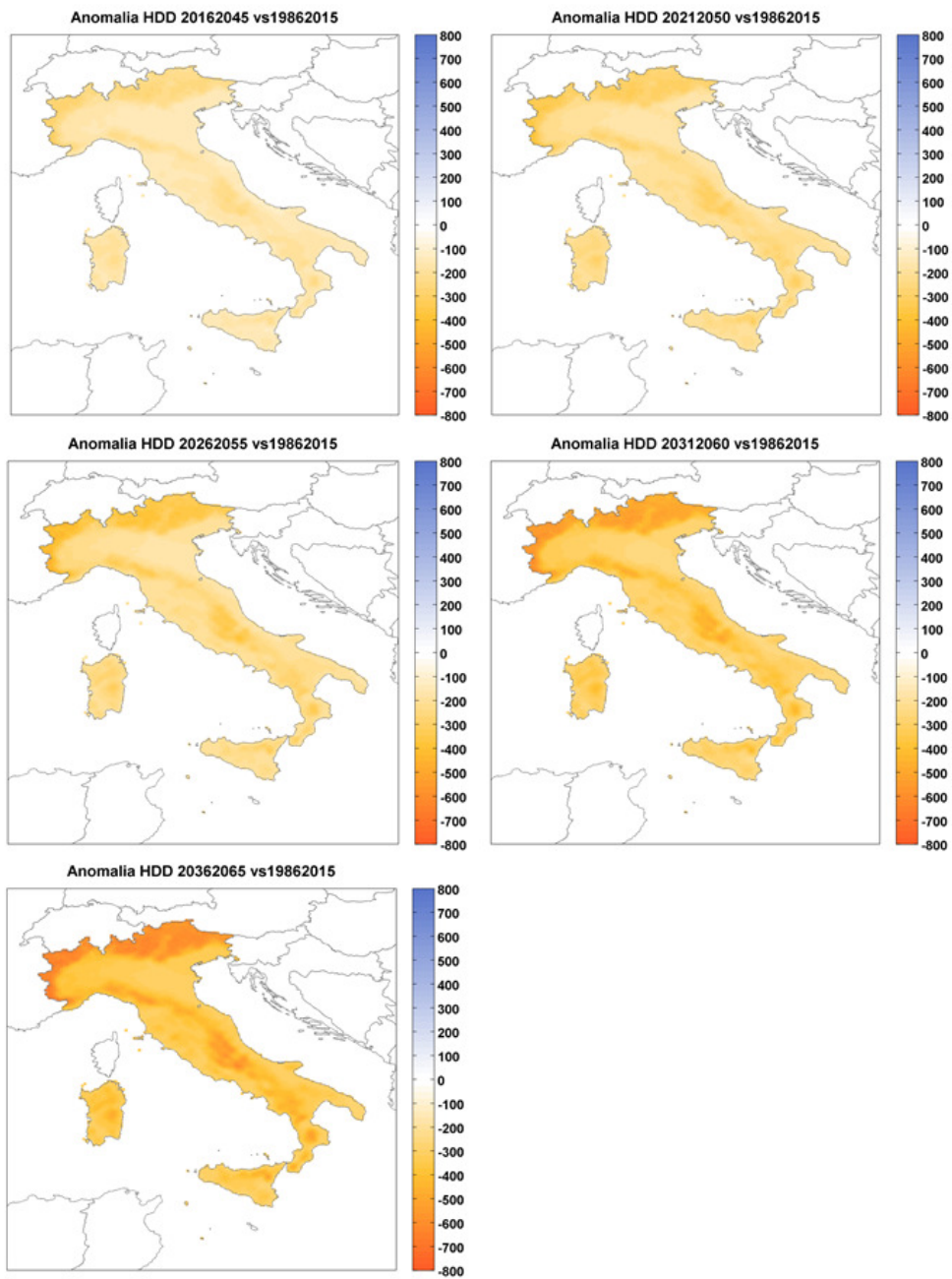


Figura 1 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui trentenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).

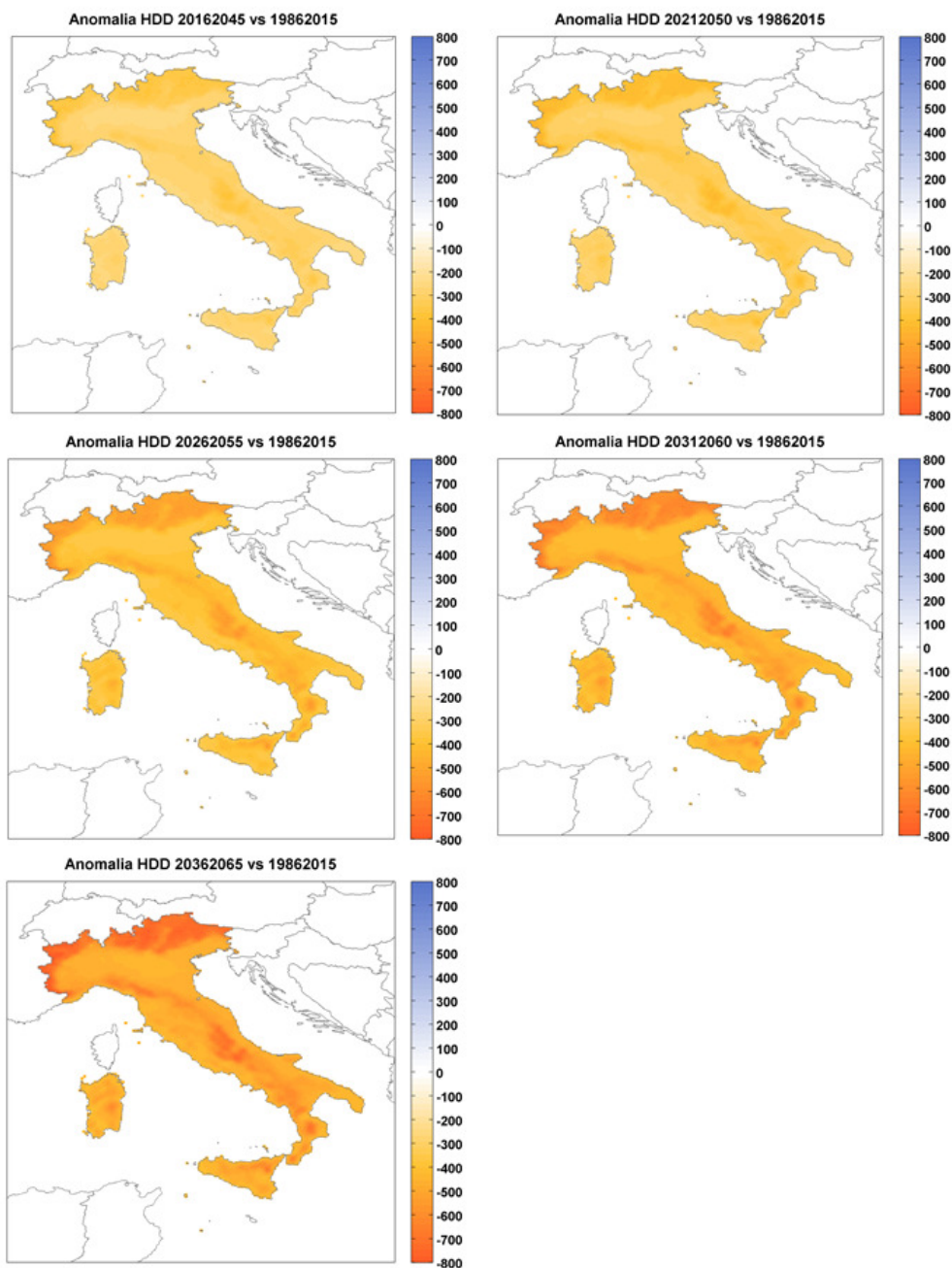


Figura 2 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui trentenni futuri di interesse (COSMO RCP8.5).

1.1.2. Anomalie annuali dell'indice CDD

Le anomalie climatiche dell'indice CDD per i cinque periodi futuri selezionati rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, vengono riportate in Figura 3 e in Figura 4, rispettivamente per lo scenario RCP4.5 e RCP8.5.

Le anomalie più forti si osservano nelle aree costiere, in particolare in Sardegna, Sicilia (in particolare intorno a Catania), Calabria Ionica e Puglia.

In questo caso, l'effetto nelle aree montane appare modesto anche in virtù del valore di soglia utilizzato: nelle Alpi e negli Appennini i 24° C di media giornaliera saranno più raramente superati che altrove. Inoltre, lo scenario RCP8.5, nel caso dell'indice CDD, è qualitativamente simile allo scenario RCP4.5.

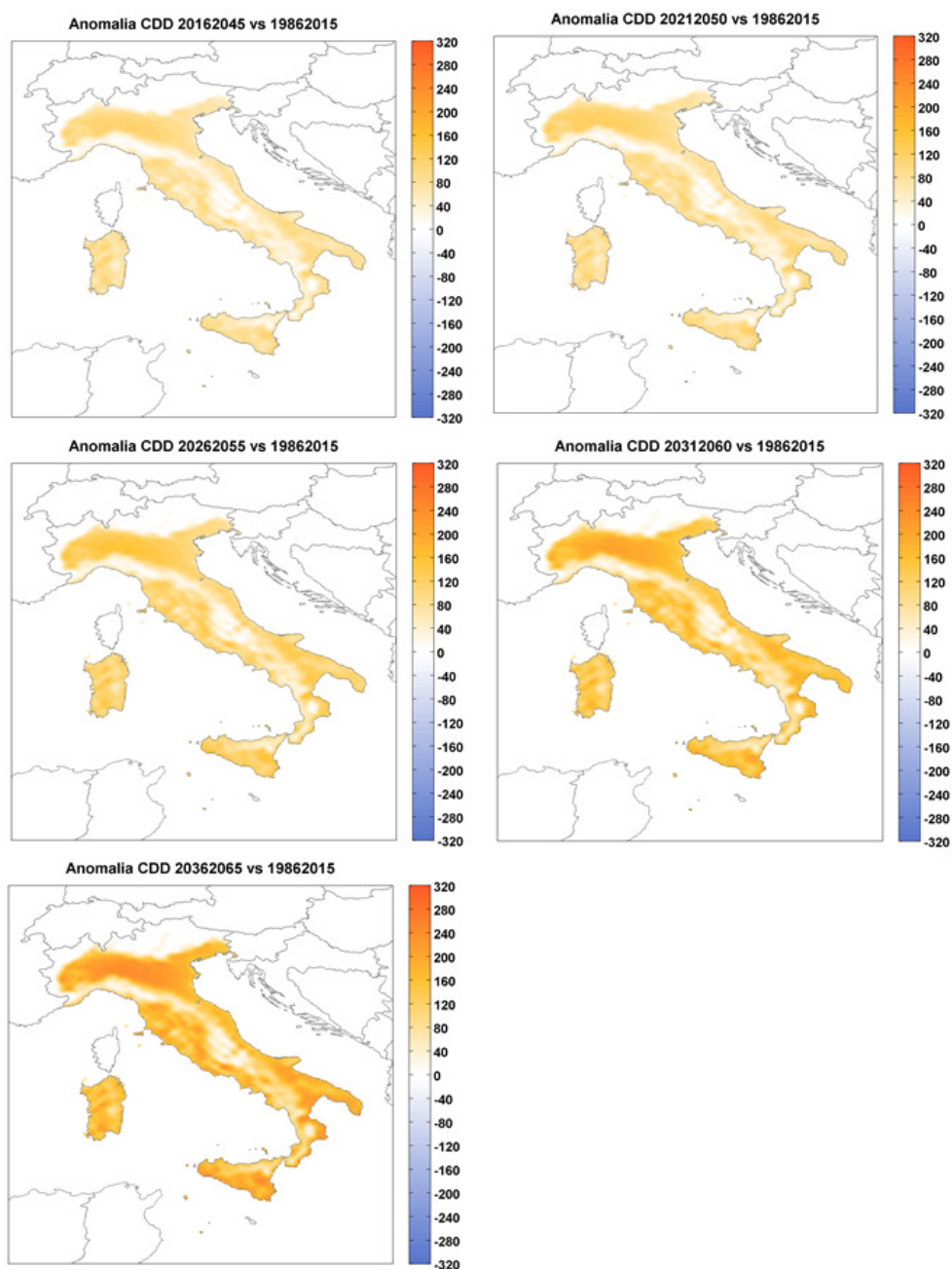


Figura 3 - Mappe delle anomalie dell'indice CDD sui trentenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).

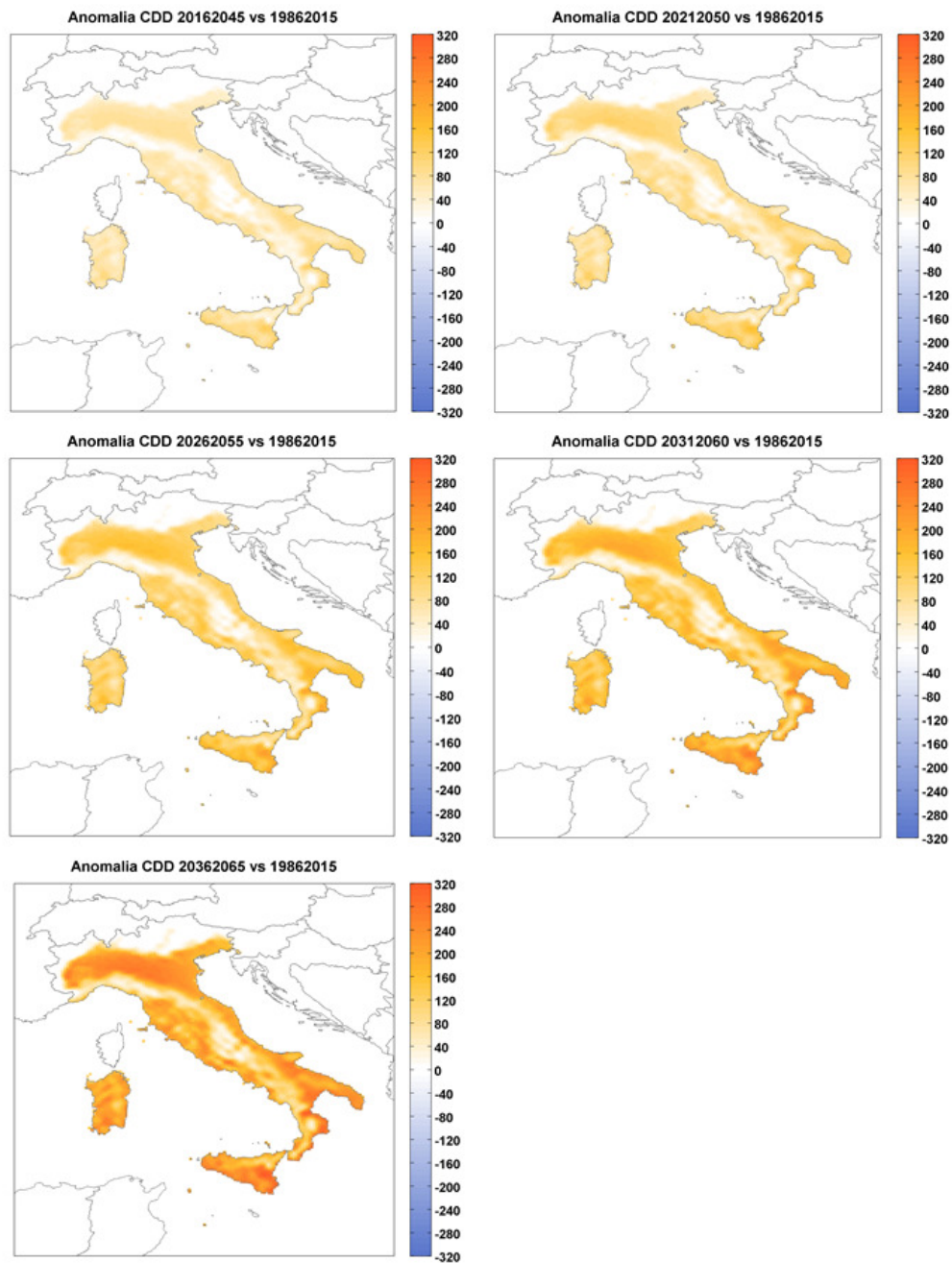


Figura 4 – Mappe delle anomalie dell'indice CDD sui trentenni di interesse (COSMO RCP8.5).

1.2. Anomalie mensili dei gradi giorno su scala provinciale

1.2.1. Anomalie mensili dell'indice HDD su scala provinciale

Le proiezioni climatiche mensili su scala provinciale dei gradi giorno di riscaldamento per i cinque periodi futuri considerati, rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, ottenute per lo scenario RCP4.5 vengono mostrate nelle Figure Figura 5, Figura 7, Figura 9, Figura 11 e Figura

13 mentre per lo scenario RCP8.5 nelle Figure Figura 6, Figura 8, Figura 10, Figura 12 e Figura 14.

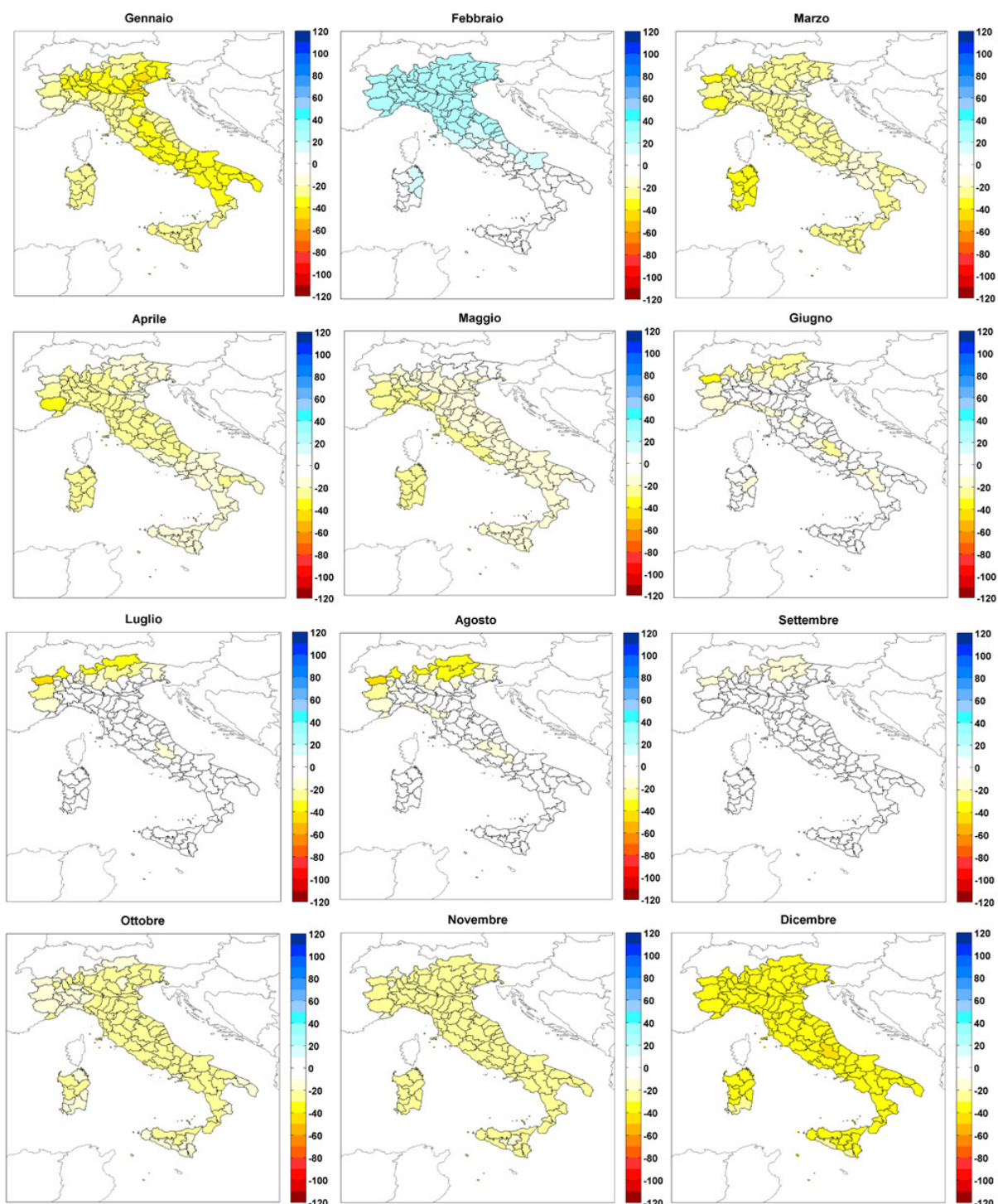


Figura 5 – Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2016-2045 (2030), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.

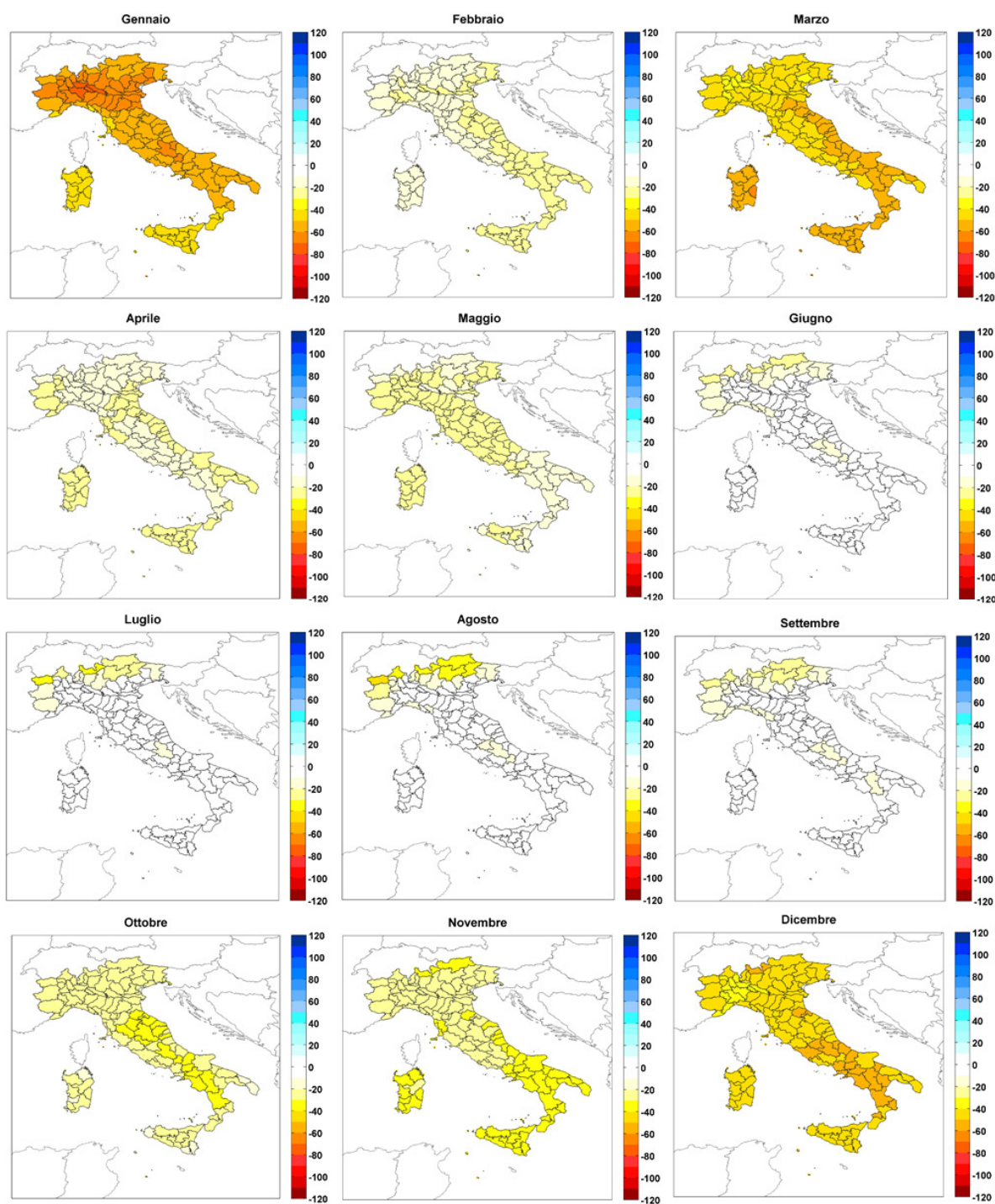


Figura 6 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2016-2045 (2030), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.

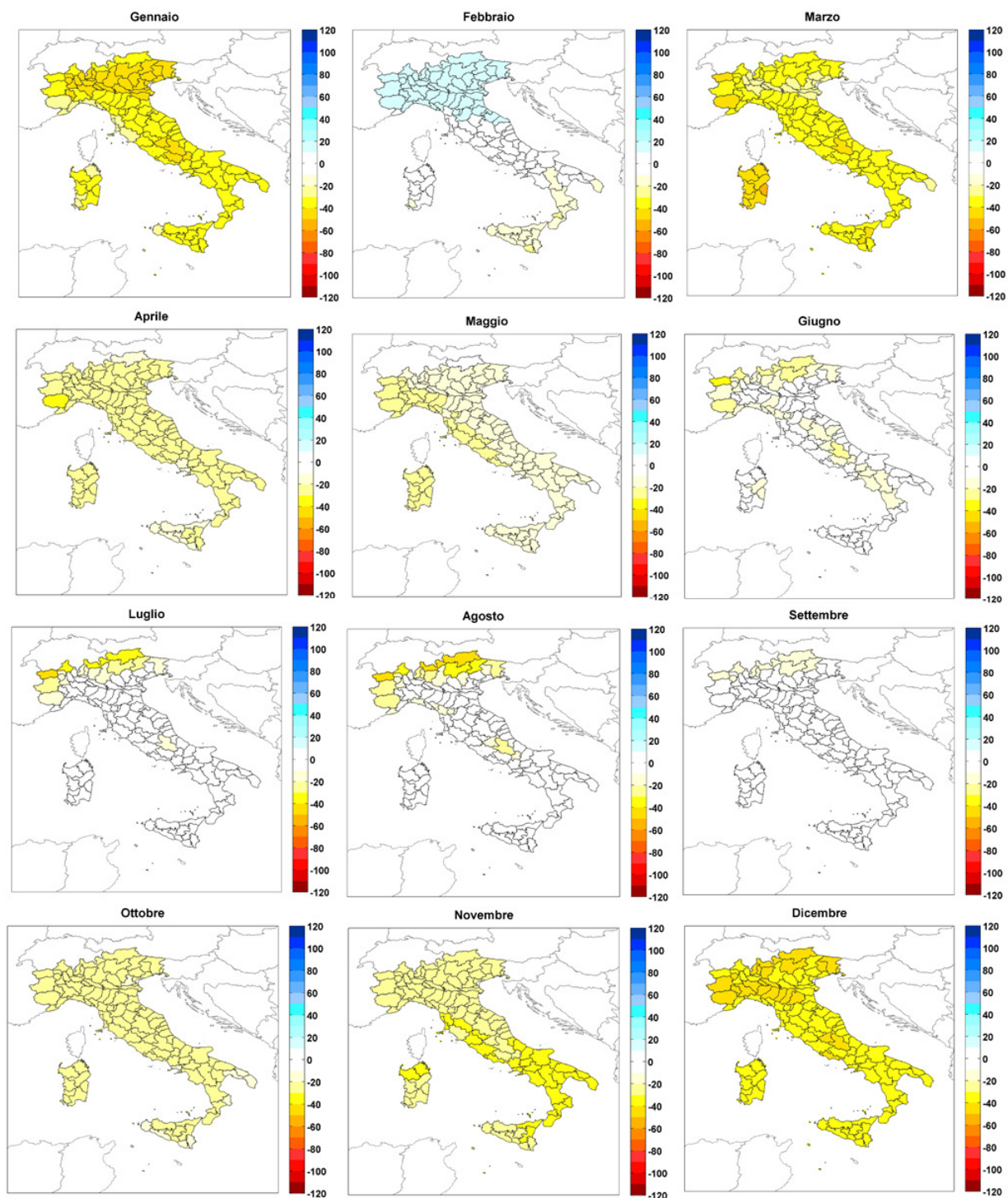


Figura 7 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2021-2050 (2035), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.

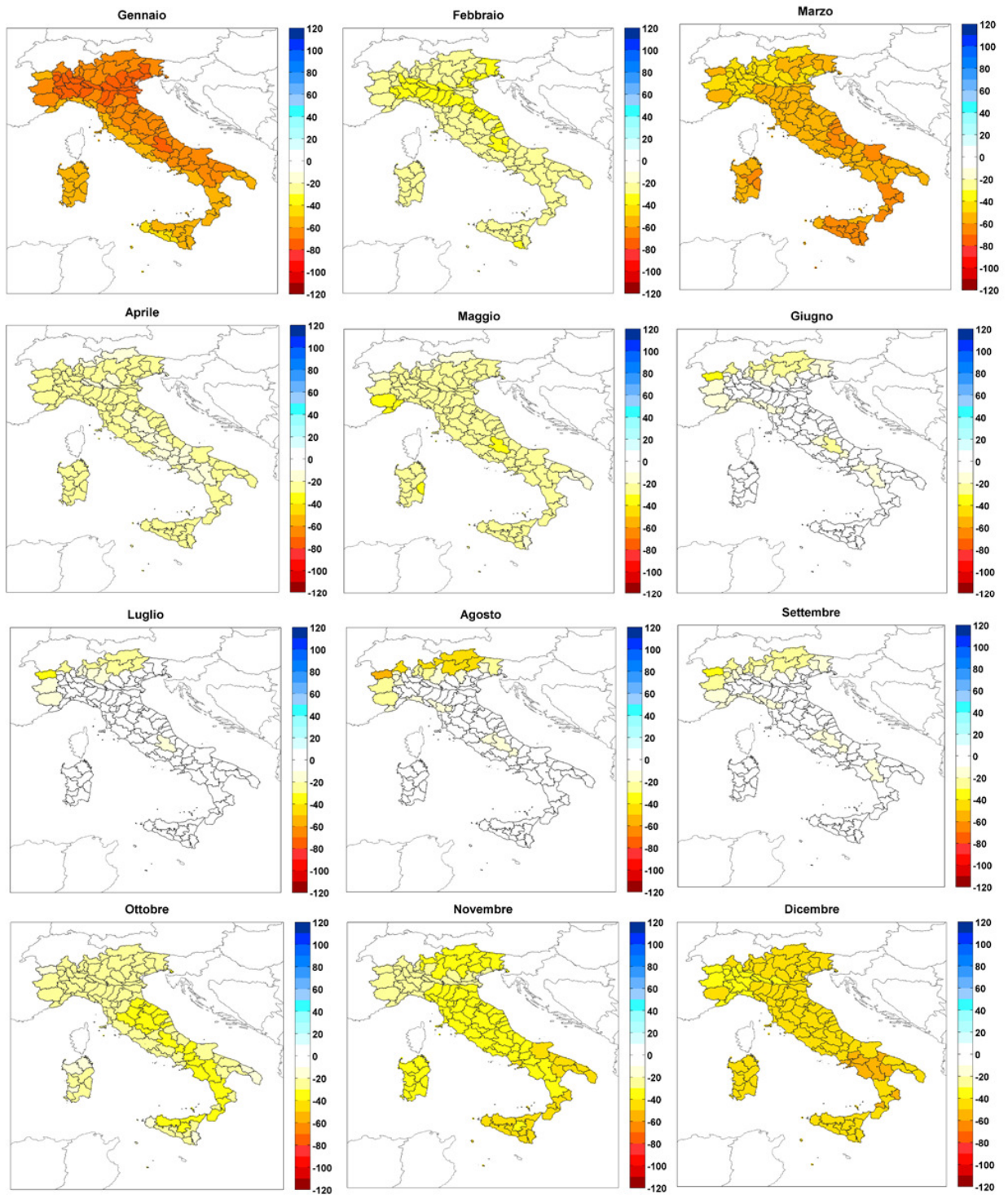


Figura 8 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2021-2050 (2035), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.

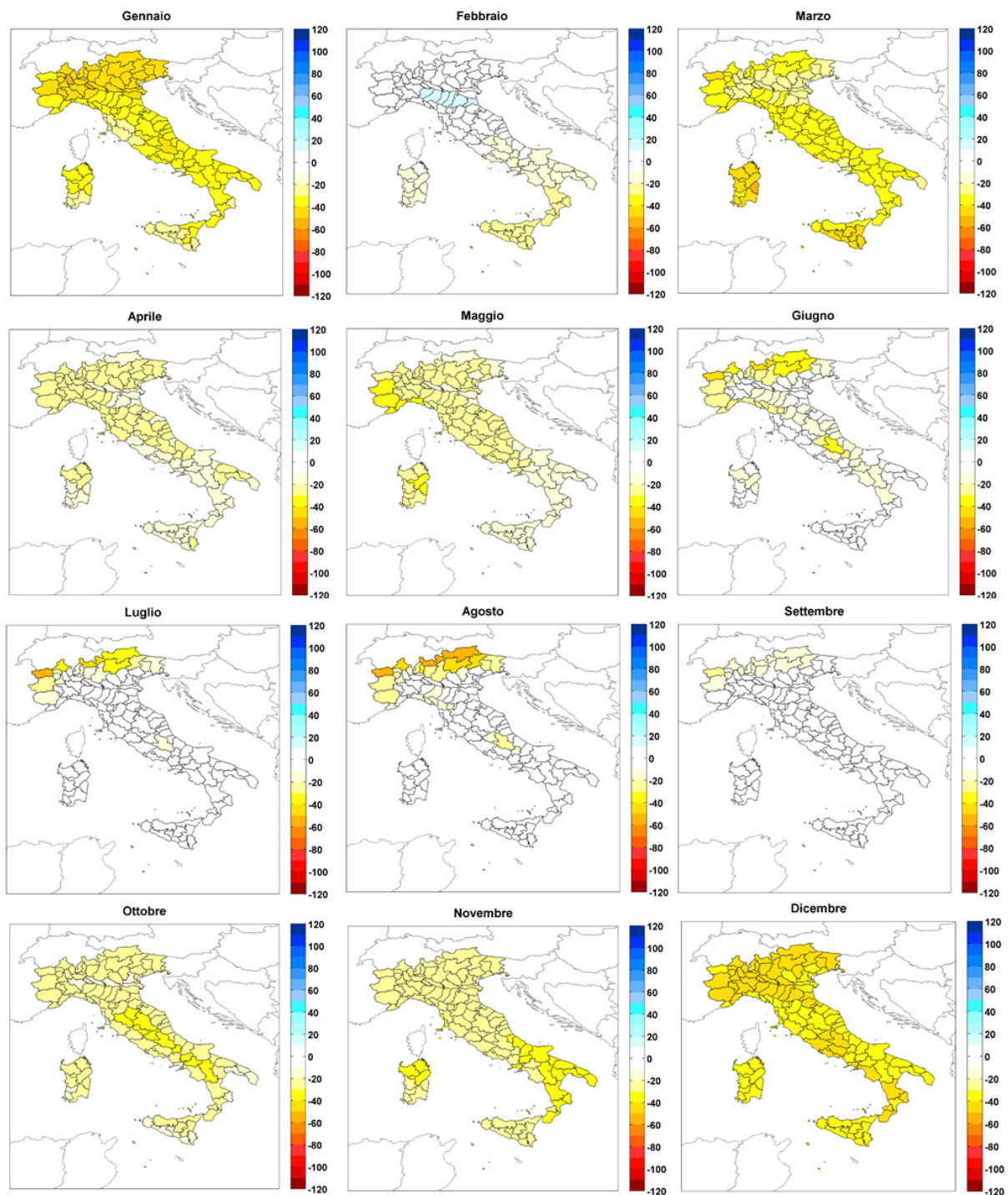


Figura 9 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2026-2055 (2040), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.

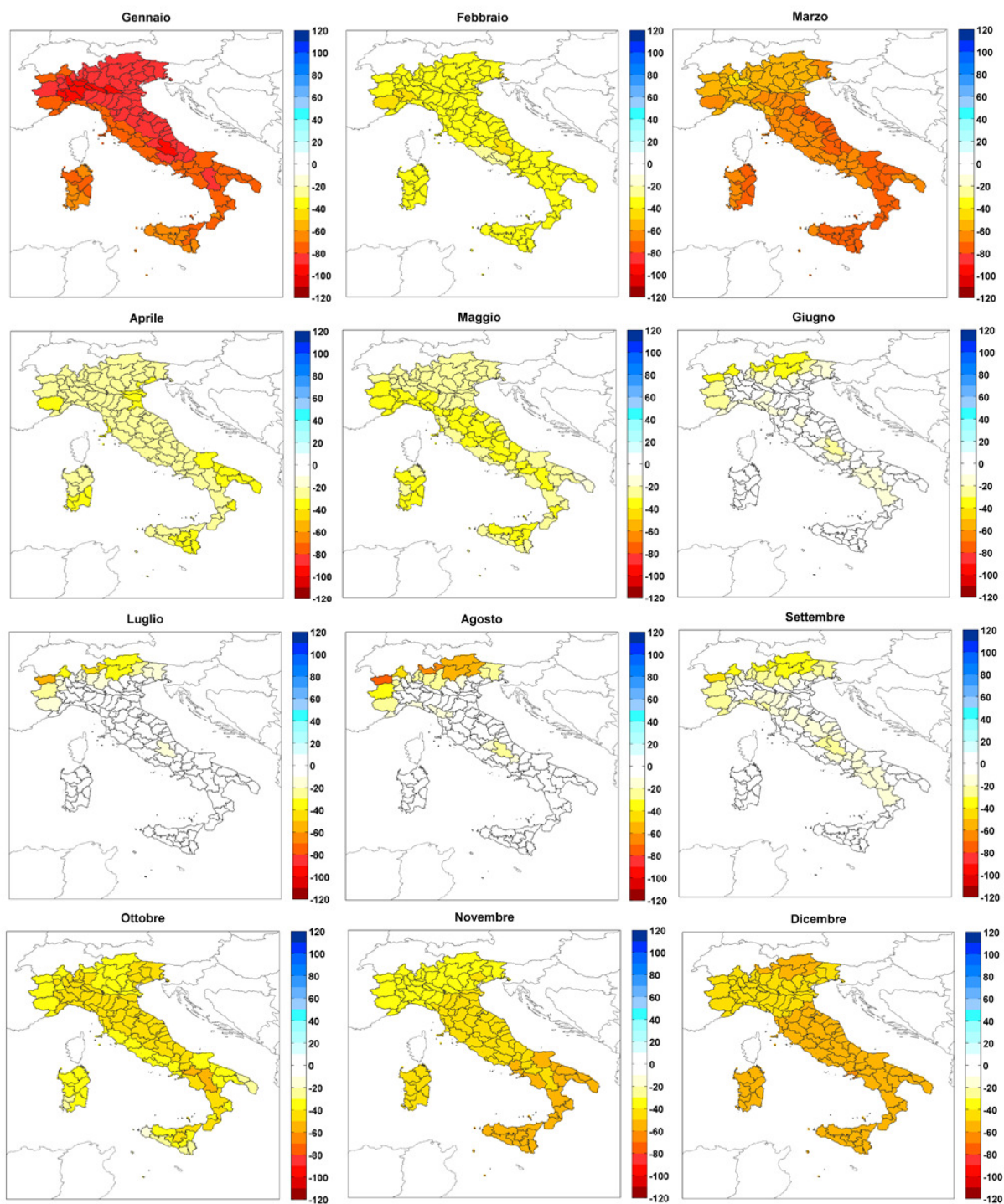


Figura 10 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2026-2055 (2040), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.

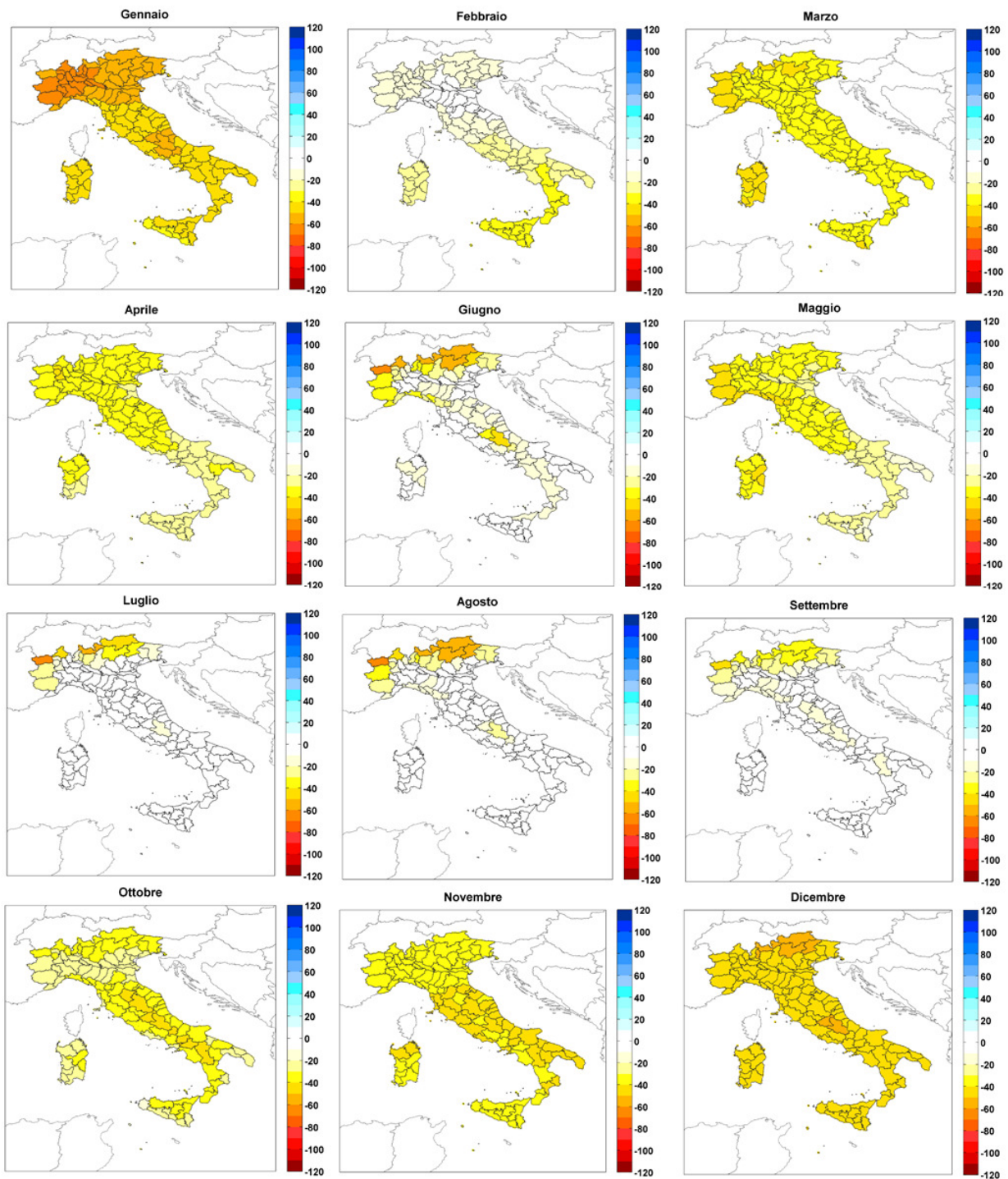


Figura 11 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2031-2060 (2045), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.

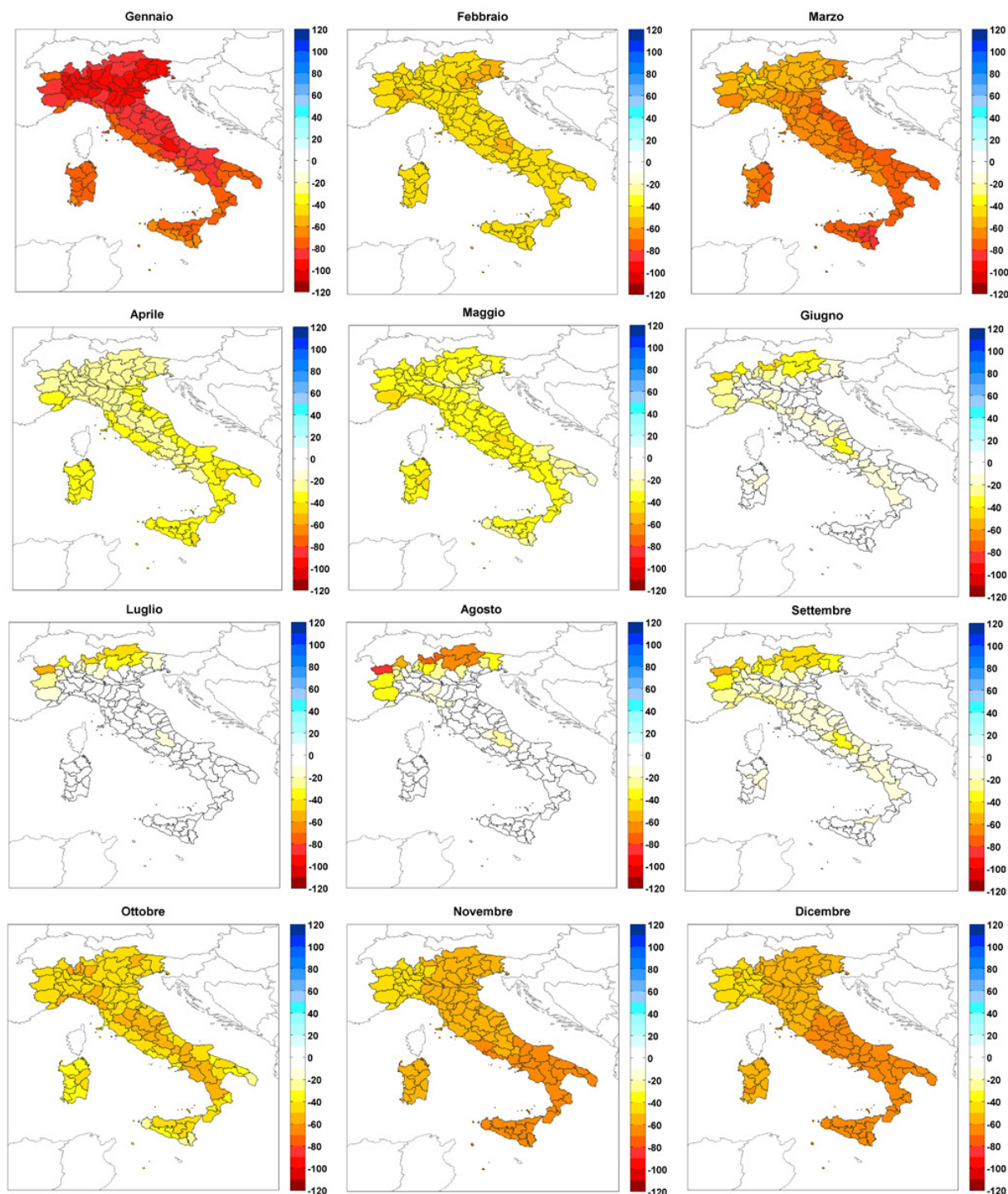


Figura 12 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2031-2060 (2045), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.

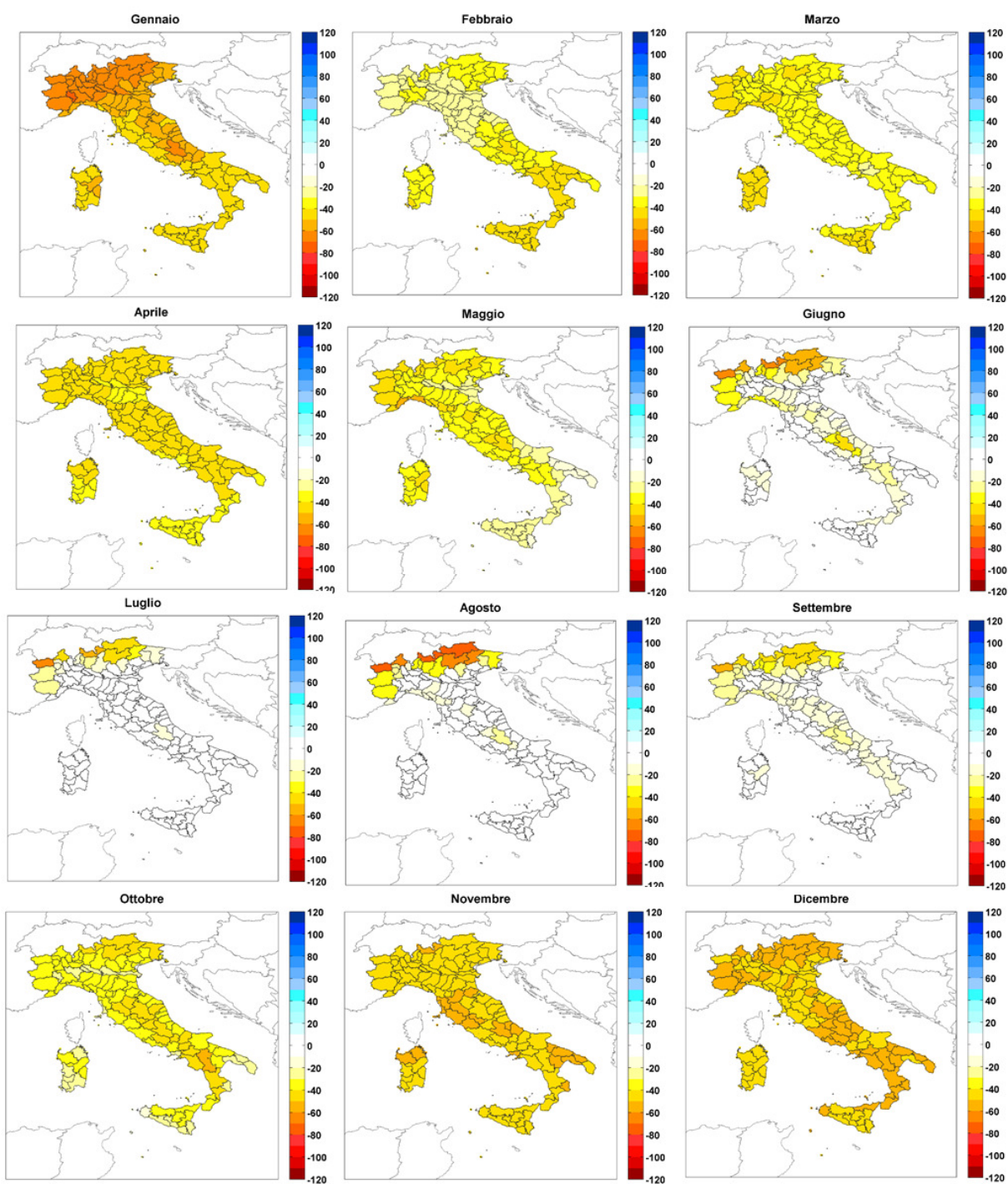


Figura 13 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2036-2065 (2050), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP4.5.

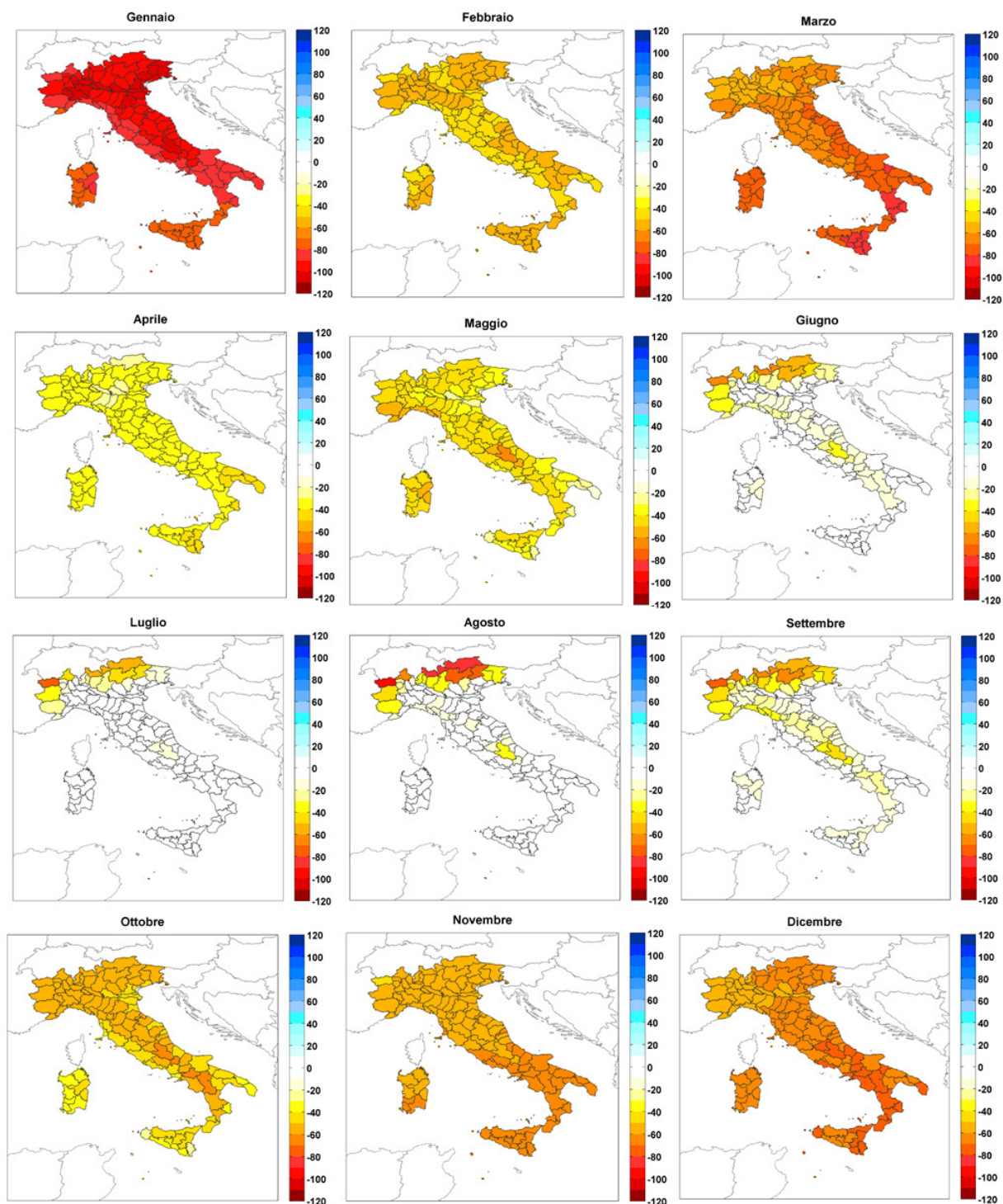


Figura 14 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2036-2065 (2050), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 per lo scenario RCP8.5.

Dall'analisi dei risultati, si osserva per lo scenario RCP4.5 una riduzione globale dell'indice HDD, ad esclusione del mese di Febbraio, per il quale si assiste ad un incremento dell'indice HDD che interessa il Nord Italia. Tuttavia, tale comportamento risulta essere sempre più evidente per i periodi futuri più lontani dal periodo di riferimento. Lo scenario RCP8.5, invece, risulta qualitativamente simile rafforzando i risultati del precedente. Nel caso dello scenario RCP8.5, si osserva per ogni mese incluso Febbraio, una riduzione dell'indice HDD. Per facilitare il confronto tra i due scenari considerati, nelle Figure Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19 vengono mostrate le distribuzioni spaziali delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali dei diversi periodi futuri considerati (2016-2045, 2021-2050, 2026-2055, 2031-2060, 2036-2065). Lo scenario RCP8.5 proietta una riduzione significativa dei gradi giorni di riscaldamento che riguarda principalmente i mesi di Dicembre e Gennaio.

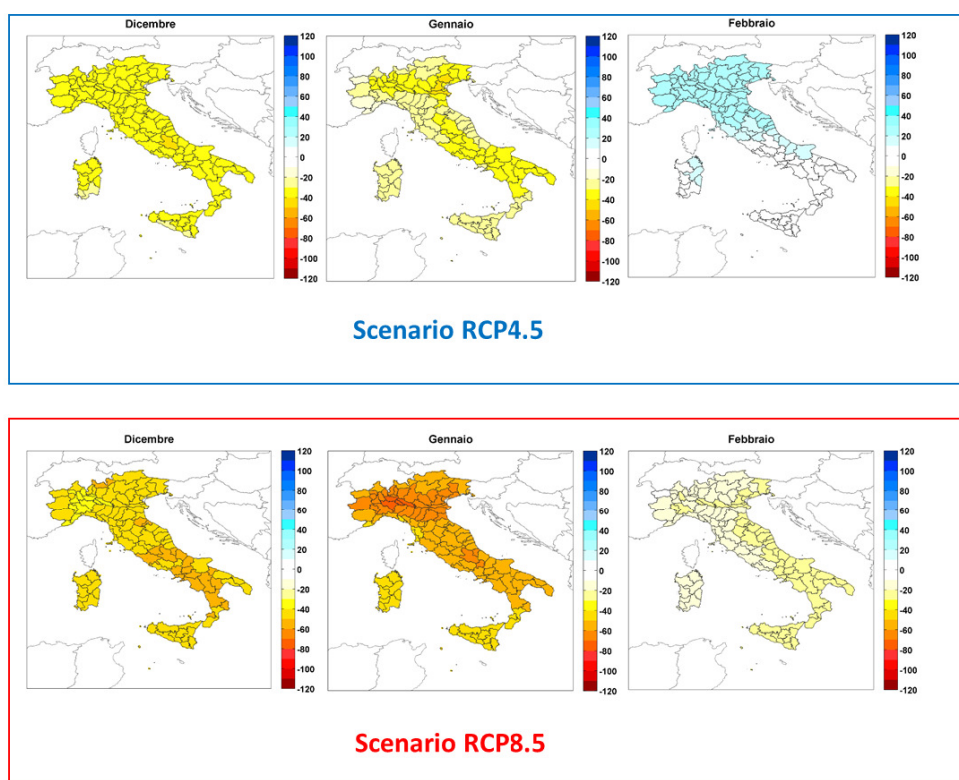


Figura 15 – Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2016-2045 (2030), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

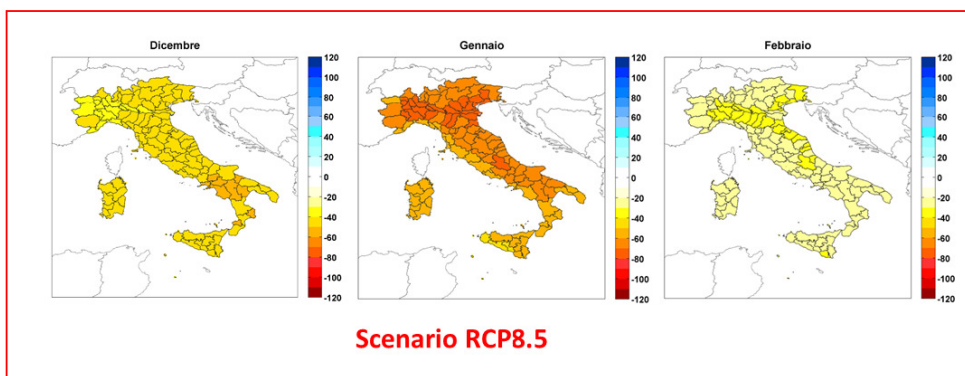
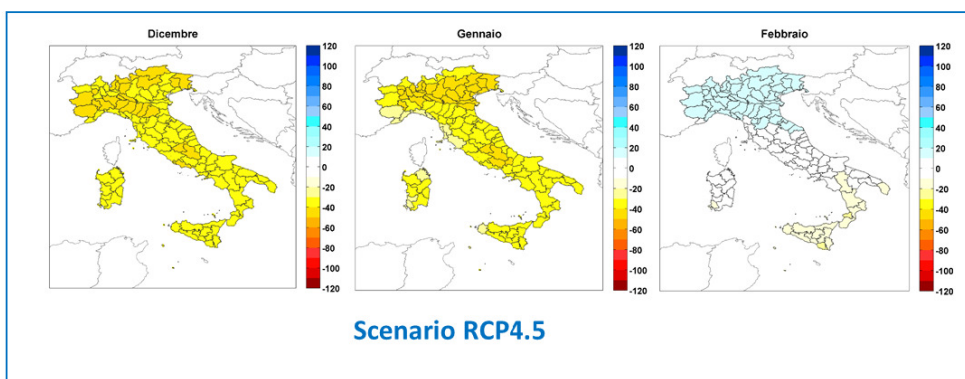


Figura 16 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2021-2050 (2035), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

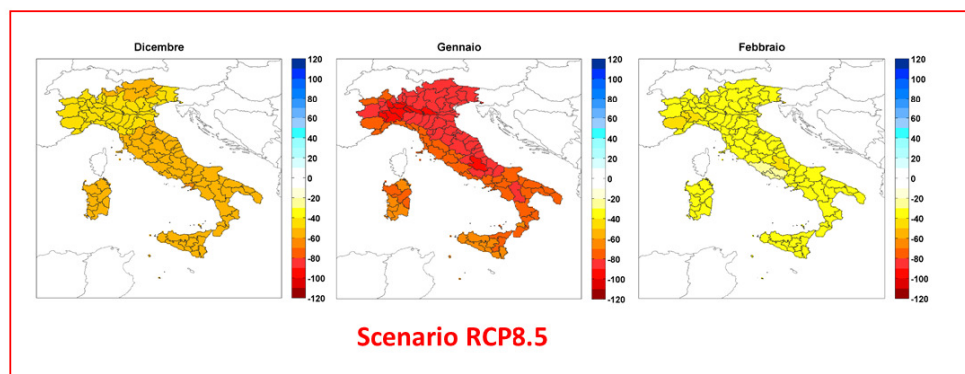
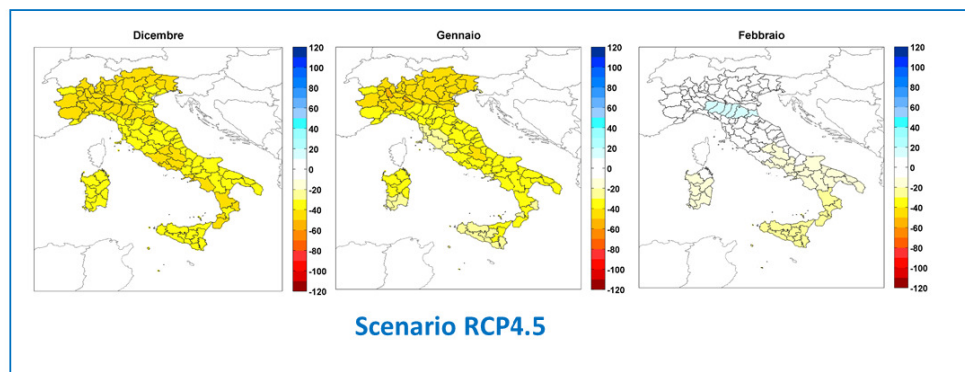


Figura 17 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2026-2055 (2040), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

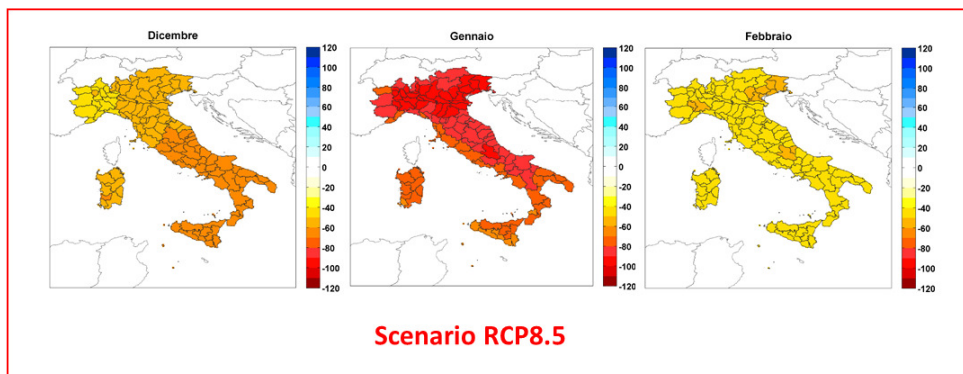
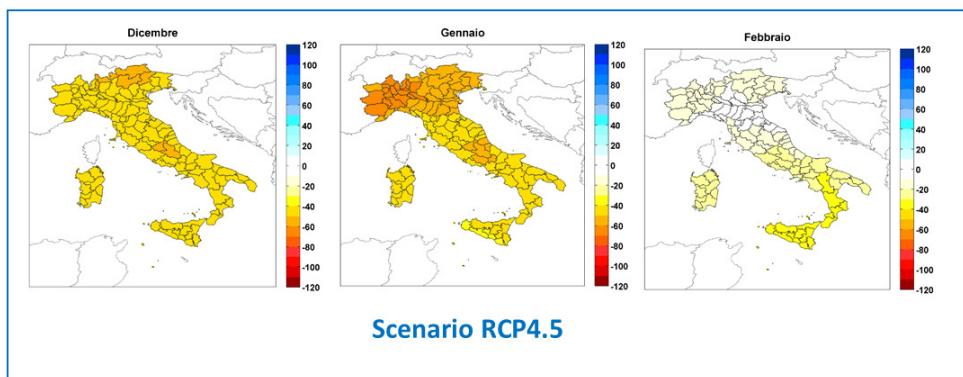


Figura 18 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2031-2060 (2045), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

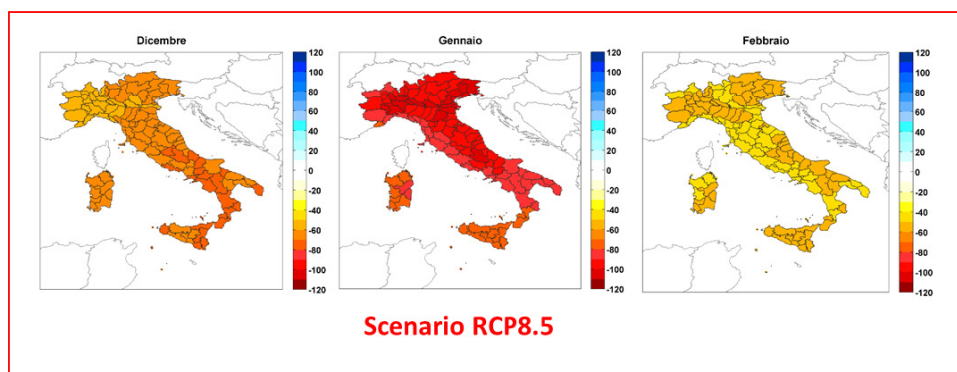
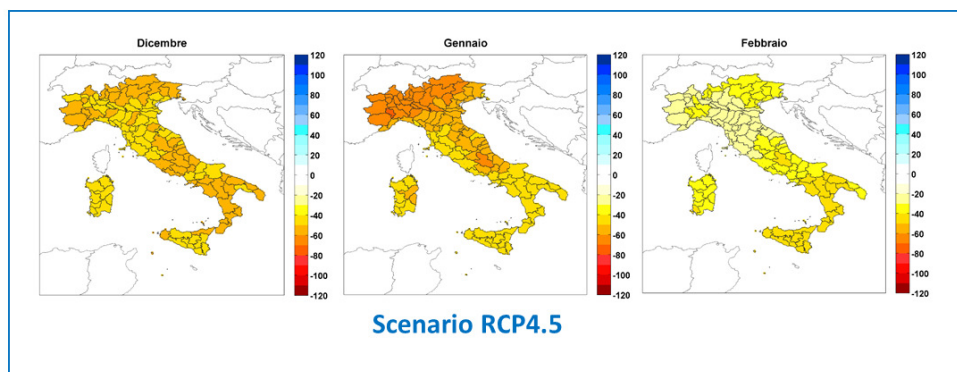


Figura 19 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2036-2065 (2050), rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

1.2.2. Anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale

Come ultimo risultato, vengono mostrate le anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per i diversi trentenni futuri selezionati. In particolare nelle Figure Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24 vengono illustrati solo i mesi per i quali si osservano anomalie significative dell'indice in questione. Tali mesi sono Giugno, Luglio, Agosto e Settembre.

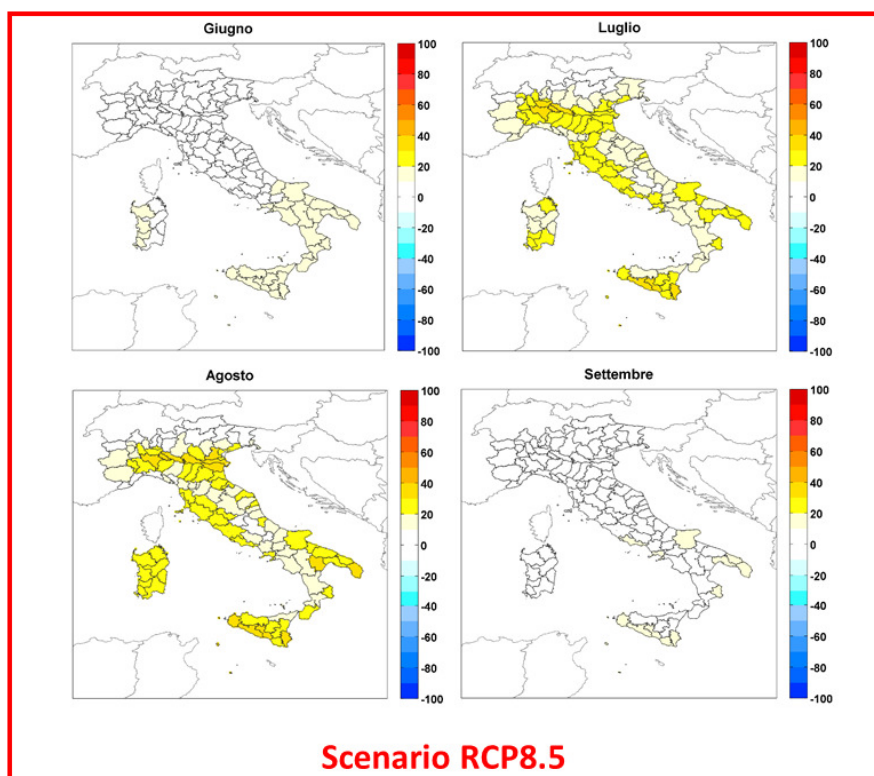
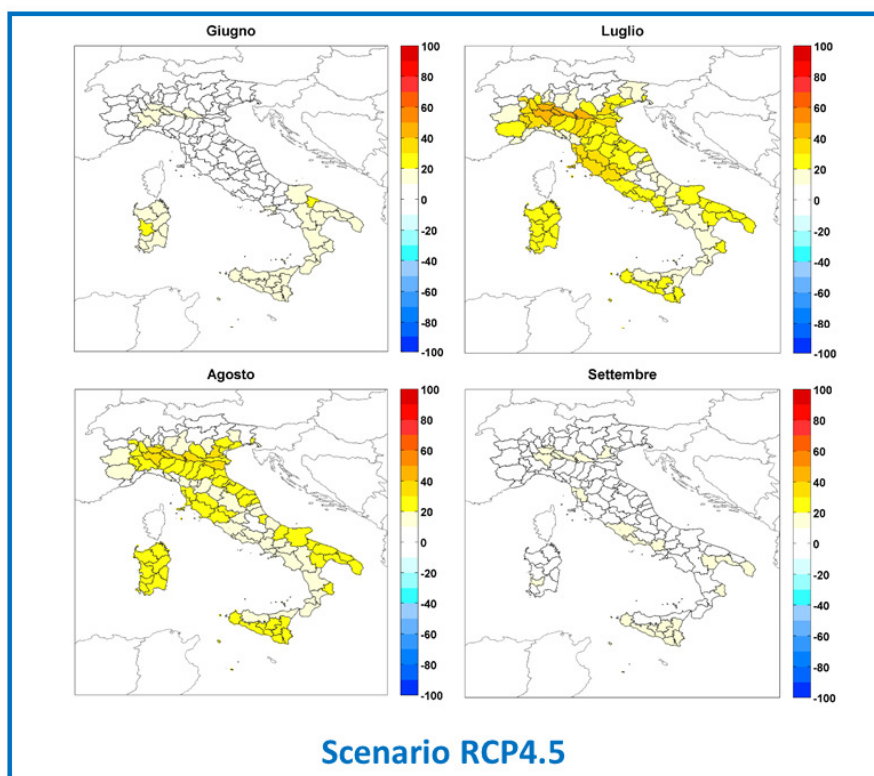


Figura 20 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2016-2045 (2030) rispetto al periodo di riferimento 1986- 2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

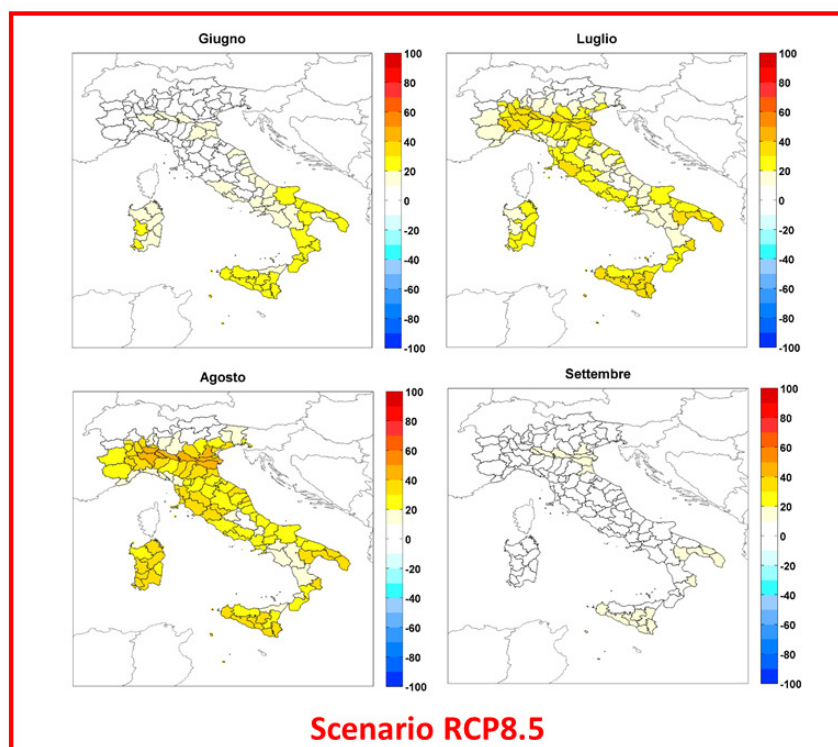
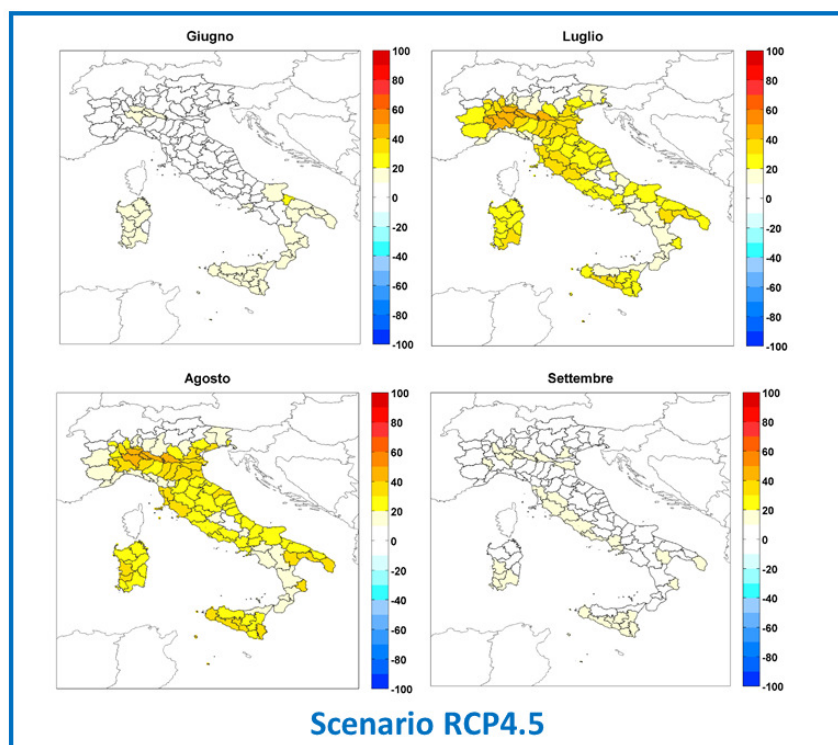


Figura 21 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2021-2050 (2035) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

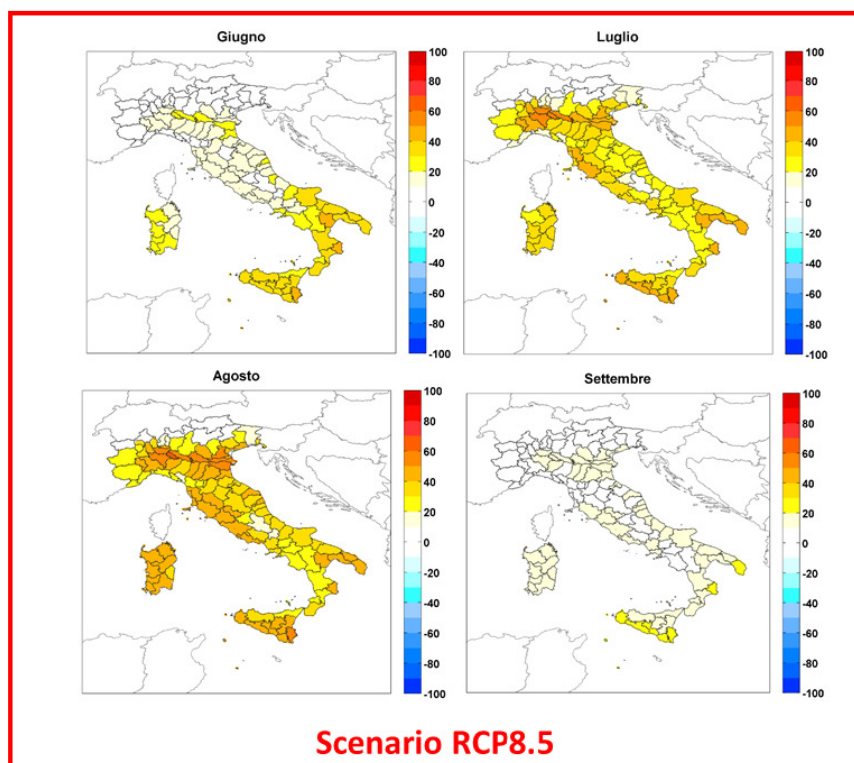
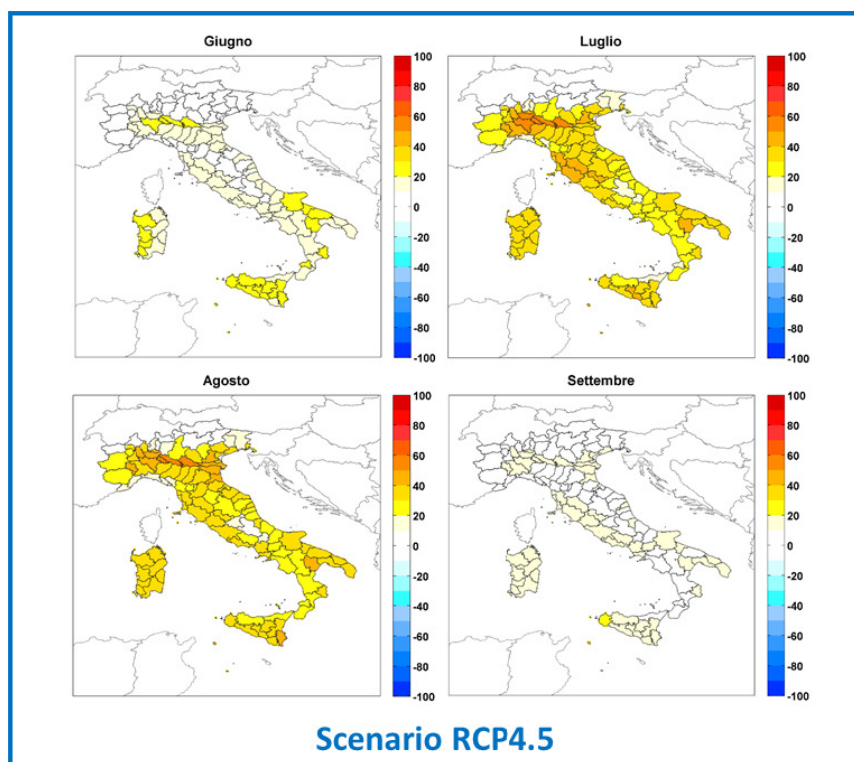


Figura 22 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2026-2055 (2040) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

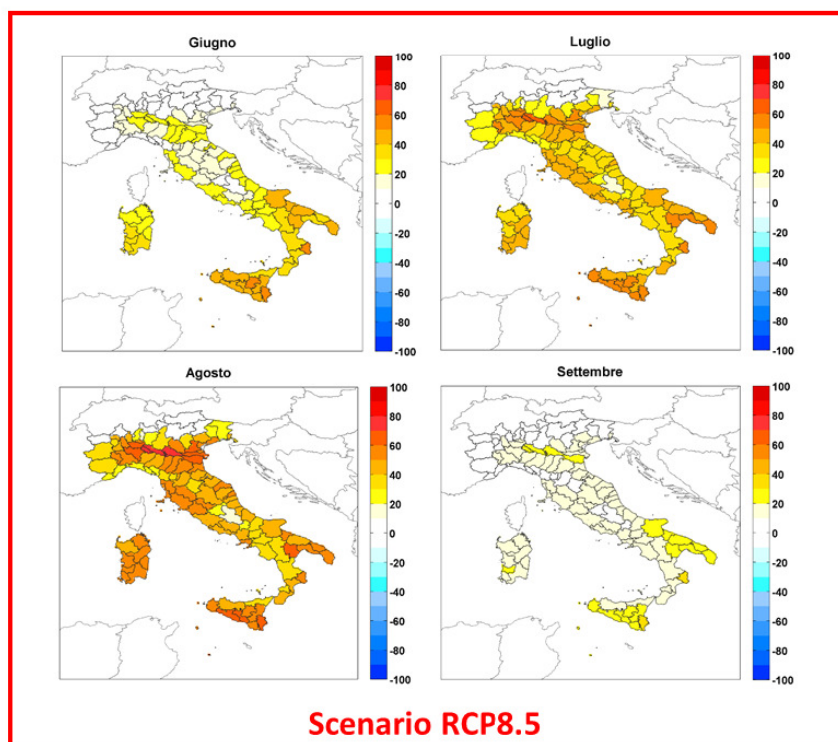
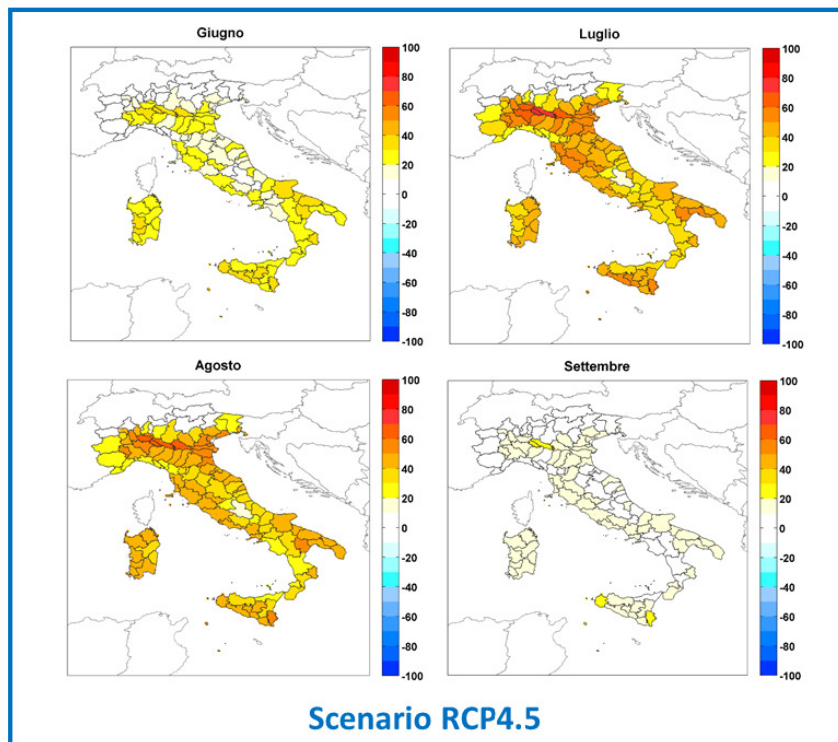


Figura 23 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2031-2060 (2045) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

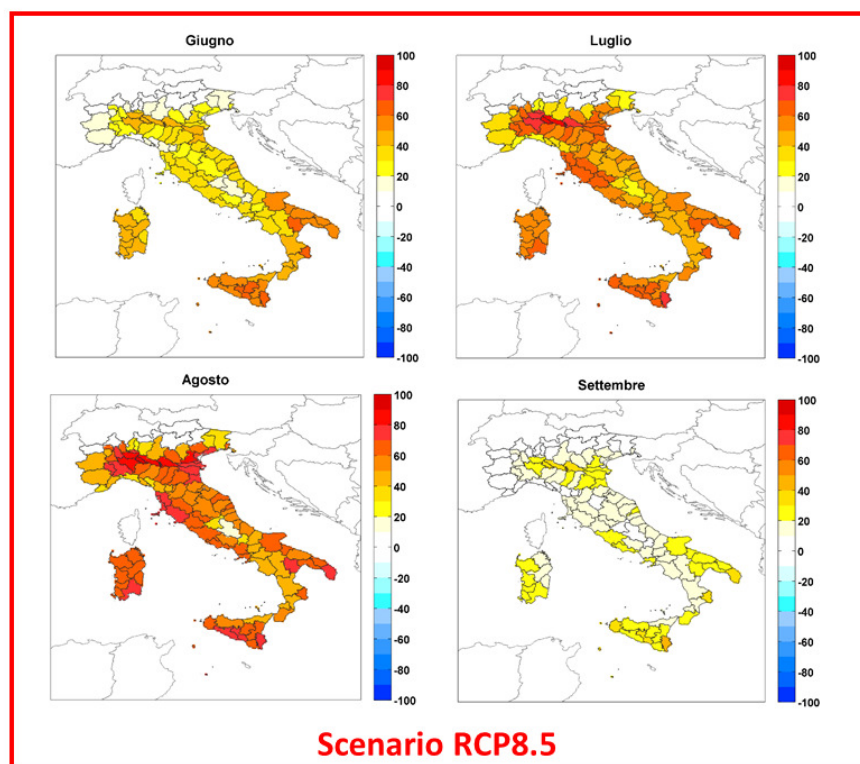
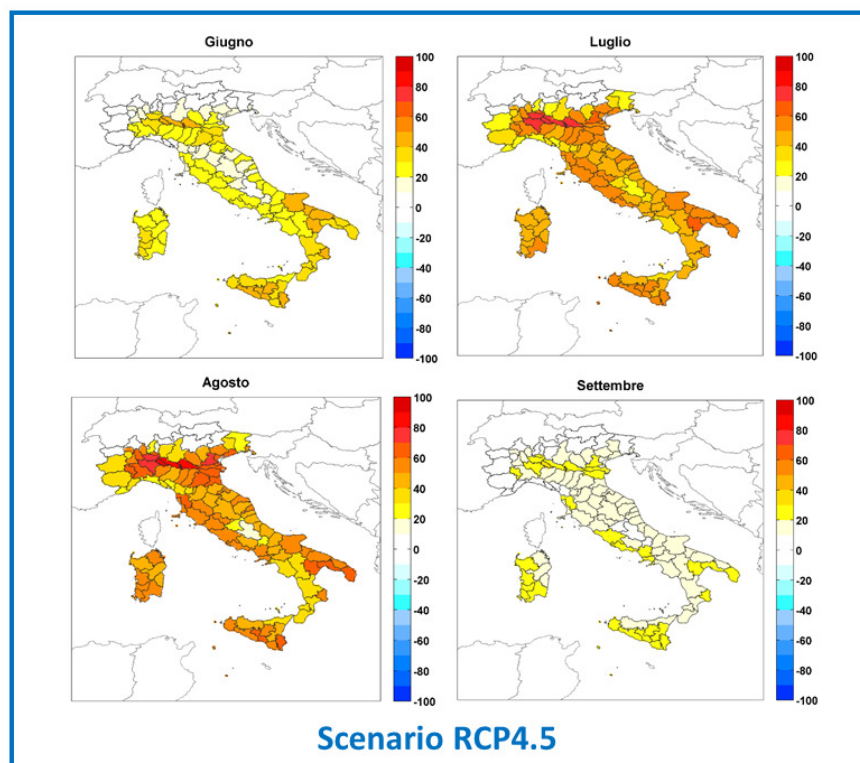


Figura 24 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2036-2065 (2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

2. ANALISI ANOMALIE DEI GRADI GIORNI SU QUINDICENNI FUTURI

In quest'ultimo paragrafo, sono state valutate le anomalie dei gradi giorno di riscaldamento (HDD) e di raffrescamento (CDD) su cinque quindicenni futuri di interesse rispetto al periodo di riferimento 2000-2015. La lunghezza di tale periodo è stata concordata all'interno del gruppo di lavoro, per conformarsi alla lunghezza del periodo analizzato per le osservazioni. I quindicenni futuri selezionati sono i seguenti:

- ✓ 2023-2037 (centrato sull'anno 2030)
- ✓ 2028-2042 (centrato sull'anno 2035)
- ✓ 2033-2047 (centrato sull'anno 2040)
- ✓ 2038-2052 (centrato sull'anno 2045)
- ✓ 2043-2057 (centrato sull'anno 2050)

In maniera del tutto analoga a quanto fatto nel paragrafo 1, sono state ottenute le anomalie annuali e le anomalie mensili su scala provinciale dei gradi giorno di riscaldamento e di raffrescamento.

2.1. Anomalie annuali dei gradi giorno

2.1.1. Anomalie annuali dell'indice HDD

Le proiezioni climatiche annuali dei gradi giorno di riscaldamento per i cinque periodi futuri considerati, rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 vengono illustrate con scenario RCP4.5 nella Figura 25, mentre con scenario RCP8.5 nella Figura 26.

Nel caso in cui si considerano i quindicenni futuri introdotti in precedenza, i due scenari considerati proiettano andamenti con differenze significative, soprattutto per i periodi futuri più vicini (2023-2037 e 2028-2042). Nel caso dello scenario RCP4.5 si osserva per i primi due periodi futuri un aumento dell'indice HDD che interessa il versante Adriatico mentre per i restanti periodi futuri selezionati si assiste ad un decremento complessivo di tale indicatore che interessa principalmente le zone montane. Lo scenario RCP8.5, mostra per tutti i periodi futuri considerati un decremento complessivo dell'indice, che diventa sempre più significativo nei quindicenni futuri più lontani dal periodo di riferimento.

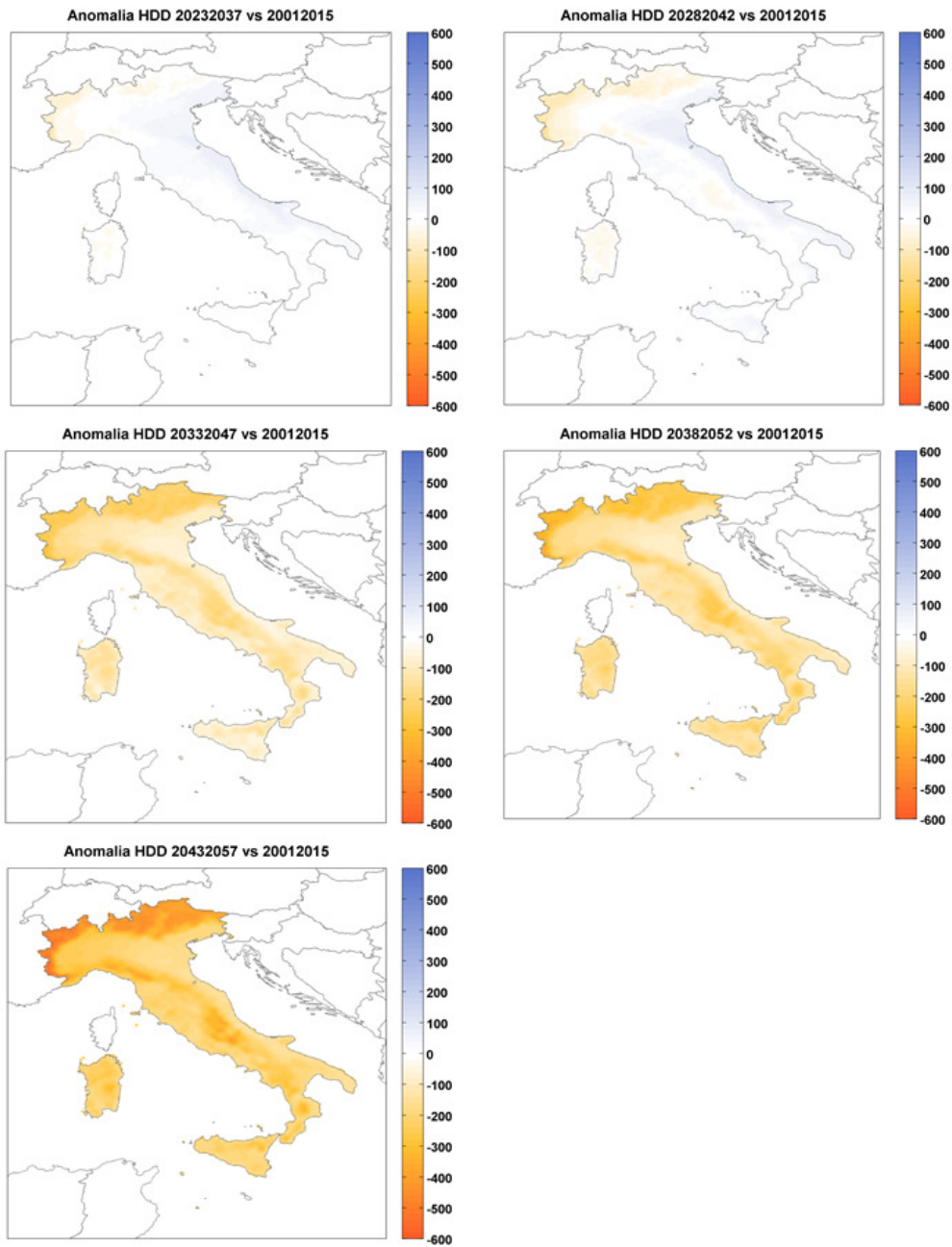


Figura 25 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).

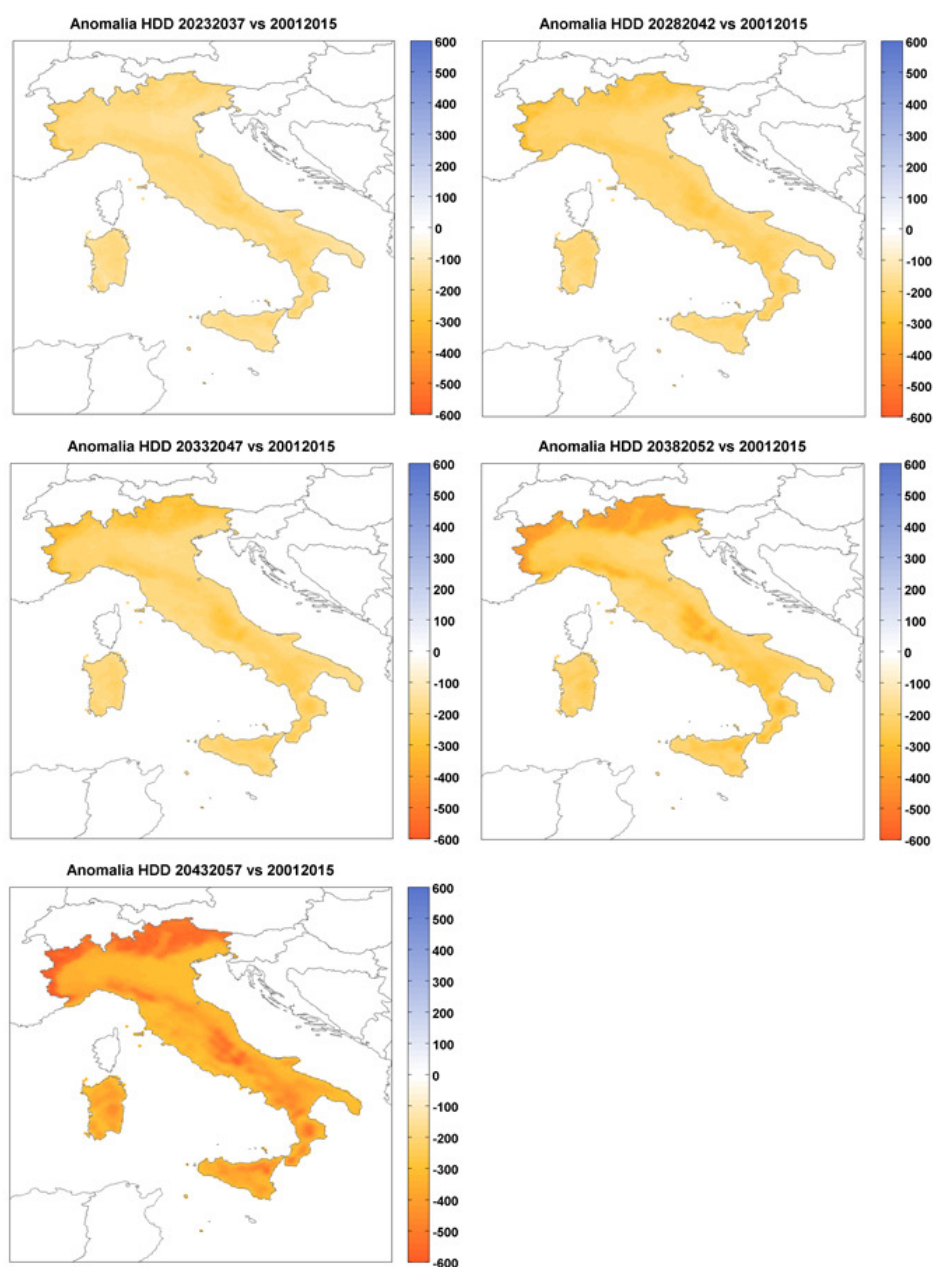


Figura 26 - Mappa delle anomalie dell'indice HDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP8.5).

2.1.2. Anomalie annuali dell'indice CDD

Le anomalie climatiche dell'indice CDD per i cinque periodi futuri selezionati rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, vengono riportate in Figura 27 e in Figura 28 rispettivamente per lo scenario RCP4.5 e RCP8.5. Per questo indicatore, a differenza di HDD, non si notano differenze importanti effettuando l'analisi su un periodo di 30 o 15 anni.

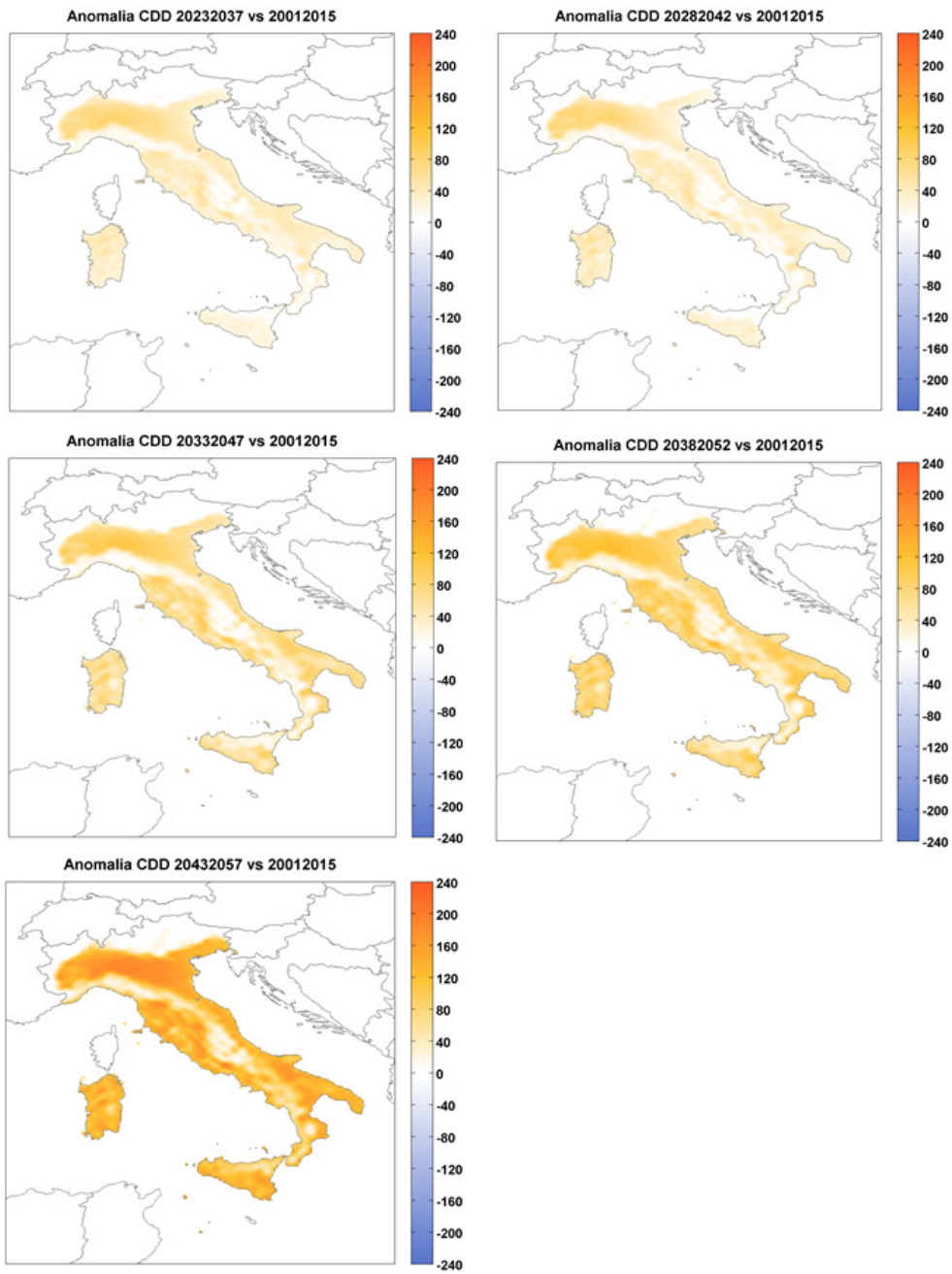


Figura 27- Mappa delle anomalie dell'indice CDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP4.5).

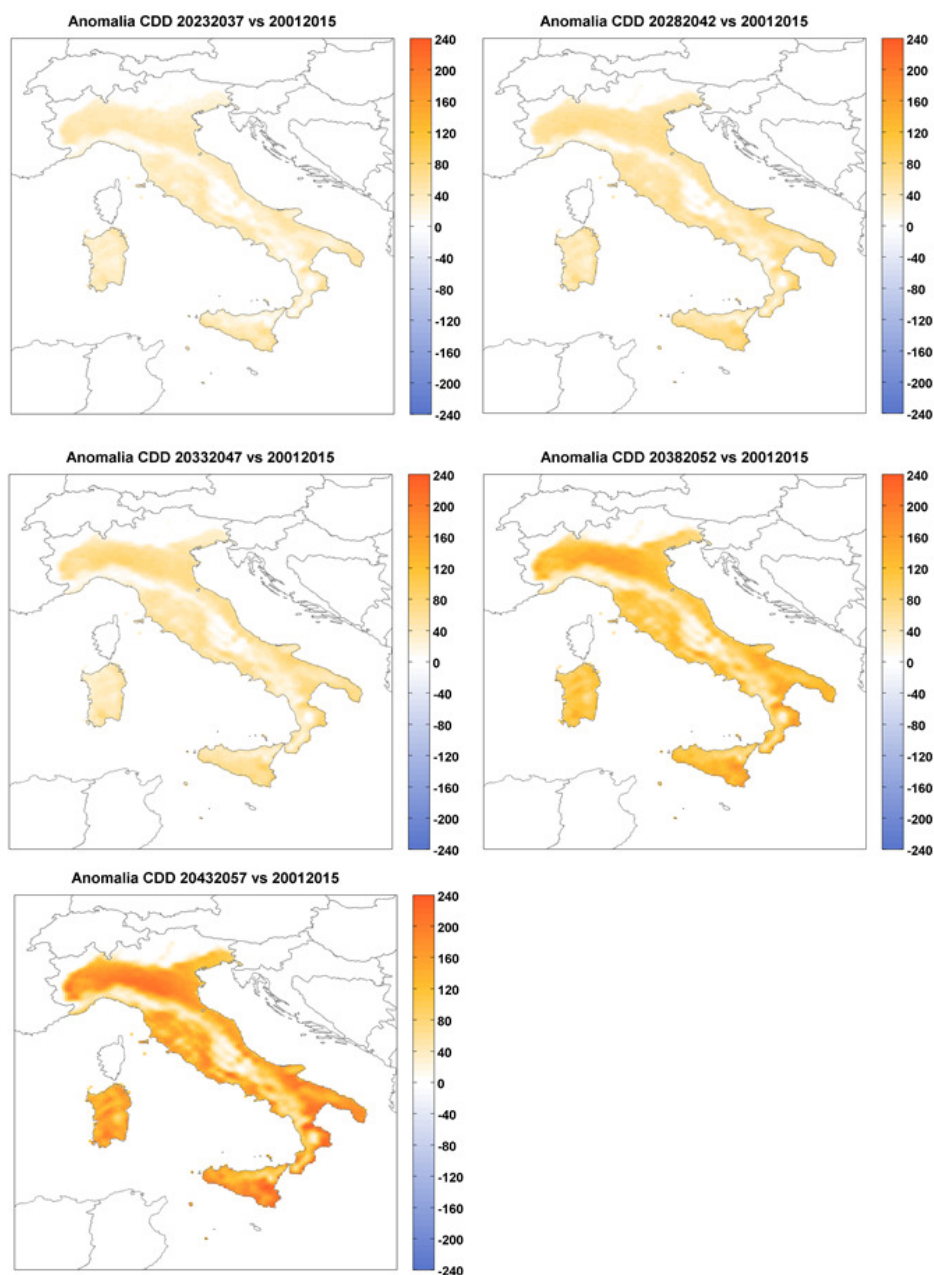


Figura 28 - Mappe delle anomalie dell'indice CDD sui quindicenni futuri di interesse (COSMO RCP8.5).

2.2. Anomalie mensili dei gradi giorno su scala provinciale

2.2.1. Anomalie mensili dell'indice HDD su scala provinciale

Le proiezioni climatiche mensili su scala provinciale dei gradi giorno di riscaldamento per i cinque periodi futuri considerati, rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, ottenute per lo scenario RCP4.5 vengono illustrate nelle Figure Figura 29, Figura 31, Figura 33, Figura

35 Figura 37, mentre per lo scenario RCP8.5 nelle Figure Figura 30, Figura 32, Figura 34, Figura 36 e Figura 38.

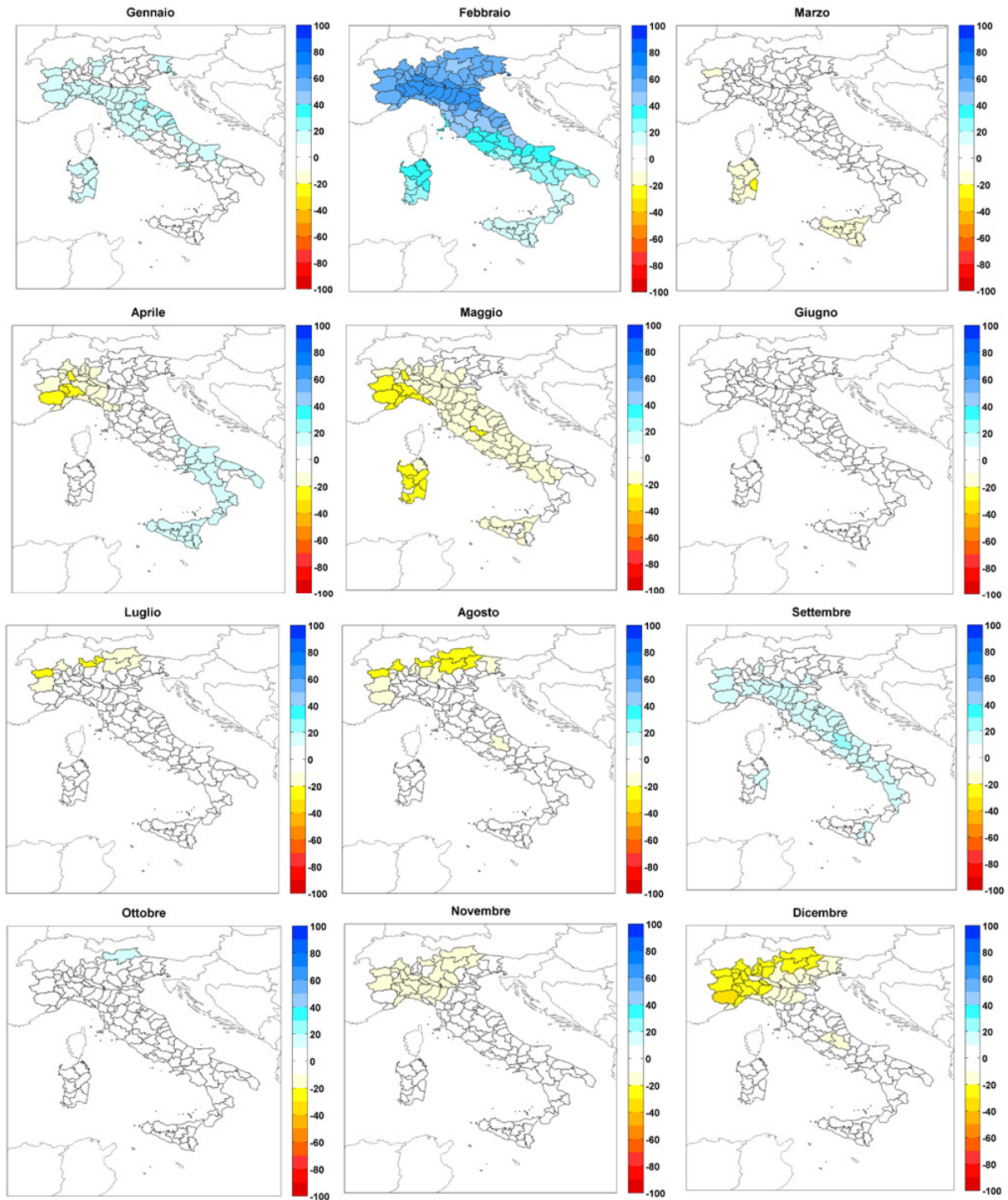


Figura 29 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2023-2037 (2030), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.

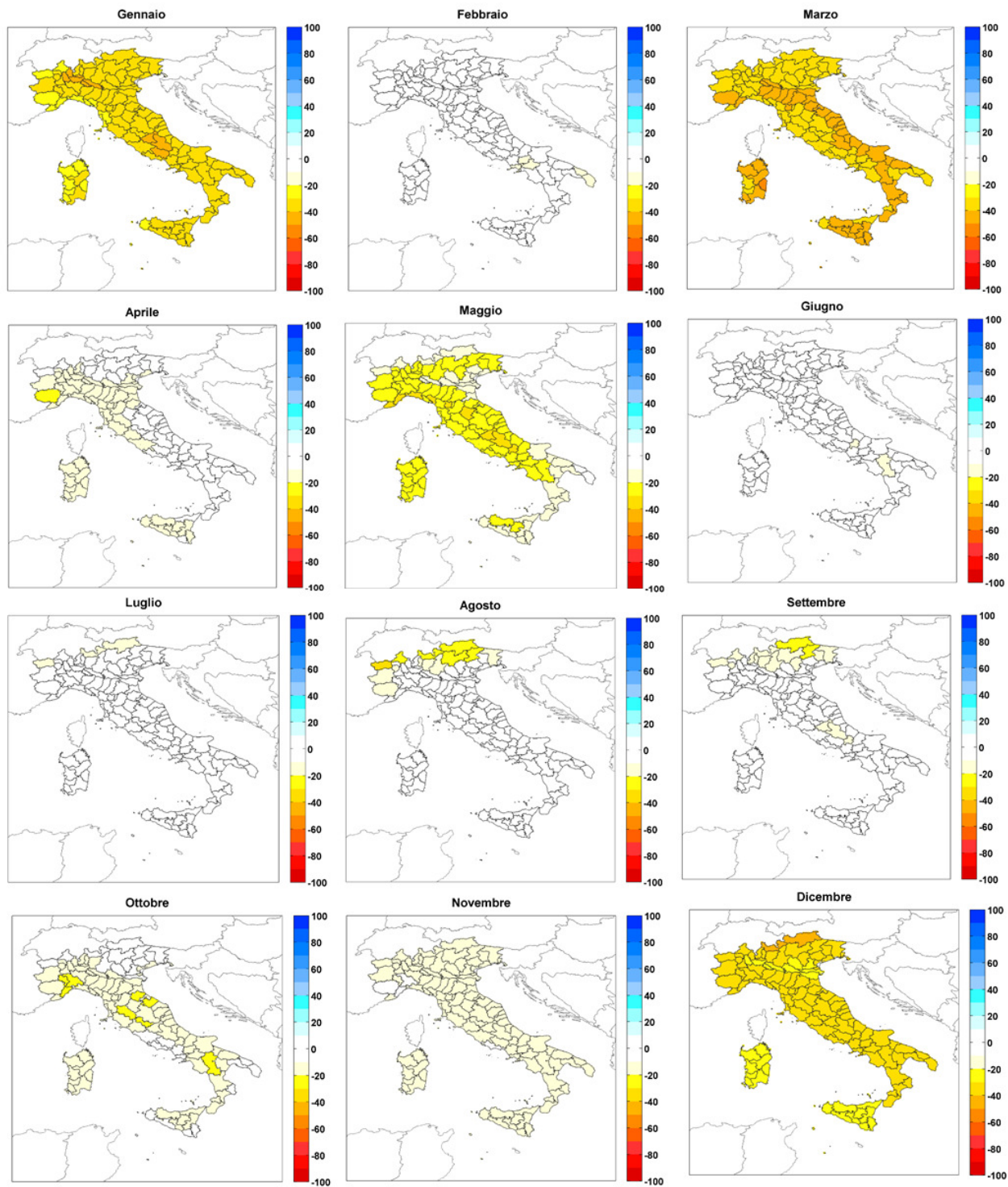


Figura 30 - - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2023-2037 (2030), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.

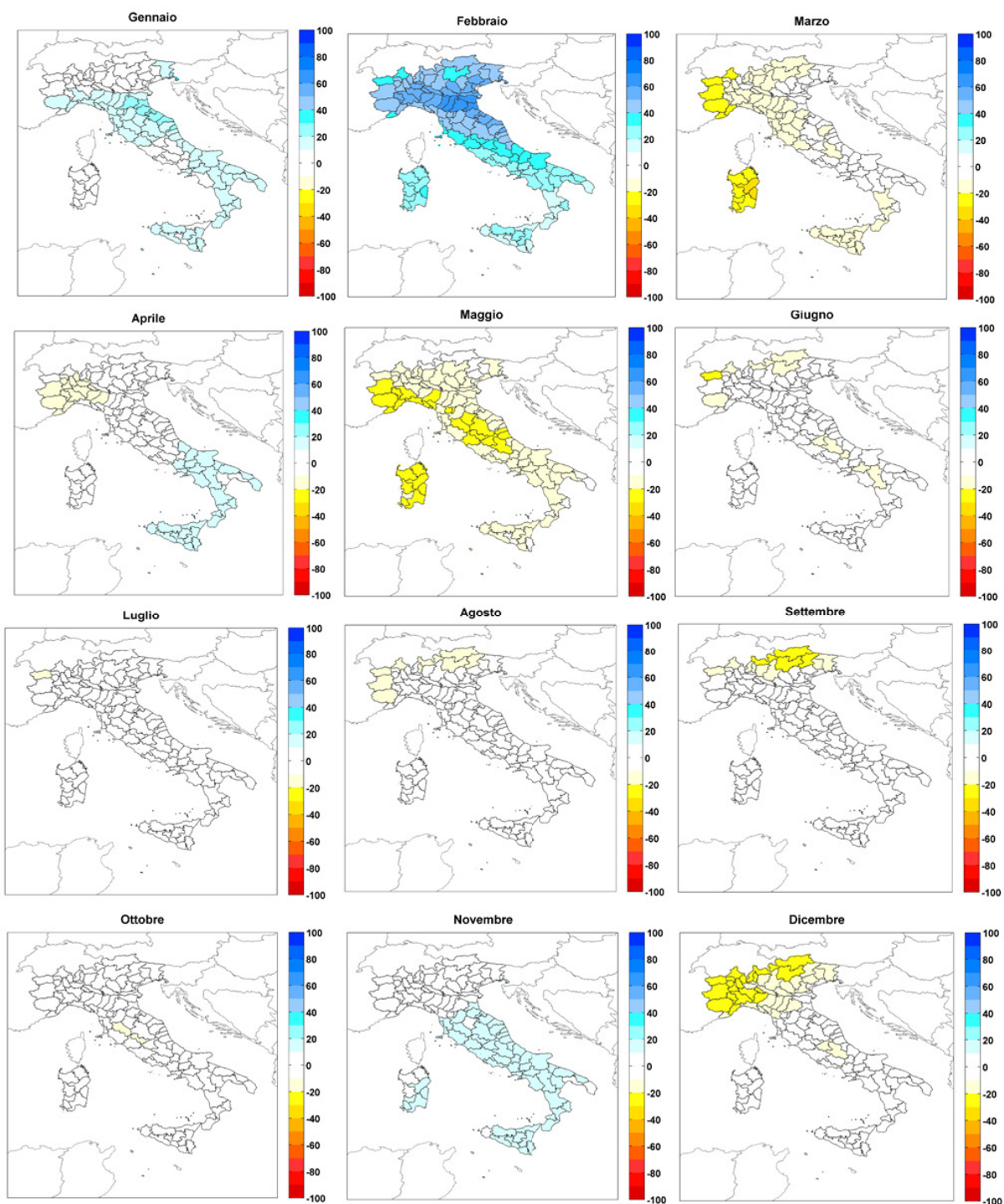


Figura 31 - - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2028-2042 (2035), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.

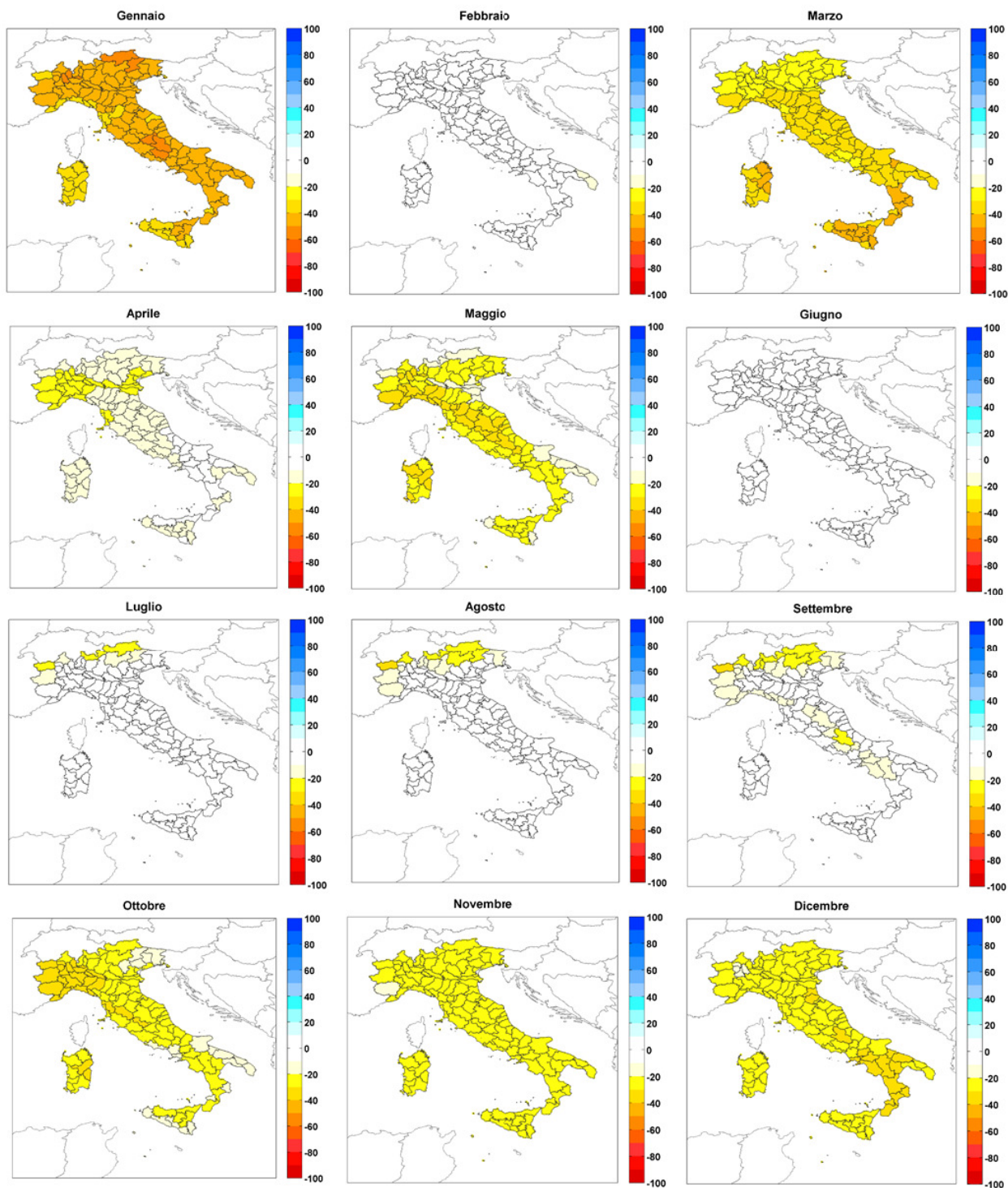


Figura 32 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2028-2042 (2035), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.

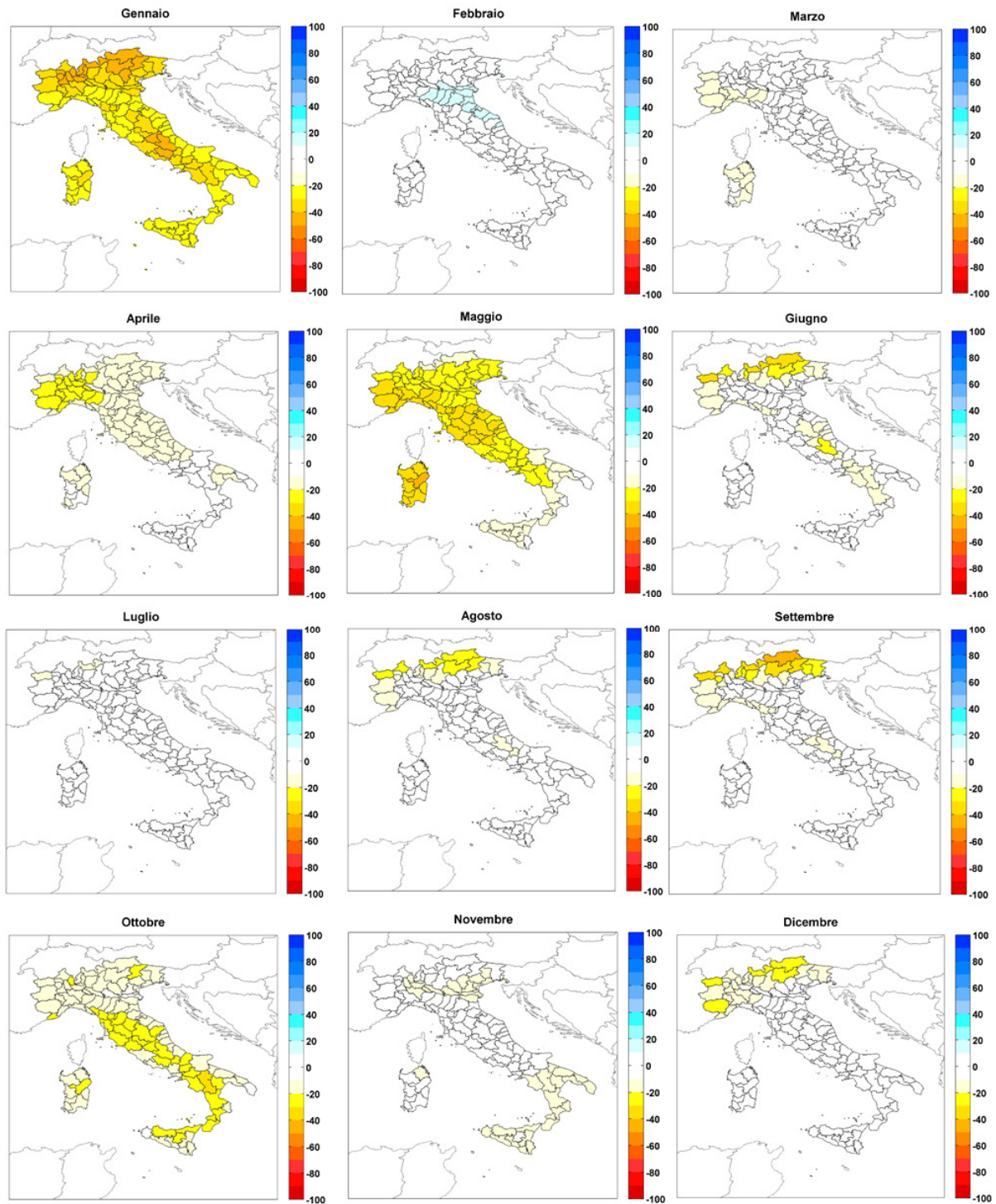


Figura 33 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2033-2047 (2040), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.

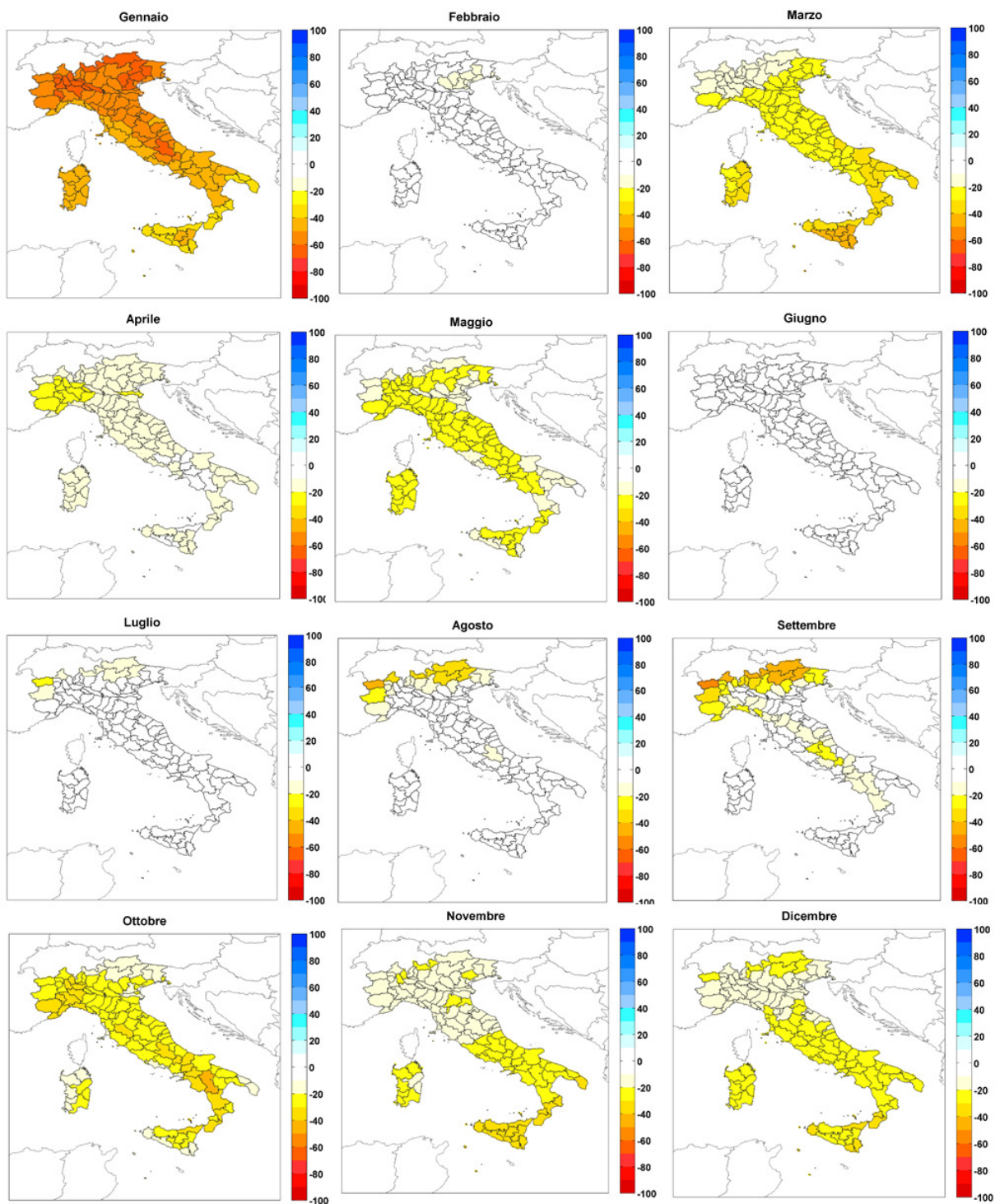


Figura 34 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2033-2047 (2040), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.

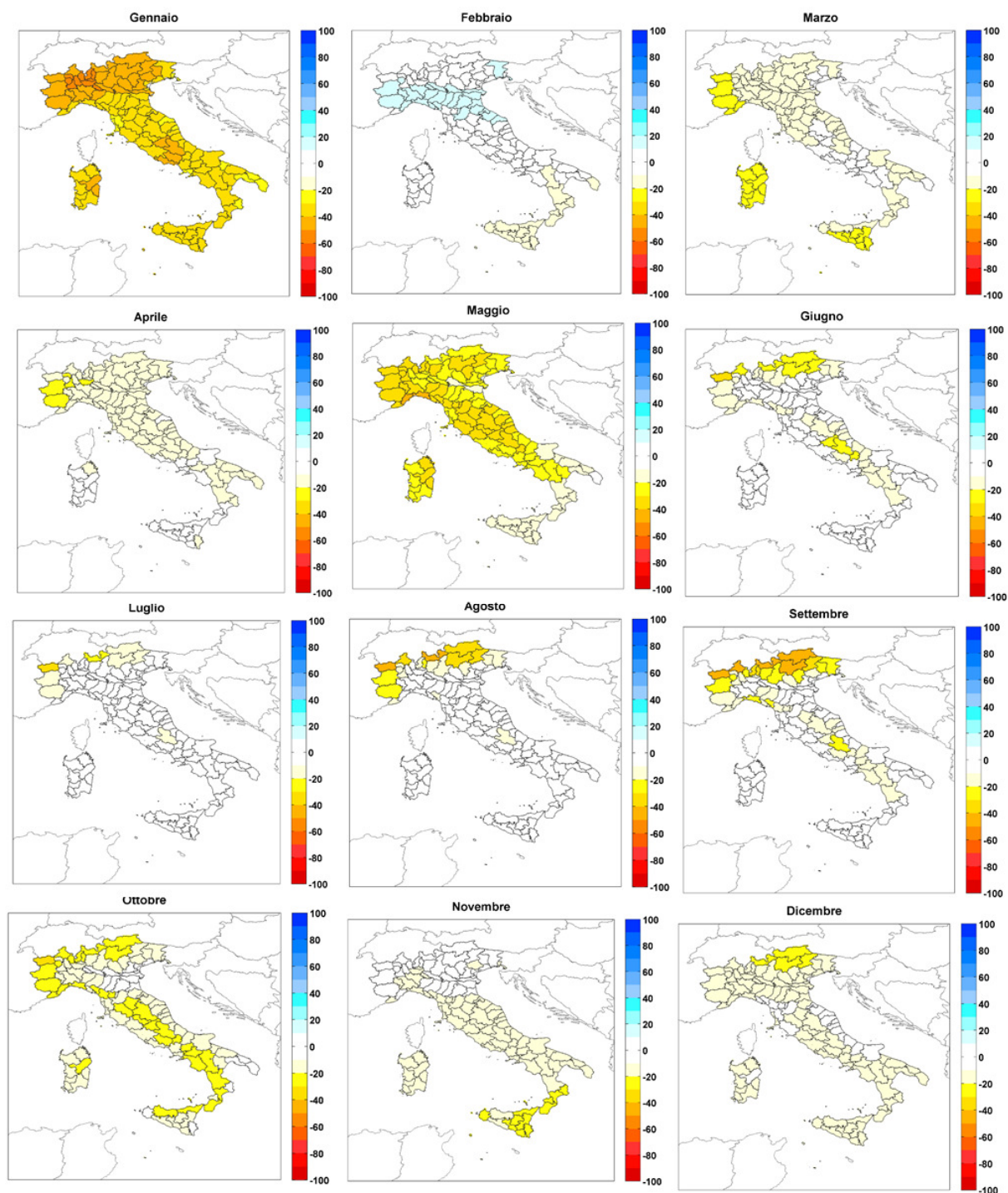


Figura 35 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2038-2052 (2045), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.

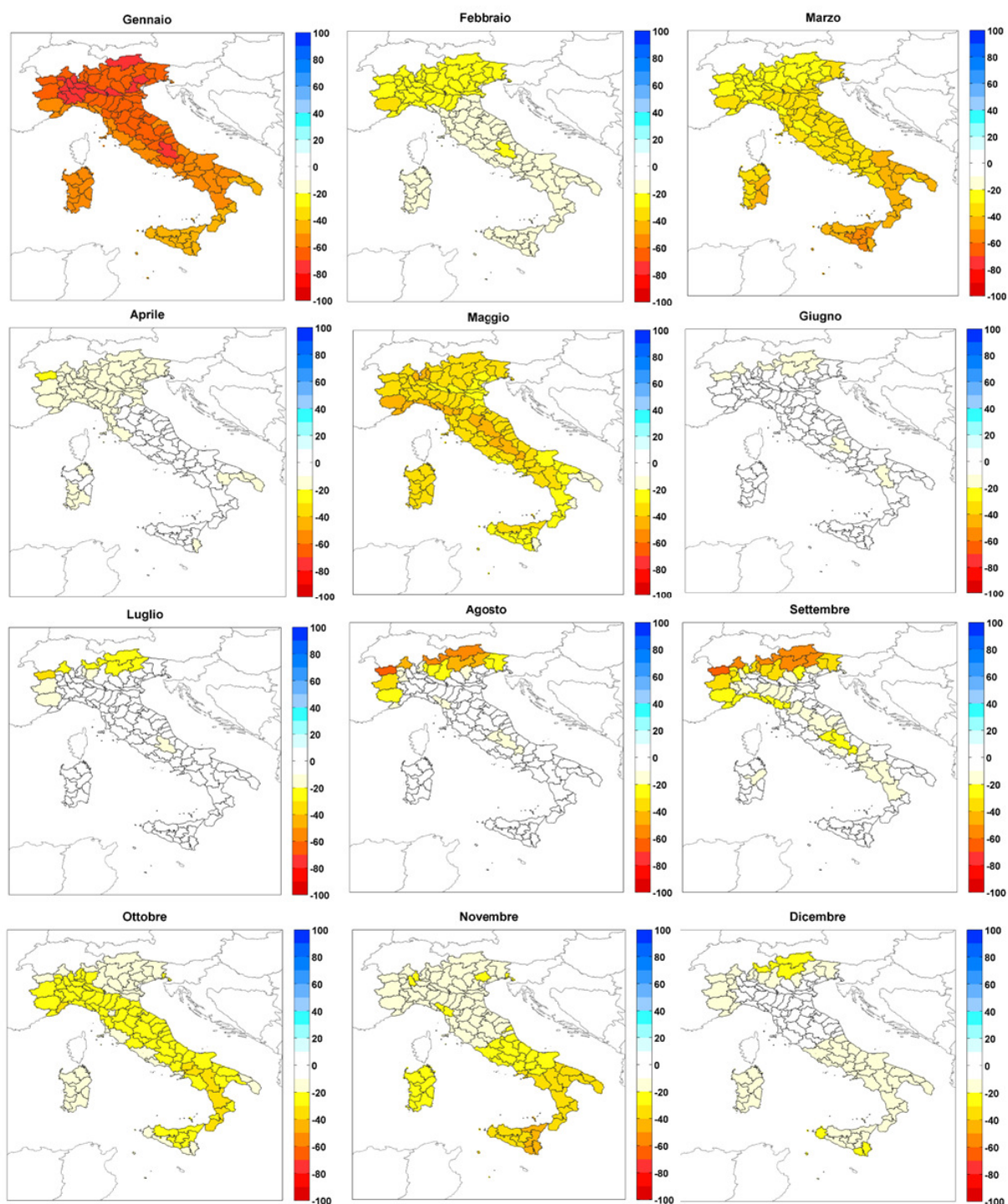


Figura 36 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2038-2052 (2045), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.

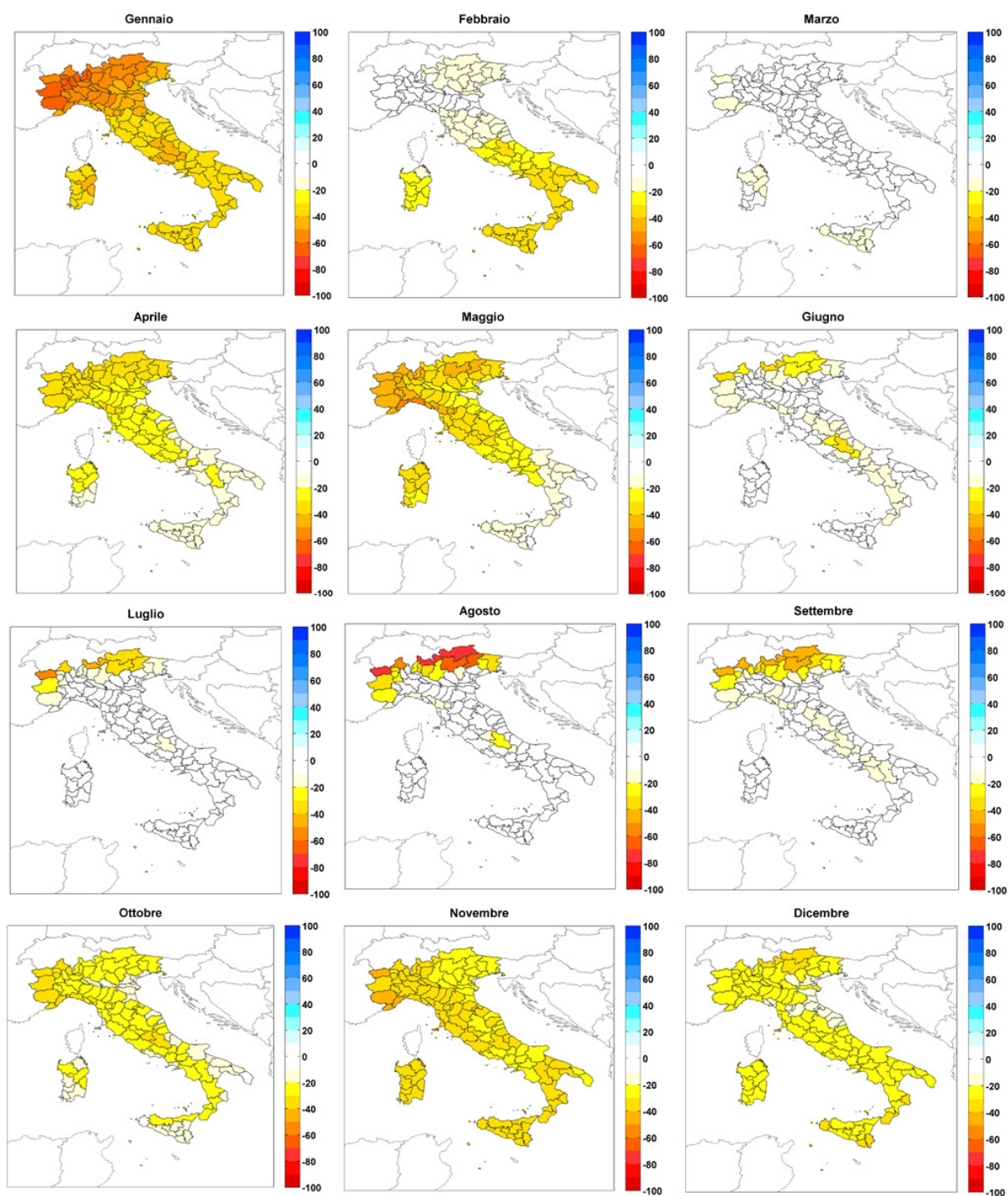


Figura 37 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2043-2057 (2050), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP4.5.

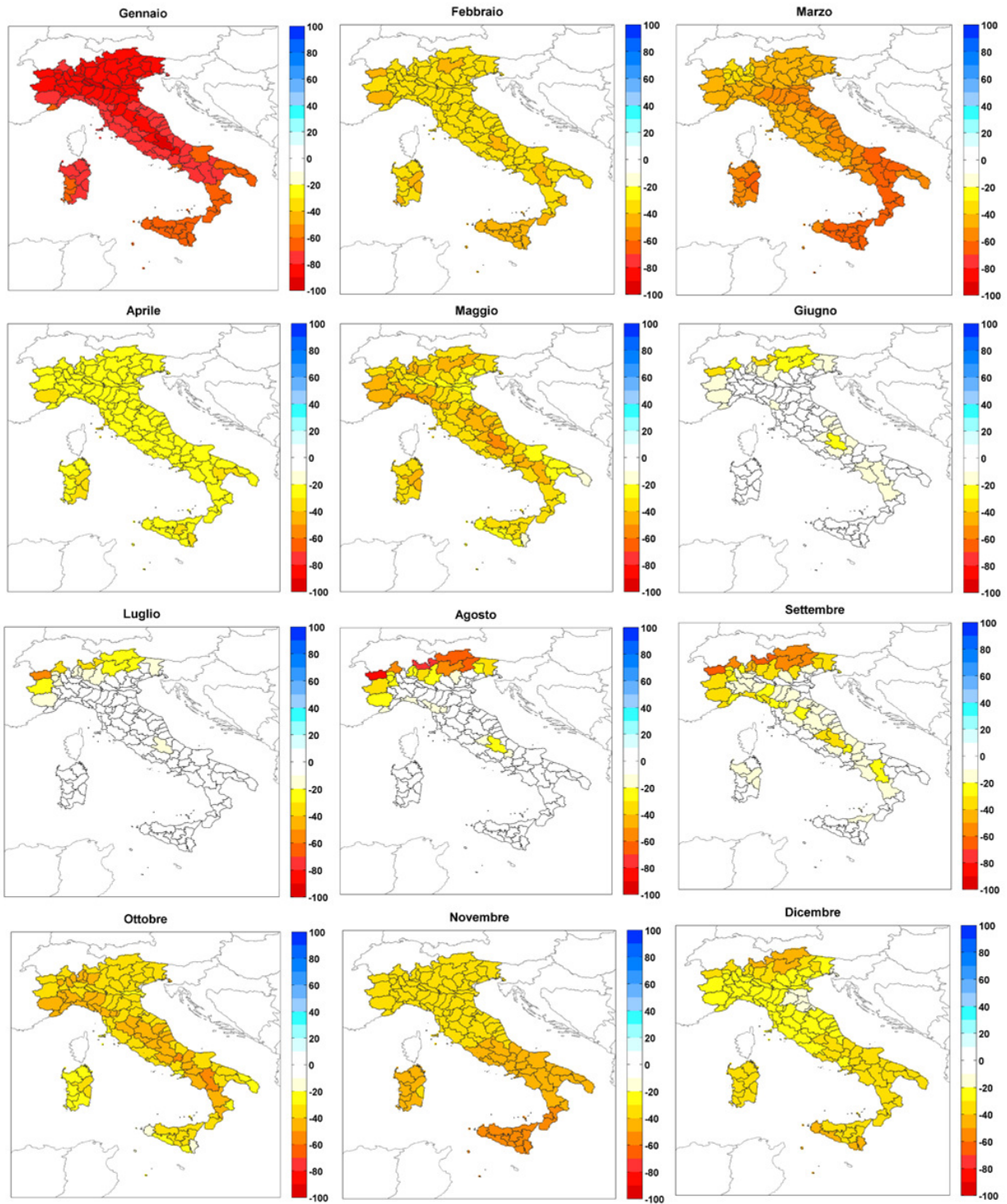


Figura 38 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per il periodo 2043-2057 (2050), rispetto al periodo di riferimento 2001-2015 per lo scenario RCP8.5.

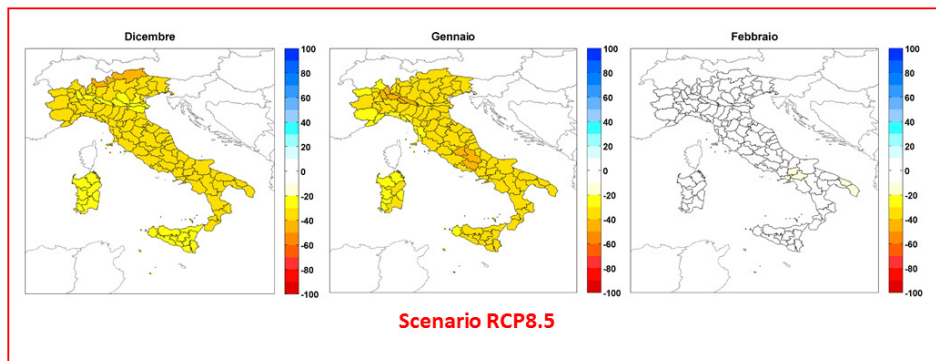
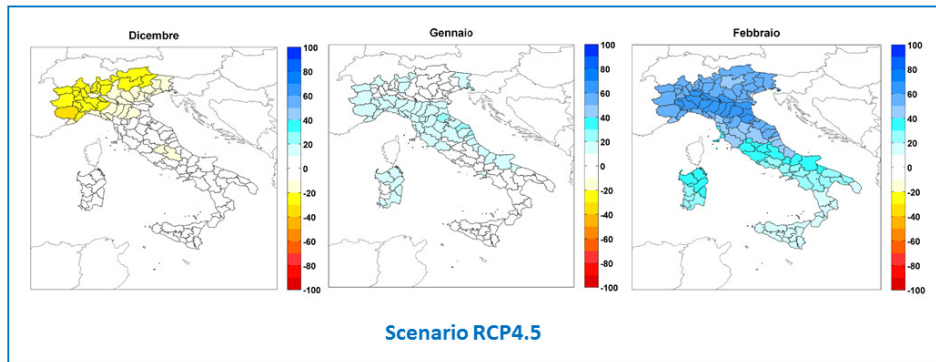


Figura 39 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2023-2037 (2030), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

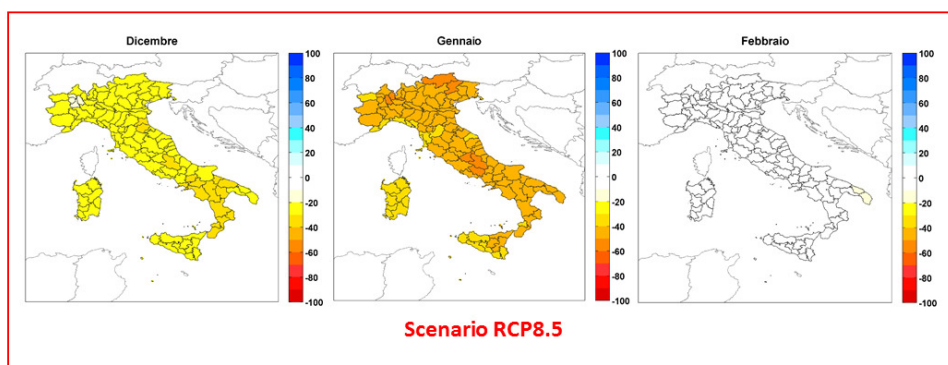
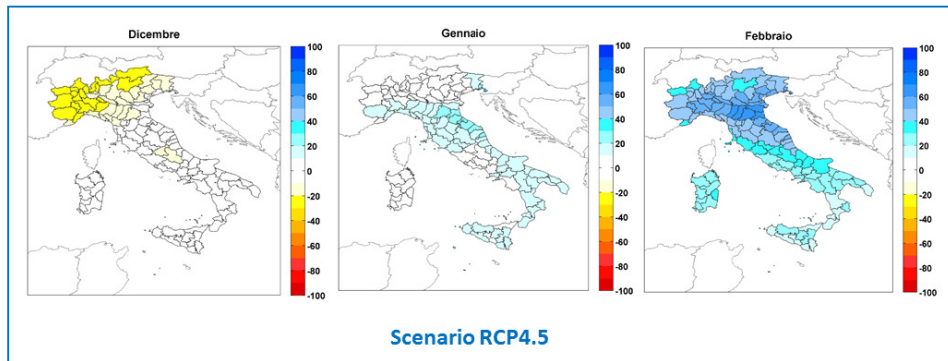


Figura 40 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2028-2042 (2035), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

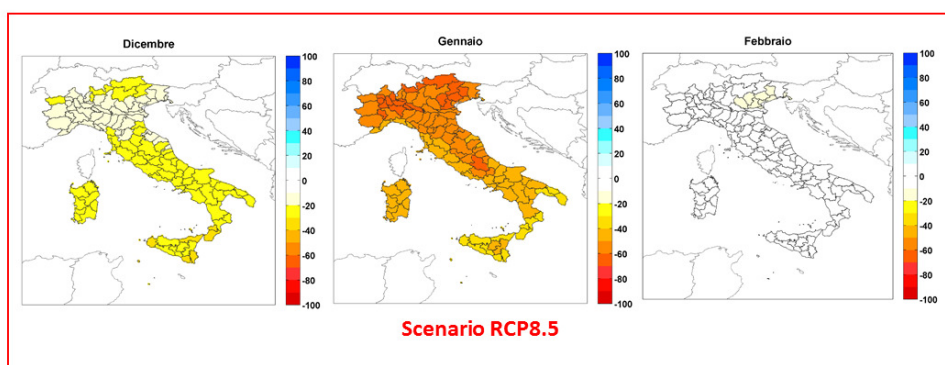
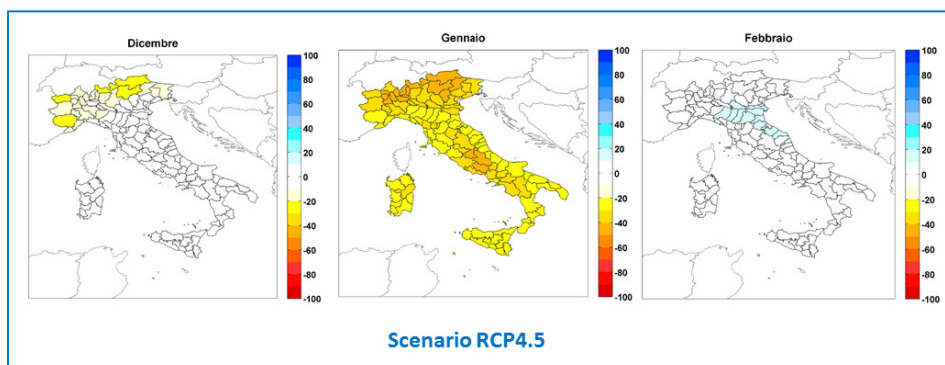


Figura 41 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2033-2047 (2040), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

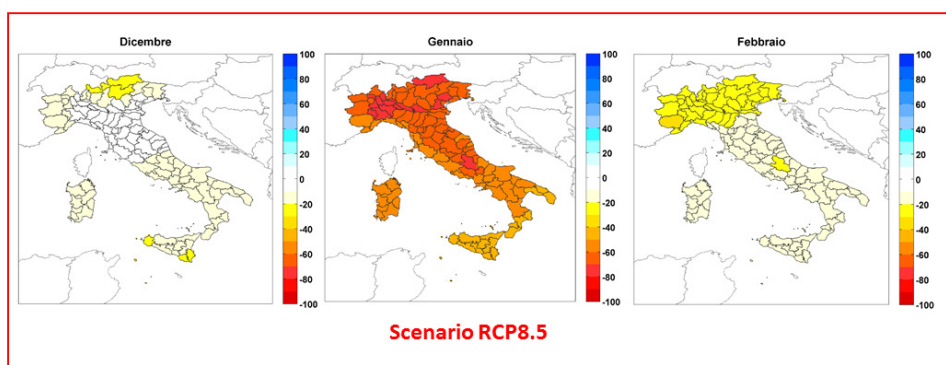
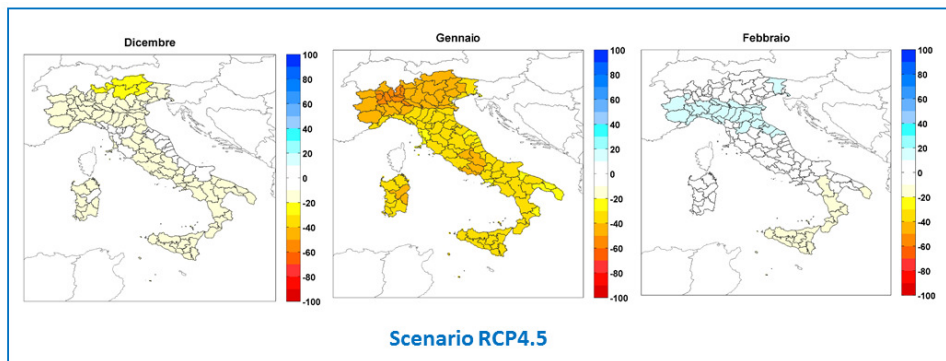


Figura 42 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2038-2052 (2045), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

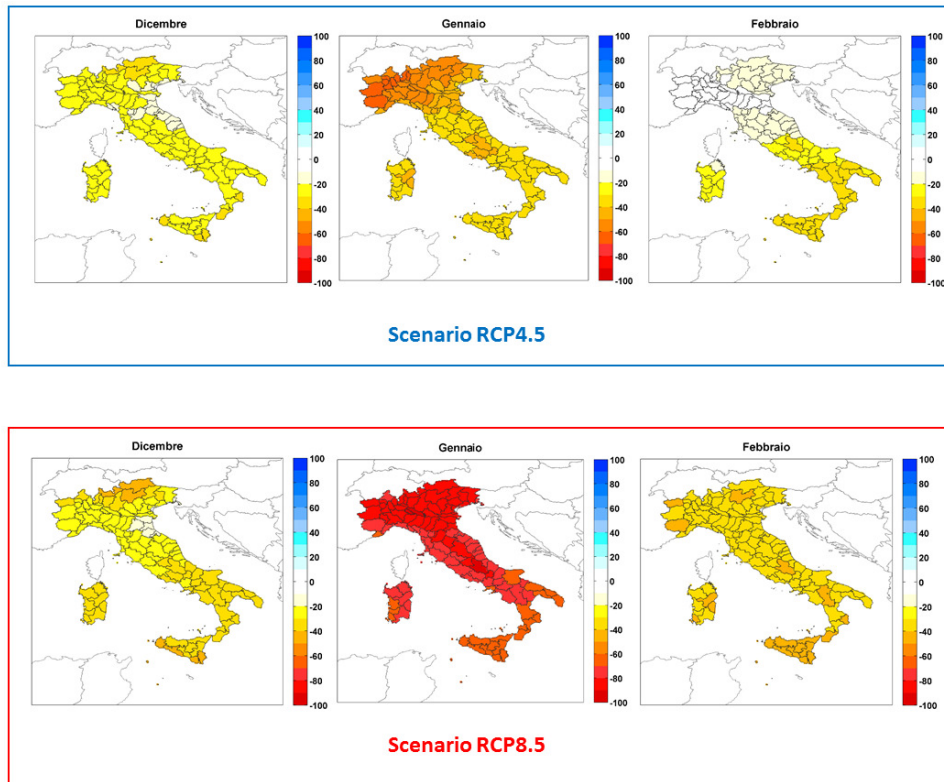


Figura 43 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice HDD per i mesi invernali del periodo 2043-2057 (2050), rispetto al periodo di riferimento 2000-2015, per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5.

2.2.2. Anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale

Come ultimo risultato, vengono mostrate le anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per i diversi trentenni futuri selezionati. In particolare nelle Figure Figura 44, Figura 45, Figura 46, Figura 47 e Figura 48 vengono illustrati solo i mesi per i quali si osservano anomalie significative dell'indice in questione. Tali mesi sono Giugno, Luglio, Agosto e Settembre.

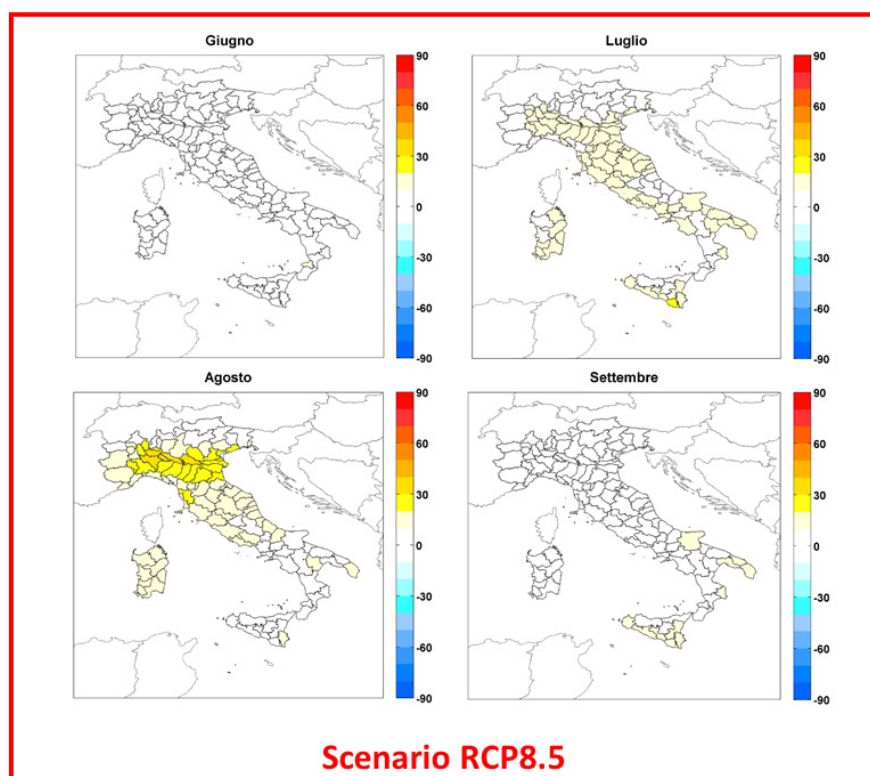
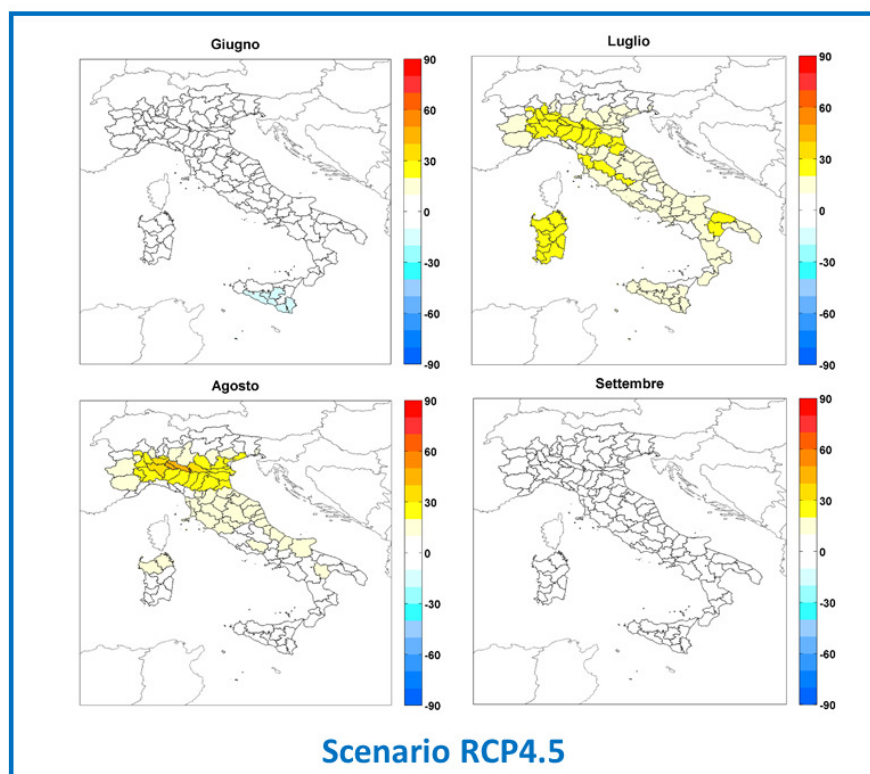


Figura 44 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2023-2037 (2030) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

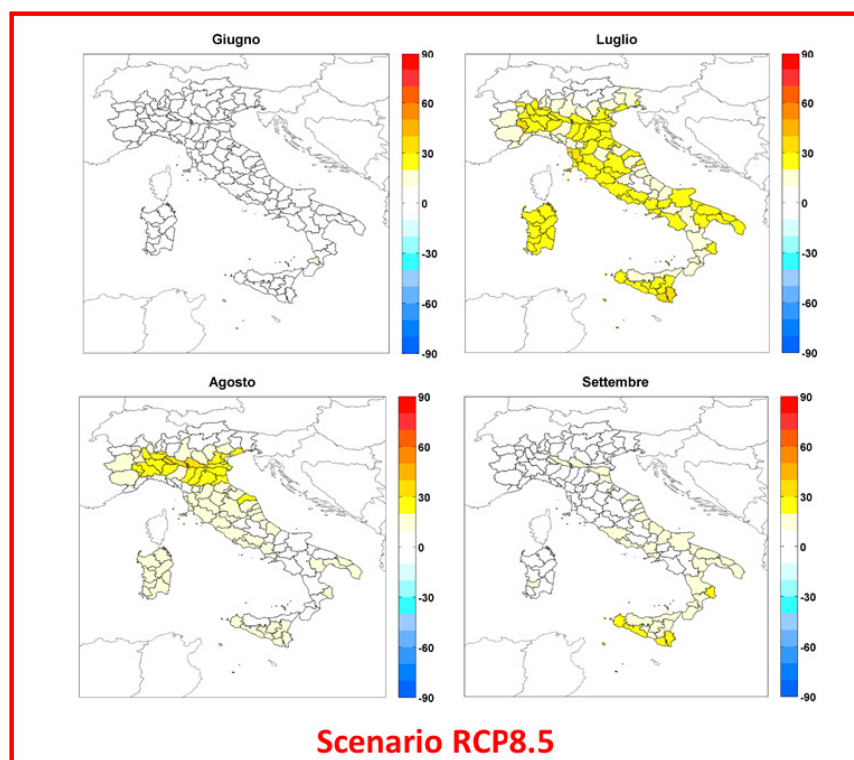
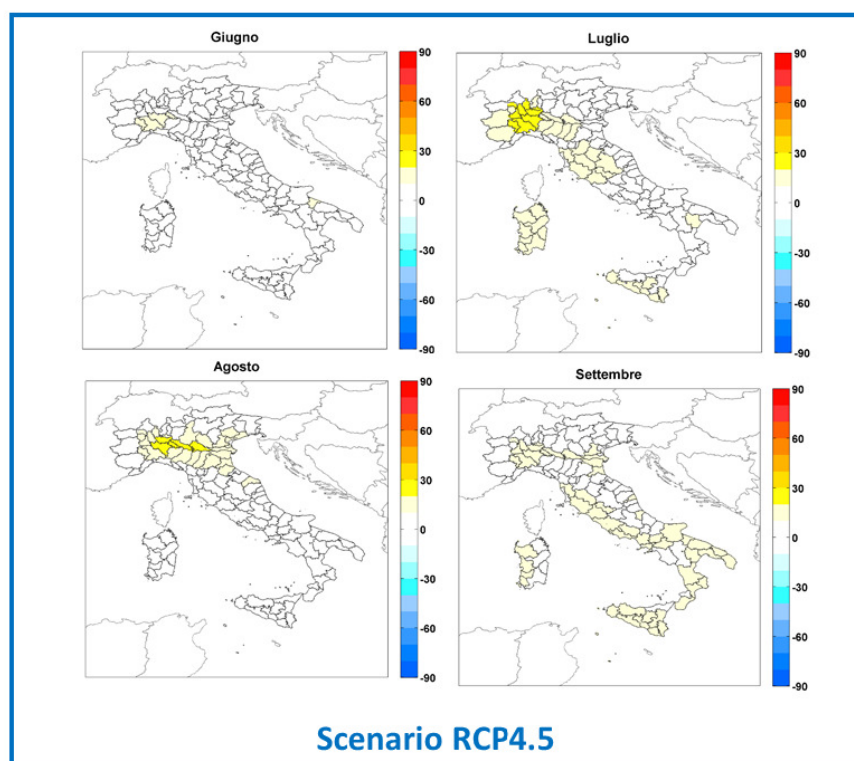


Figura 45 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2028- 2042 (2035) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

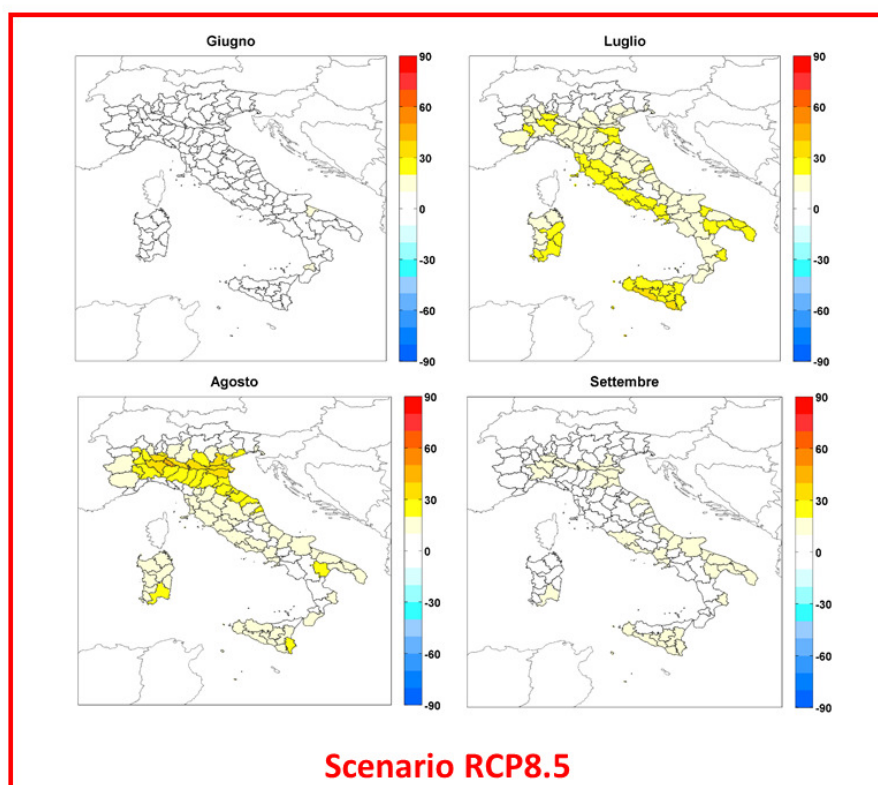
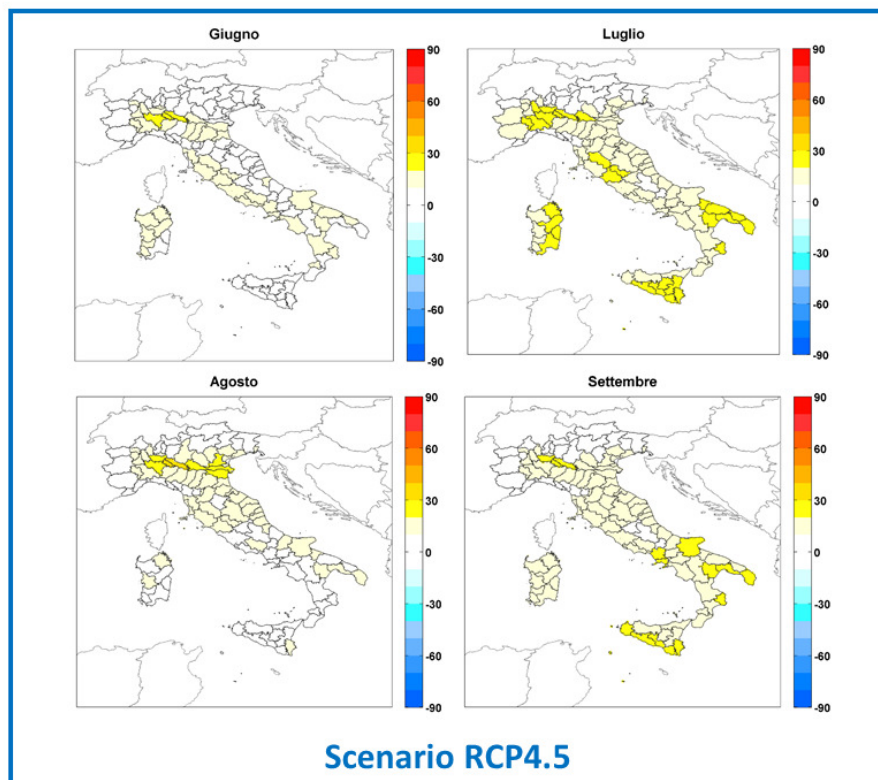


Figura 46 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2033-2047 (2040) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

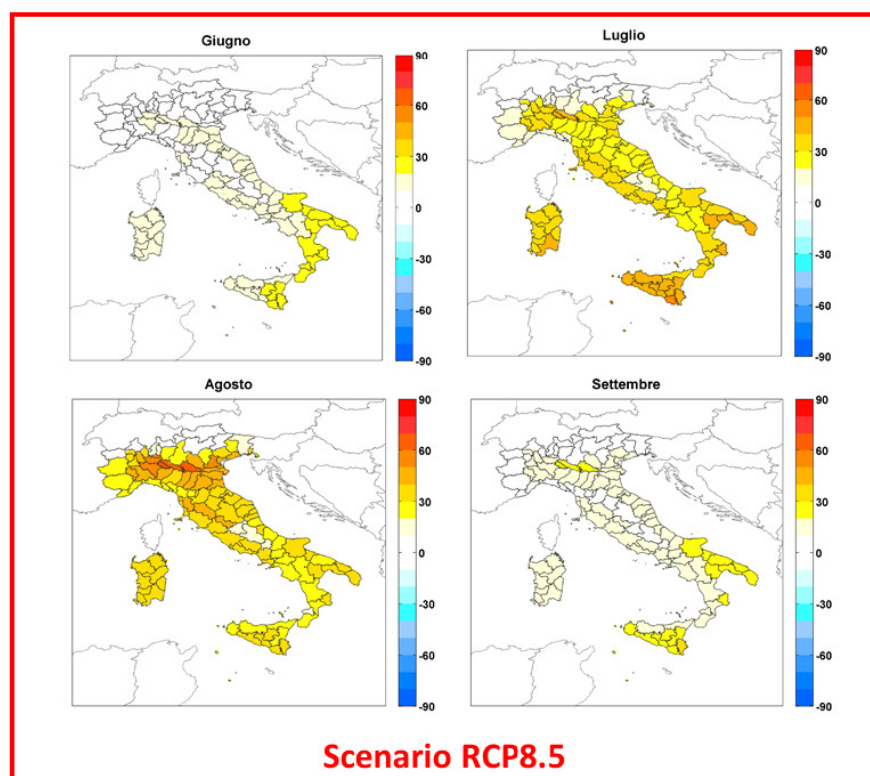
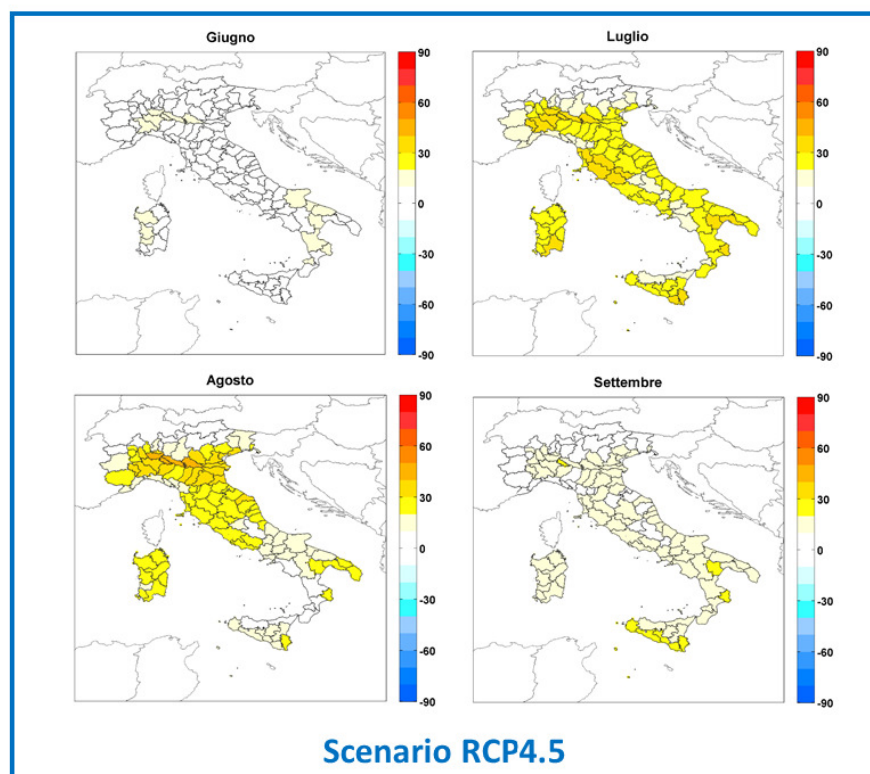


Figura 47 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2038-2052 (2045) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

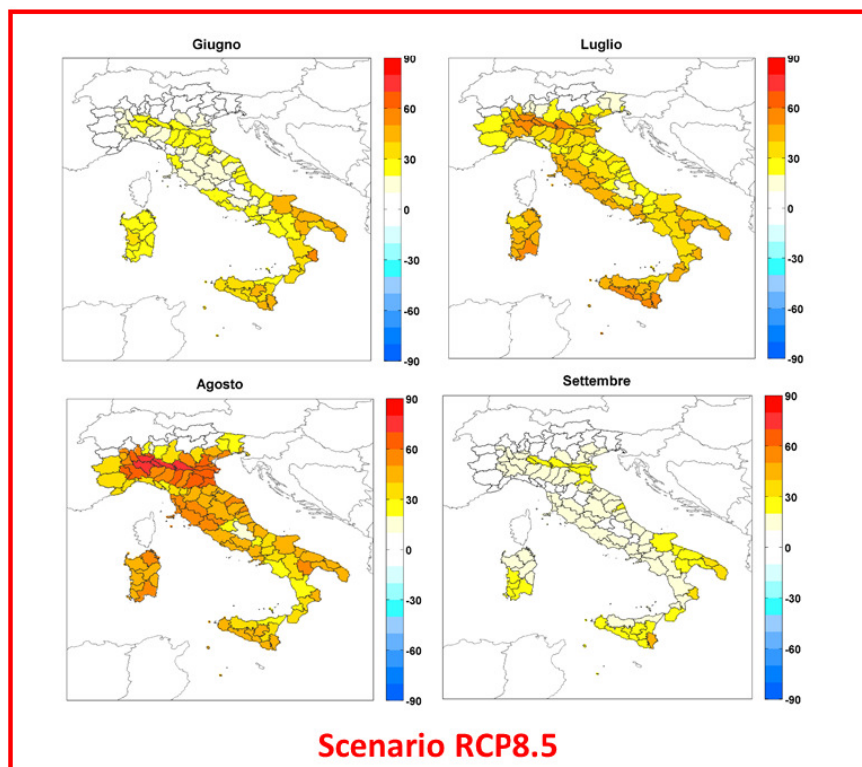
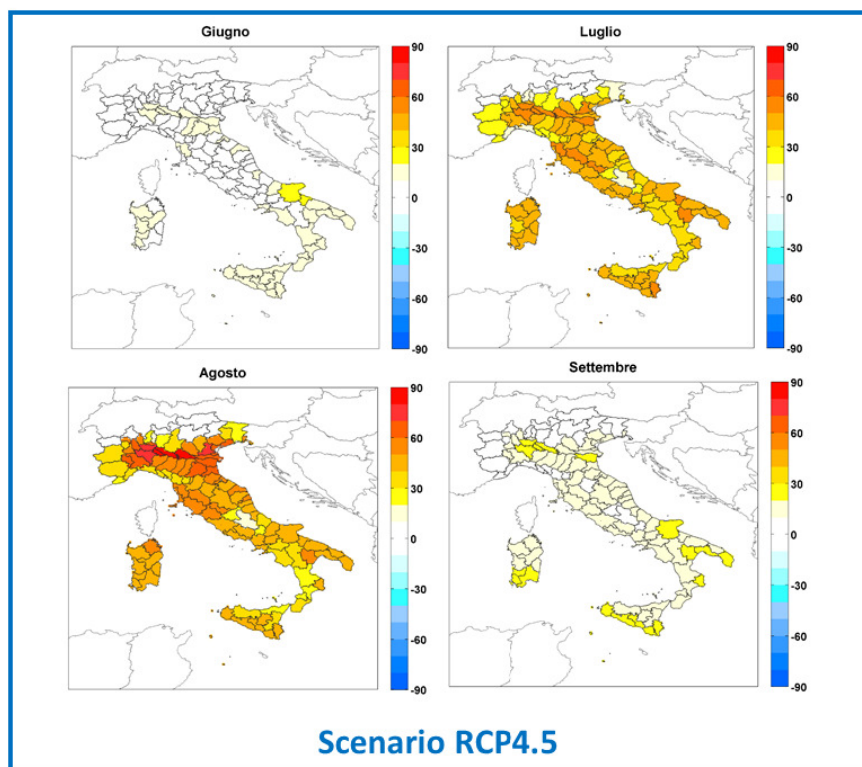


Figura 48 - Mappe delle anomalie mensili dell'indice CDD su scala provinciale per il periodo 2043-2057 (2050) rispetto al periodo di riferimento 2000-2015 (COSMO RCP4.5 e COSMO RCP8.5).

3. ANALISI ANOMALIE DEI GRADI GIORNO PESATE IN BASE ALLA DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE PROVINCIALE

In aggiunta alle anomalie mensili su scala provinciale degli indici HDD e CDD, in questo lavoro sono state stimate anche le anomalie corrette in base alla distribuzione della popolazione all'interno di ciascuna provincia.

In allegato al presente documento, sono riportati i file xlsx che contengono, per ciascuno scenario considerato (RCP4.5 e RCP8.5), le anomalie mensili su scala provinciale e le anomalie mensili su scala provinciale corrette in base alla distribuzione della popolazione. La metodologia adottata viene descritta nel paragrafo successivo.

3.1 Metodologia e casi di interesse

Le anomalie mensili su scala provinciale dei gradi giorno pesate in base alla distribuzione della popolazione provinciale sono state stimate ricorrendo ad un fattore correttivo ricavato a partire dagli indici HDD e CDD osservati sul periodo 2001-2015 calcolati dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

Nello specifico ISPRA ha valutato, oltre agli indici mensili HDD e CDD su scala provinciale, anche i suddetti indici corretti in base alla distribuzione della popolazione provinciale. Il valore pesato provinciale di ciascun indice è stato calcolato come media pesata dei valori degli indici nei punti stazione che ricadono all'interno della stessa provincia. I pesi sono fissi e sono stati ricavati come rapporto tra la popolazione nel punto griglia considerato e la popolazione provinciale.

In questo lavoro, non disponendo dei pesi descritti per i punti griglia del modello climatico regionale COSMO-CLM, si è ricorso ad una approssimazione, proposta da ISPRA.

Nello specifico, è stato ottenuto un fattore correttivo mensile, per ciascuna provincia, come rapporto tra il valore dell'indice pesato osservato (HDD o CDD) e il valore dell'indice non pesato osservato (HDD o CDD).

Il fattore correttivo medio mensile ricavato dalle osservazioni, è stato poi applicato alle anomalie mensili degli indici ottenute a partire dai dati simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLM.

Dall'analisi dei risultati ottenuti, si evince che in generale le anomalie pesate degli indici HDD risultano essere minori rispetto a quelle non pesate, mentre nel caso delle anomalie degli indici CDD si osserva un comportamento opposto, ossia un aumento generale delle anomalie.

Nelle Figure 49, 50, 51, 52 e 53 vengono confrontate le anomalie pesate e non pesate degli indici HDD per i mesi invernali e per i trentenni futuri di interesse, considerando lo scenario RCP4.5.

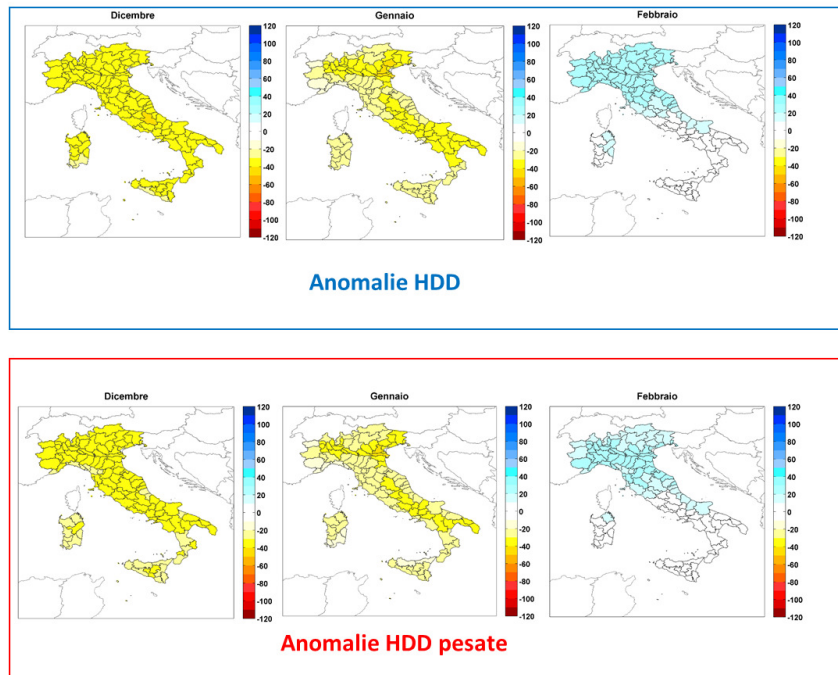


Figura 49 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2016-2045 (2030) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

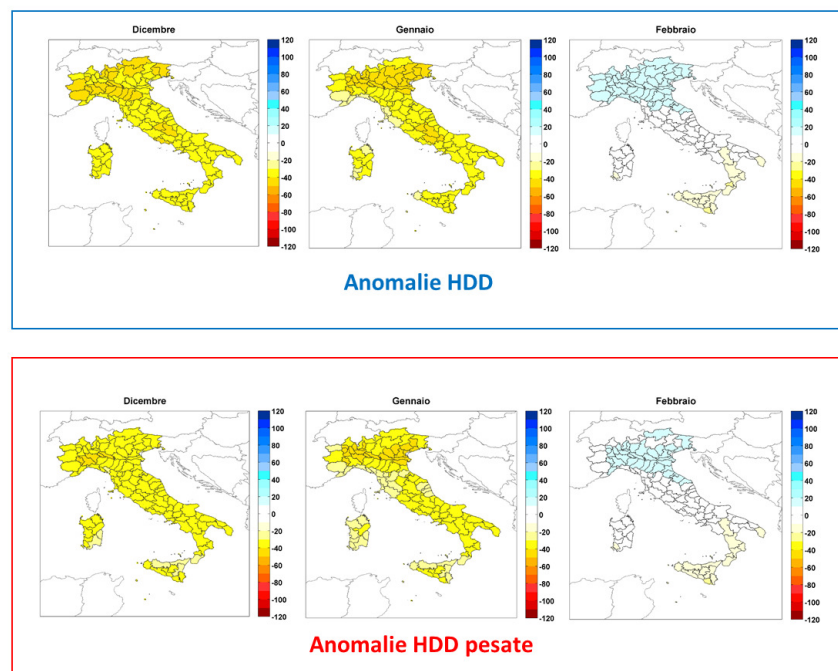


Figura 50 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2021-2050 (2035) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

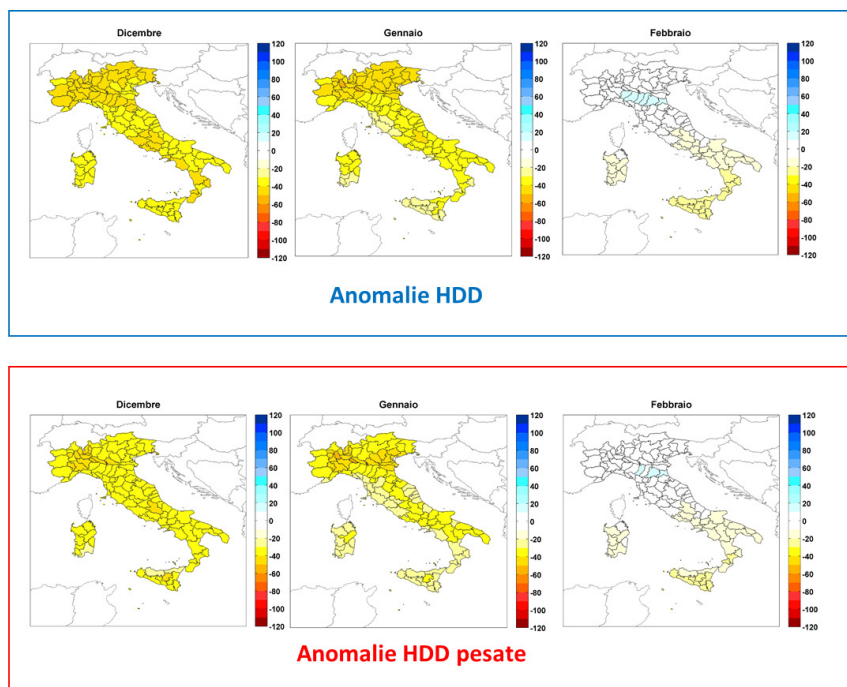


Figura 51 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2026-2055 (2040) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

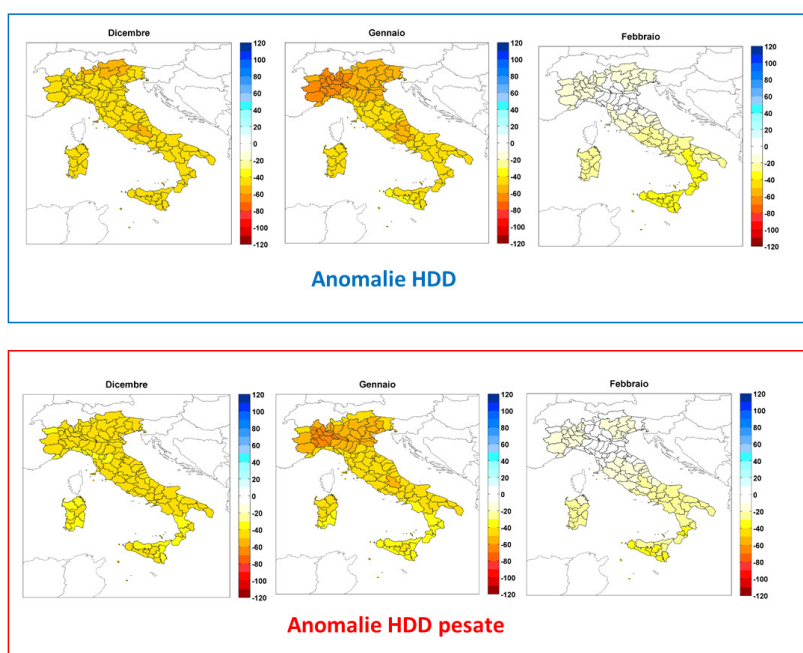


Figura 52 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2031-2060 (2045) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

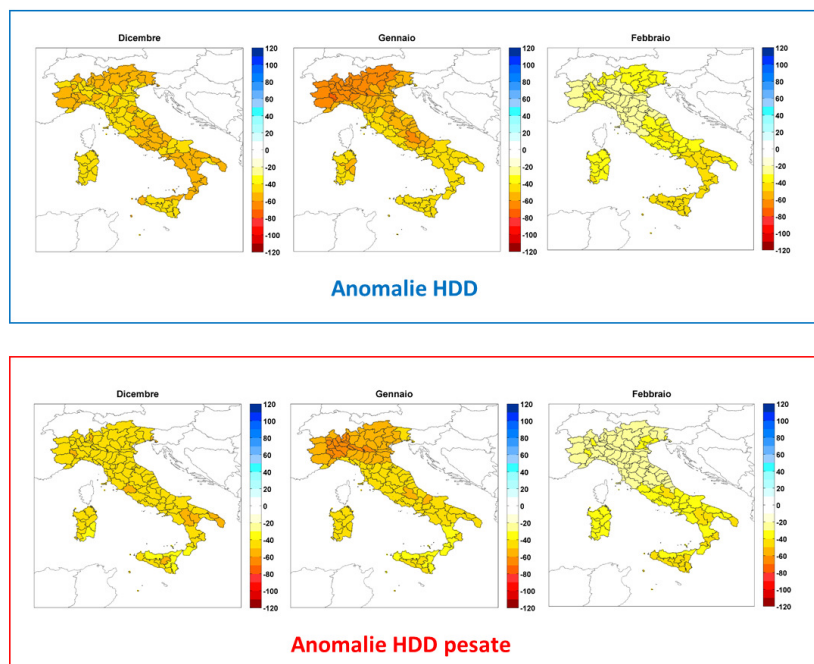


Figura 53 - Mappe delle anomalie HDD pesate per i mesi invernali del periodo 2036-2065 (2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

Nel caso dell'indice HDD, le riduzioni delle anomalie pesate rispetto a quelle non pesate sono significative per le province che ricadono nelle zone alpine e appennine. Tale risultato è consistente dato che la popolazione, in queste zone, è generalmente bassa e quindi le risorse energetiche necessarie al riscaldamento sono minori.

Invece, nelle Figure 54, 55, 56, 57 e 58 vengono mostrate le anomalie pesate e non pesate degli indici CDD solo per i mesi per i quali si osservano anomalie significative dell'indice in questione.

In questo caso, si osserva un incremento delle anomalie dell'indice CDD, particolarmente significativo per le zone pianeggianti in cui si ha in generale una densità di popolazione maggiore. Le aree in questione sono la Pianura Padana, le aree costiere e quelle insulari.

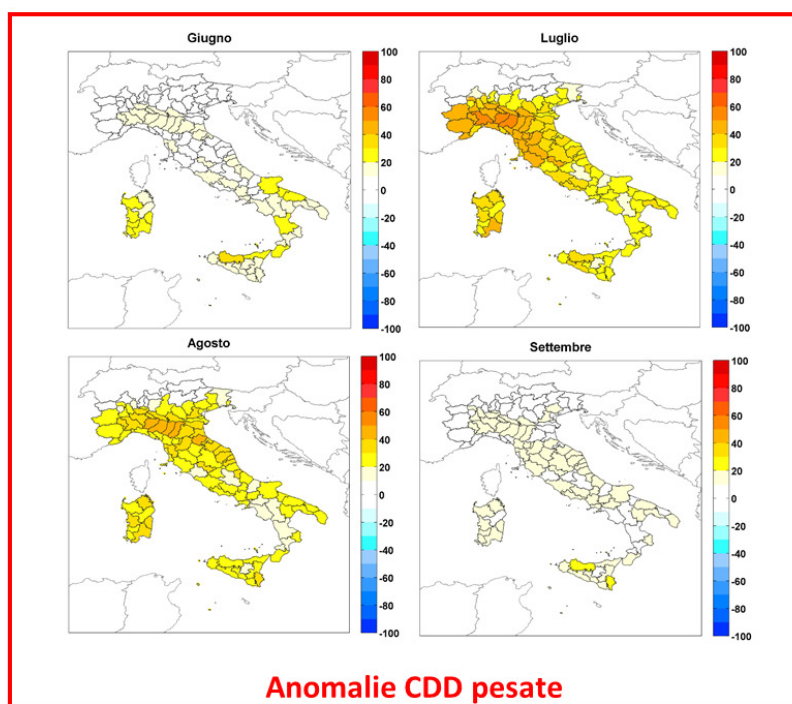
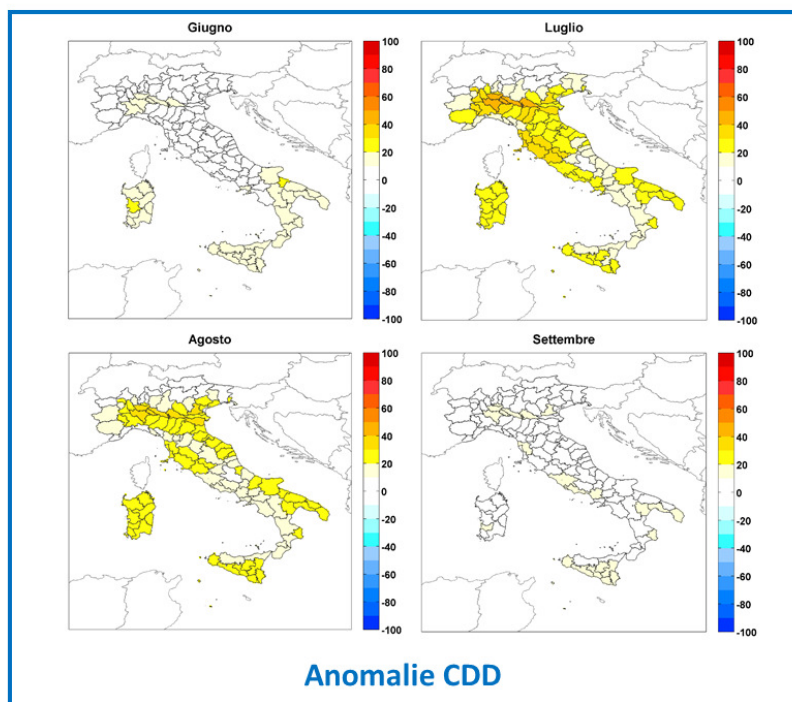


Figura 54 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2016-2045 (2030) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

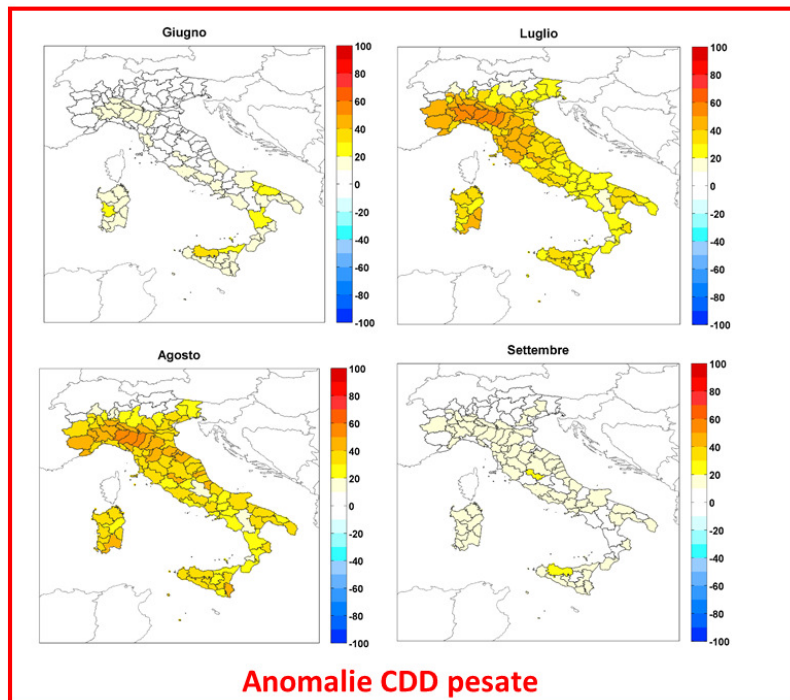
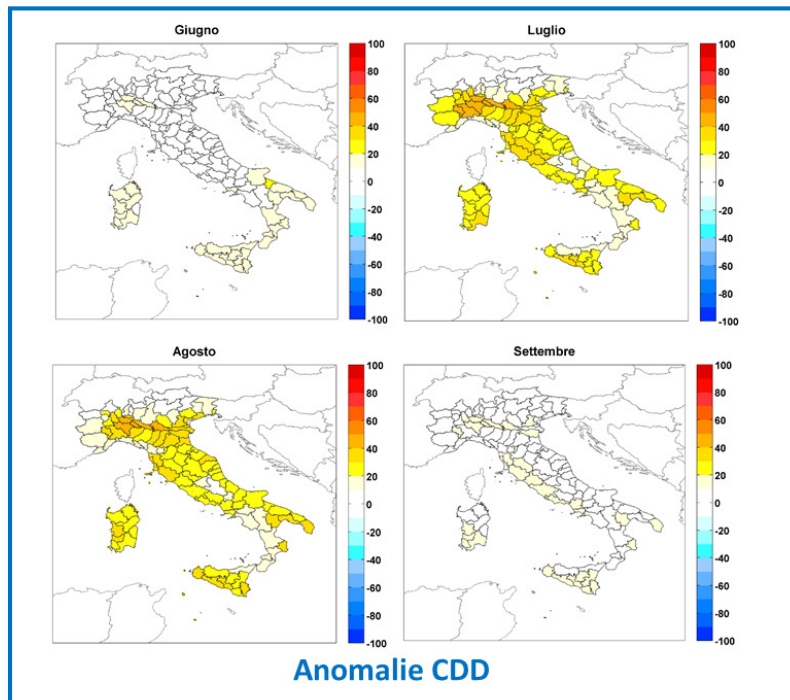


Figura 55 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2021-2050 (2035) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

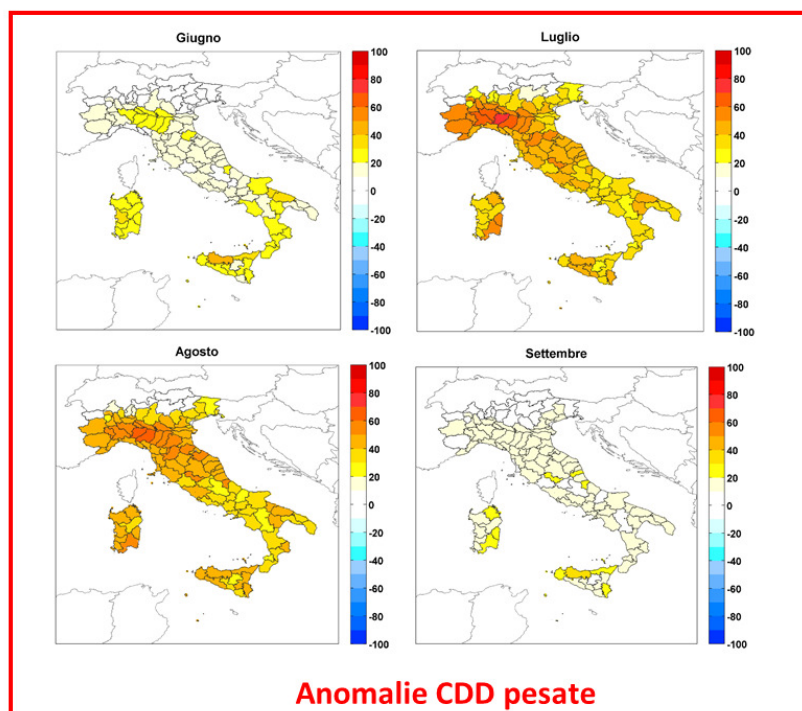
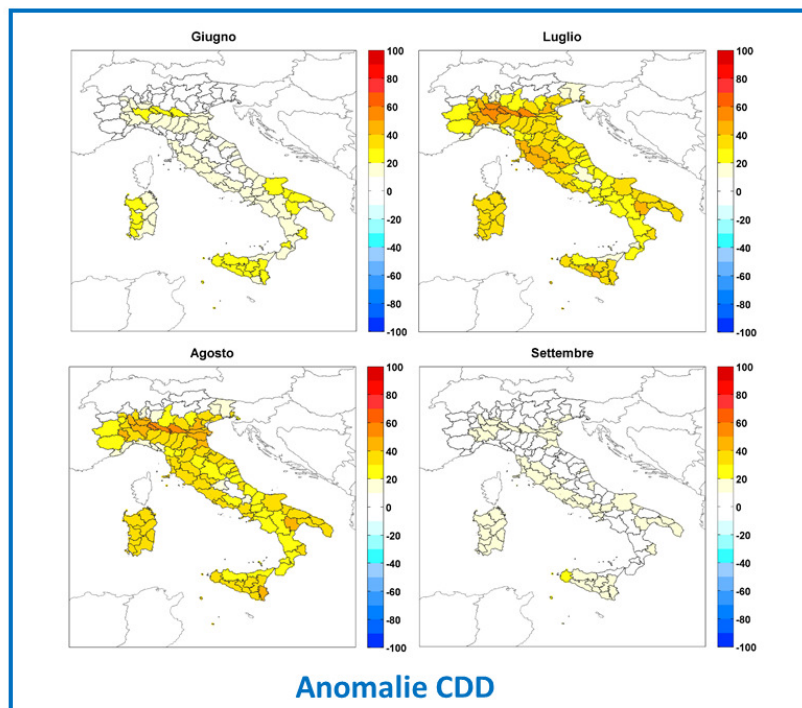


Figura 56 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2026-2055 (2040) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

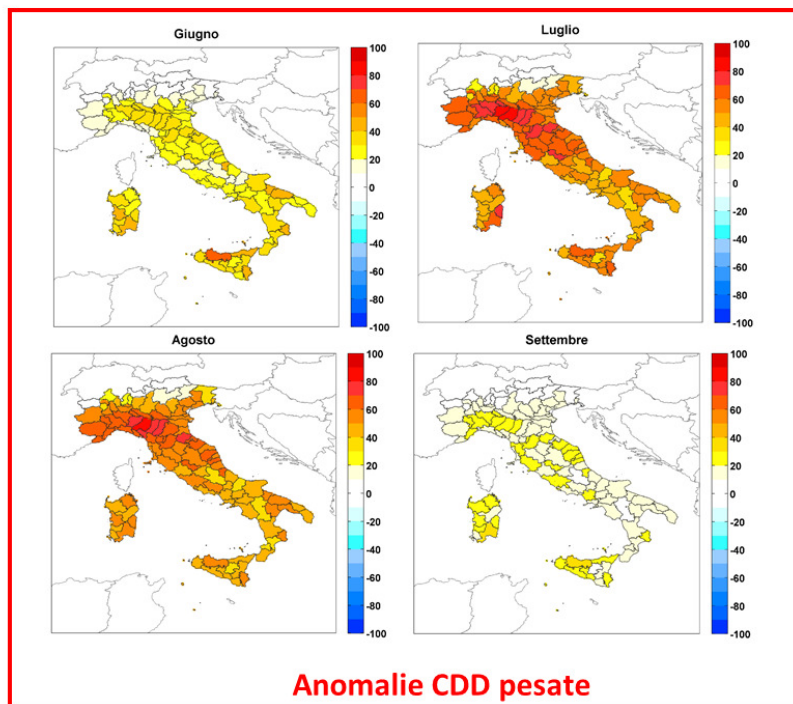
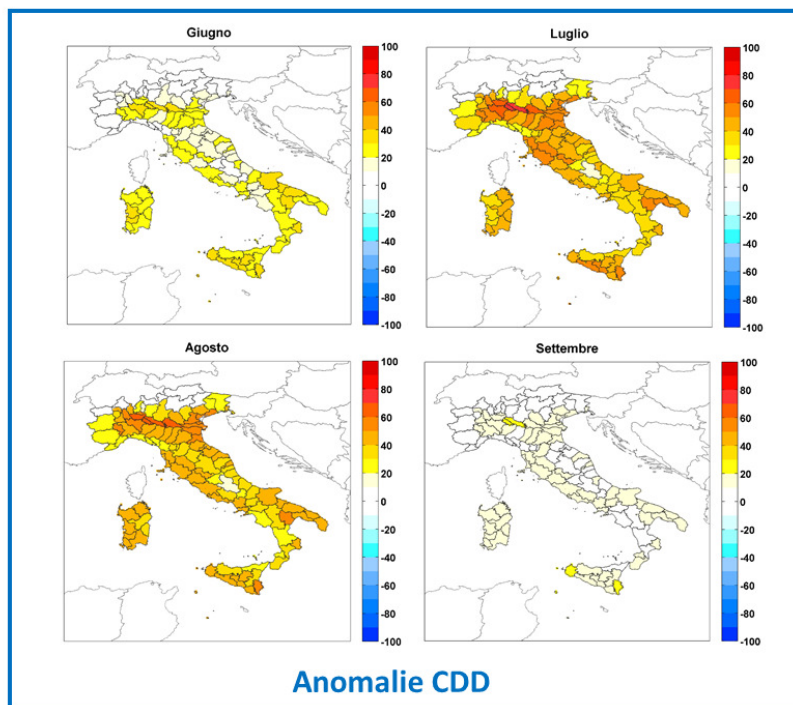


Figura 57 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2031-2060 (2045) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

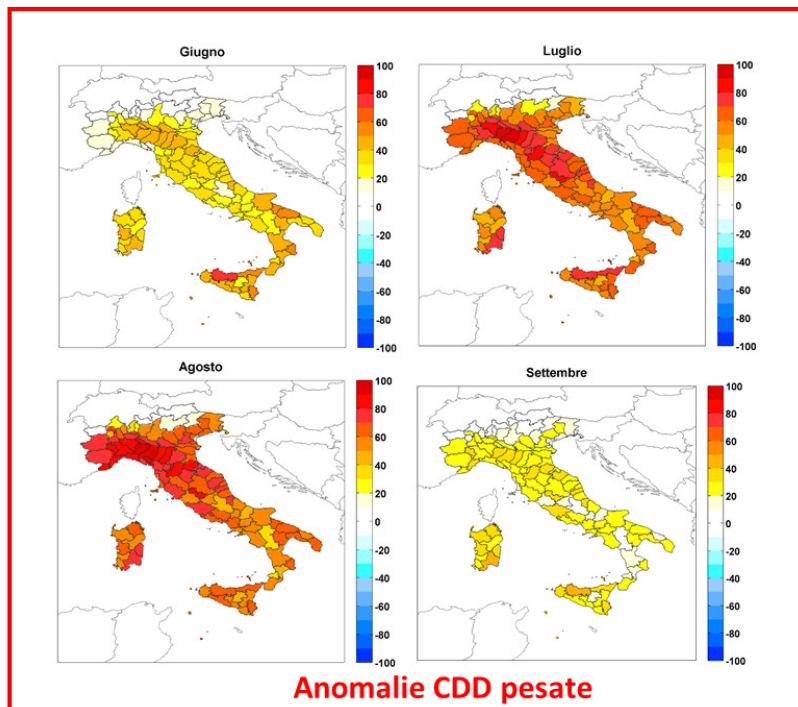
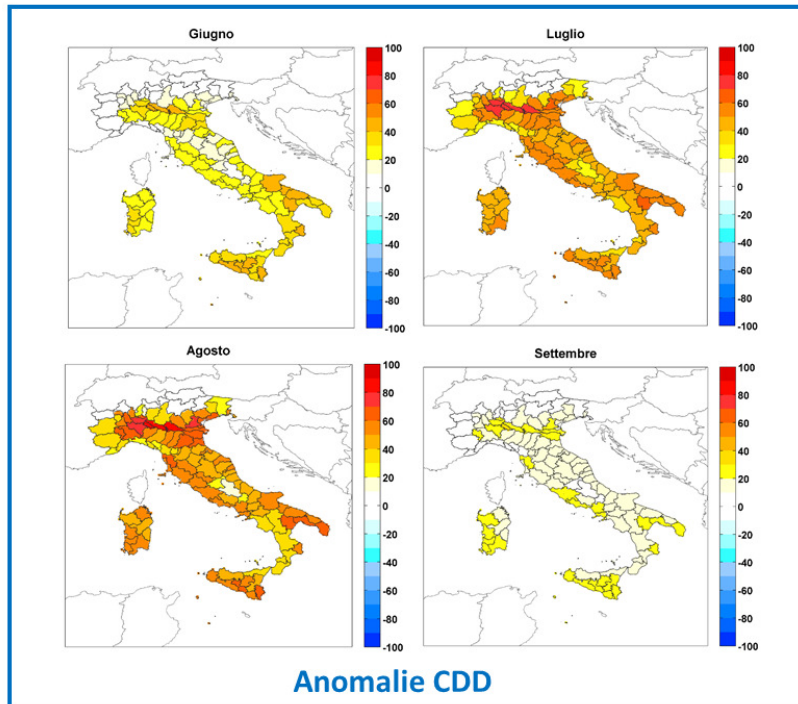


Figura 58 - Mappe delle anomalie CDD pesate per il periodo 2036-2065 (2050) rispetto al periodo di riferimento 1986-2015, scenario RCP4.5.

Le anomalie corrette in base alla distribuzione della popolazione provinciale riportano informazioni interessanti soprattutto per le province che presentano una orografia complessa ed una distribuzione della popolazione che varia sul territorio.

La provincia di Torino, ad esempio, presenta un caso di interesse in quanto al suo interno ricadono sia zone montuose che pianeggianti.

Le anomalie degli indici HDD previste per l'anno 2030, per la provincia di Torino, vengono riportate nella Tabella sottostante:

Anomalie HDD Provincia di Torino (previste per l'anno 2030)					
	Anomalie HDD	Anomalie HDD pesate		Anomalie HDD	Anomalie HDD pesate
Gennaio	-25.7	-22.2	Luglio	-21.3	-0.2
Febbraio	23.1	18.8	Agosto	-21.2	-0.2
Marzo	-28.9	-20.5	Settembre	-6.3	-0.7
Aprile	-26.6	-14.3	Ottobre	-18.6	-9.7
Maggio	-22.1	-5	Novembre	-20.4	-15.7
Giugno	-19.3	-0.8	Dicembre	-38.3	-32.6

Tabella 1 - Anomalie pesate e non pesate dell'indice HDD, per la provincia di Torino (2030).

Si noti come le anomalie HDD pesate si azzerano nel periodo estivo, dato che a quote basse la popolazione è maggiore mentre gli HDD sono più bassi. Per quanto riguarda le anomalie CDD, si osserva, invece, un aumento, dato che a quote basse sia la popolazione che i valori dell'indice CDD sono maggiori rispetto alle zone alpine.

Anomalie CDD Provincia di Torino (previste per l'anno 2030)		
	Anomalie CDD	Anomalie CDD pesate
Giugno	3.3	7
Luglio	18.9	41.1
Agosto	13.1	29
Settembre	4	9.2

Tabella 2 - Anomalie pesate e non pesate dell'indice CDD, per la provincia di Torino (2030).

Se si considera, invece, la provincia di Ferrara, priva di zone montuose e collinari, le anomalie pesate degli indici HDD e CDD risultano essere in linea di massima invariate rispetto a quelle non pesate con la distribuzione della popolazione:

Anomalie HDD Provincia di Ferrara (previste per l'anno 2030)					
	Anomalie HDD	Anomalie HDD pesate		Anomalie HDD	Anomalie HDD pesate
Gennaio	-38.7	-38.8	Luglio	0	0
Febbraio	26.5	26.5	Agosto	-0.2	0
Marzo	-18.2	-18.2	Settembre	2	1.7
Aprile	-17.2	-17.2	Ottobre	-25	-25.3
Maggio	-15.9	-17	Novembre	-24.4	-24.6
Giugno	-0.3	-0.3	Dicembre	-36.8	-36.9

Tabella 3 - Anomalie pesate e non pesate dell'indice HDD, per la provincia di Ferrara (2030).

Anomalie CDD Provincia di Ferrara (previste per l'anno 2030)		
	Anomalie CDD	Anomalie CDD pesate
Giugno	7.8	7.7
Luglio	30.8	30.5
Agosto	32.4	32
Settembre	9.4	9.2

Tabella 4 - Anomalie pesate e non pesate dell'indice CDD, per la provincia di Ferrara (2030).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Matzarakis e Thomsen, «Heating and cooling degree days as an indicator of climate change in Freiburg,» 2009.
- [2] B. Rockel , A. Will e A. Hense , «The regional climate model COSMO-CLM (CCLM),» *Meteorol. Z.*, vol. 17(4), pp. 347-348, 2008.

ALLEGATO 2



RELAZIONE TRA CONSUMO GAS E TEMPERATURA

7 Luglio 2016

GDL 1 Decarbonizzazione – TF HDD/CDD

ZONE CLIMATICHE DI RIFERIMENTO



ZONA_CLIMATICA	OSSERVATORIO	Cod Stazione Meteo
20	BOLZANO	14
59	TORINO CASELLE	11
80	MILANO LINATE	13
105	VENEZIA TESSERA	15
110	TRIESTE	16
120	GENOVA	17
	BOLOGNA BORGIO	
140	PANIGALE	18
170	FIRENZE PERETOLA	19
181	PERUGIA SANT'EGIDIO	20
191	ANCONA FALCONARA	21
230	PESCARA	23
242	ROMA FIUMICINO	22
252	CAMPOBASSO	24
270	BARI PALESE	25
289	NAPOLI CAPODICHINO	26
300	POTENZA	27
422	REGGIO CALABRIA	28
460	CATANIA FONTANAROSSA	29

- Snam suddivide il territorio italiano in 18 zone omogenee per influenza climatica, corrispondenti ai relativi osservatori di temperatura dell'Aeronautica Militare.
- Ogni zona climatica include le utenze che hanno affinità climatica con il comune in cui è collocato l'osservatorio.
- Per ognuna delle 18 zone climatiche si dispone dei valori di temperatura minima e massima giornaliera (T_{min} , T_{max}) sul periodo 1962-2016.

GRADIENTE DEI CONSUMI

Vengono considerati i **Punti Di Riconsegna (PDR)** alle **reti di distribuzione** ricadenti ciascuno in una delle zone climatiche individuate). Per ciascun PDR si considera il consuntivo mensile di consumo gas rilevato da Snam.

Al fine di prendere in considerazione solo i consumi per riscaldamento, il **consumo di ogni PDR viene depurato dal consumo di base** (acqua calda, cottura, ...), calcolato come **media dei consumi dei mesi di giugno e settembre**.

Si assume inoltre che nel periodo estivo giugno-settembre il consumo di gas sia esclusivamente consumo di base.

$$Vrisc_{zn,m} = Vtot_{zn,m} - Vbase_{zn,m}$$

Aggregando i PDR appartenenti alla stessa zona è possibile stimare i consumi mensili per riscaldamento di ciascuna area climatica.

Il **gradiente mensile** per zona climatica ($\nabla T_{zn,m}$ [m³/°C]) si stima calcolando il rapporto tra i consumi di riscaldamento ($Vrisc_{zn,m}$) e i gradi giorno ($GG_{zn,m}$) di quella zona per il mese considerato, rappresentato dalla seguente formula:

$$\nabla T_{zn,m} = \frac{Vrisc_{zn,m}}{GG_{zn,m}}$$

zn = zona climatica
m = mese dell'anno

CALCOLO GRADO GIORNO

Data la necessità di avere una variabile di temperatura che sia direttamente proporzionale ai consumi di gas viene definita la grandezza Grado Giorno (GG) come il complemento a 18° C della media tra la temperatura massima e minima registrate in un giorno.

$$GG_{zn,g} = \max \left(0; 18 - \frac{T_{min} + T_{max}}{2} \right)$$

18°C è la minima temperatura esterna a cui dovrebbe corrispondere una situazione di comfort senza ricorrere all'impiego del riscaldamento.

La somma dei GG di un intero mese determina il GG mensile, necessario al calcolo del dato nazionale, ottenuto come somma pesata dei GG mensili di una certa zona climatica e il suo peso.

$$GG_{n,m} = \sum_{zn=1}^{18} GG_{zn,m} * w_{zn}$$

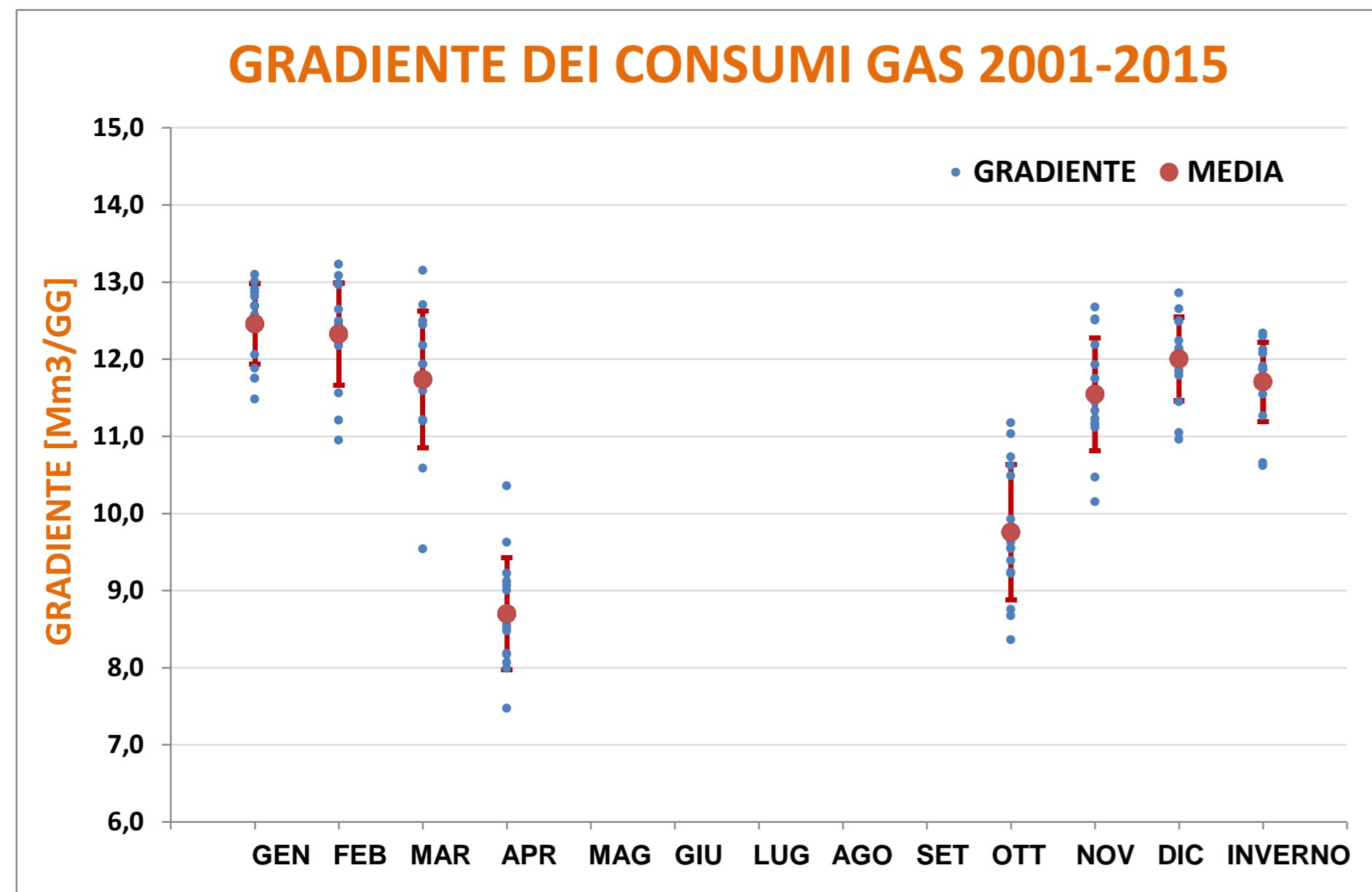
w_{zn} è il peso della zona climatica in millesimi, ottenuto dividendo il gradiente mensile di zona per la somma di tutti i gradienti.

PESO MENSILE MILLESIMALE ANNO 2015

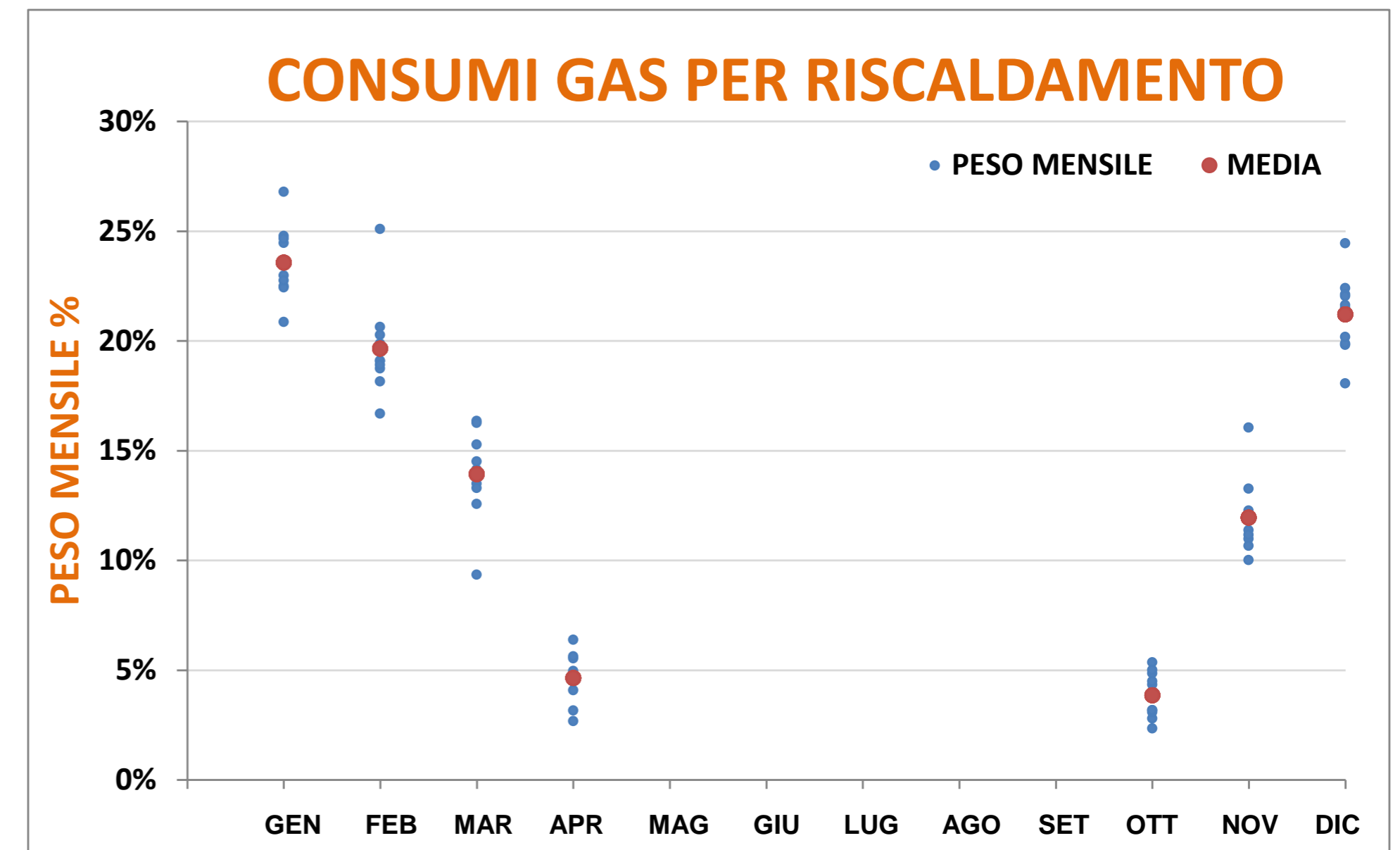
	MESI									TOTALE
	0	1	2	3	4	5	10	11	12	
20	24	27	28	31	20	27	22	22	22	24
59	138	140	139	135	95	132	139	143	143	134
80	188	190	190	211	220	193	198	189	189	184
105	130	129	119	116	117	120	122	124	124	119
110	9	8	8	11	6	12	9	8	8	8
120	57	51	55	58	112	64	73	69	69	55
140	103	103	101	100	67	94	105	101	101	95
170	54	58	58	60	52	55	56	52	52	50
181	21	22	22	19	18	19	19	19	19	19
191	21	20	21	18	15	14	18	19	19	18
230	6	6	6	5	5	4	5	6	6	5
242	94	95	101	92	78	63	90	88	88	79
252	13	13	12	12	5	9	14	17	17	12
270	53	49	51	48	41	37	42	55	55	42
289	22	21	23	23	67	29	19	22	22	18
300	15	14	15	15	4	11	15	18	18	13
422	16	15	16	19	35	70	27	17	17	11
460	33	37	37	28	43	44	26	30	30	23

ZONE CLIMATICHE

DISPERSIONE DEL GRADIENTE DEI CONSUMI



	MESE							
	GEN	FEB	MAR	APR	OTT	NOV	DIC	INV TOT
MEDIA	12,5	12,3	11,7	8,7	9,8	11,5	12,0	11,7
DEV. ST.	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7	0,5	0,5
LIM. INF.	11,9	11,7	10,8	8,0	8,9	10,8	11,5	11,2
LIM. SUP.	13,0	13,0	12,6	9,4	10,6	12,3	12,5	12,2



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
VOLUMI [Mm3]	21 429	19 336	20 464	22 223	24 019	21 481	22 149	21 900	16 742	19 710
GG effettivi	1 799	1 641	1 725	1 833	1 953	1 741	1 865	1 814	1 410	1 690
GG normalizzati	1 819	1 814	1 805	1 801	1 808	1 838	1 833	1 842	1 826	1 776

Il gradiente di consumo stimato sull'ultimo decennio assume un valor medio stagionale pari a 11,7 Mm³/GG medio nazionale, con un andamento che nel corso dell'inverno mostra il suo massimo nei mesi più freddi raggiungendo i 12,5 Mm³/GG.



ALLEGATO 3

Committente Tavolo sulla Decarbonizzazione – Gruppo1

Oggetto Valutazione dei gradi giorno di riscaldamento e raffrescamento

Contratto

Note

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di RSE.

N. pagine 19 **N. pagine fuori testo**

Data 14/06/2016

Elaborato SFE/P. Faggian

Verificato SFE/S. Maran, G.M. Riva

Approvato

Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.

Società con unico socio soggetta alla direzione ed al coordinamento di GSE S.p.A.
Sede Legale - 20134 Milano - Via R. Rubattino, 54
Tel. +39 023992.1 - Fax +39 023992.5370 - PEC rse@legalmail.it
Reg. Imprese di Milano, P.IVA e C.F. 05058230961
R.E.A. di Milano n. 1793295
Cap. Soc. € 1.100.000 i.v.

Indice

SOMMARIO.....	3
1 INTRODUZIONE	4
2 DATI DISPONIBILI.....	4
2.1 EUROSTAT	4
2.2 JRC-MARS	5
2.3 ISPRA.....	6
2.4 E-OBS	6
2.5 ENSEMBLES.....	7
3 ELABORAZIONI DAI DB E-OBS E ENSEMBLE.....	8
3.1 Metodo di calcolo utilizzato	8
3.1.1 Metodo EUROSTAT/JRC-MARS (J).....	10
3.1.2 Metodo Giannakopoulos (G).....	10
3.1.3 Popolazione	11
3.2 Analisi stime gradi giorno annuali sull'Italia	13
3.2.1 Gradi giorno per riscaldamento HDD	13
3.2.2 Gradi giorno per raffrescamento CDD	16
4 CONCLUSIONI	18
RIFERIMENTI	19

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	14/06/2016	Bozza	

SOMMARIO

Le stime di HDD e CDD, in termini di cumulate sull'Italia a scala annuale, sono state ottenute applicando due diverse metodologie (JRC/MARS e Giannakopoulos) che utilizzano valori diversi di temperature-base, a partire dai dati di temperatura giornaliera forniti dal data-set E-OBS (dal 1961 al 2014) e i risultati di 10 simulazioni del Progetto ENSEMBLES (dal 1961 al 2050). La risoluzione spaziale dei dati di partenza è pari a 25 km. Le temperature attese sono state ottenute considerando i valori calcolati attraverso un multi-model (M7), consistente di dati di temperature delle 7 simulazioni più performanti, "corretti" rispetto al BIAS con i dati di E-OBS.

Il confronto tra le stime di HDD e CDD dedotte dai modelli con i dati pubblicati da JRC/MARS, oltre che con i valori ottenuti da EOBS, è risultato soddisfacente applicando la metodologie JRC/MARS mentre emergono significative differenze tra i dati JRC/MARS e le stime di HDD e CDD, se si adotta il criterio Giannakopoulos (HDDG e CDDG) per l'effetto dei diversi valori di temperature base utilizzati.

Poiché il fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento è correlato alle volumetrie di edificato che devono essere termoregolate, risulta opportuno tenerne conto nel calcolo del valore medio spaziale. A questo fine è stata utilizzato il dato della popolazione residente a livello comunale quale variabile proxy, per ottenere per una stima più verosimile dei gradi giorno. In tal modo, si ottengono valori di HDD sensibilmente inferiori. Infatti, la popolazione risiede prevalentemente nelle zone a quote medio-basse, caratterizzate da temperature più alte rispetto a quelle caratteristiche dei rilievi elevati. Nel caso dei CDD, le nuove stime sono leggermente superiori o, comunque, molto simili a quelle ottenute pesando in modo uniforme i punti griglia.

Le proiezioni fatte sui valori attesi per le prossime decenni indicano una sostanziale riduzione degli HDD e un significativo aumento dei CDD.

La stima dei gradi giorno potrebbe essere migliorata "affinando" la correzione apportata alla temperatura: nel presente lavoro essi sono stati "corretti" rispetto al valore di BIAS mensile calcolato per l'Italia sul periodo 1961-2014. Si potrebbe ottenere una miglior ricostruzione degli ultimi 10-15 anni (che sono quelli di maggior interesse) se si applicasse la stessa tecnica considerando il BIAS mensile calcolato solo su questo ultimo periodo o considerando un BIAS calcolato per regioni omogenee invece che per tutta l'Italia o, più in generale, applicando tecniche di ricalibrazione della temperature.

È opportuno notare che, per una stima più accurata dei gradi giorno, andrebbero considerati anche gli effetti di altre variabili meteorologiche, quali vento ed umidità. In particolare, per i CDD, andrebbe considerata l'umidità relativa, da cui dipende fortemente la temperature percepita.

Una verifica circa la bontà delle stime ottenute e un criterio di selezione della metodologia più opportuna da utilizzare richiederebbe comunque la disponibilità di dati di fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento in modo da poter verificare le correlazioni tra le stime fatte e l'effettivo impatto sul fabbisogno energetico.

1 INTRODUZIONE

Il fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento è fortemente legato alle condizioni climatiche del territorio. Esso dipende soprattutto dalla variabilità nel corso dell'anno della temperatura ambiente (v. per es. Troccoli et al. 2014), con picchi di fabbisogno correlati ai valori estremi di temperatura (massima e minima).

Nella regione mediterranea e, in particolare, nel nostro Paese, i valori massimi di richiesta energetica si hanno:

- nella stagione invernale in concomitanza al periodo natalizio e con l'occorrenza delle temperature più basse (tipicamente in gennaio),
- durante il periodo estivo, quando ogni innalzamento termico si traduce in un incremento del consumo elettrico, dovuto principalmente all'uso del condizionamento (fa eccezione agosto, mese in cui gran parte della popolazione è in vacanza).

I due periodi di picco sono intervallati da due stagioni di transizione (marzo-maggio e settembre-novembre), durante i quali la domanda e i consumi di energia rimangono sostanzialmente uniformi.

Partendo dall'osservazione che il consumo energetico è al minimo in corrispondenza ad un certo valore di temperatura, la cosiddetta *temperatura base*, si ricorre comunemente alla stima dell'indice **gradi giorno** o *degree-days* per descrivere la relazione *non* lineare tra domanda energetica e temperatura.

Definizione dell'indice gradi-giorno

L'indice "gradi giorno" è definito come la differenza in °C tra la temperatura media giornaliera T_m e la *temperatura base* T^* :

Il valore T_m è calcolato o dalla media dei 24 valori orari delle temperature, oppure dal valore medio tra la temperatura massima T_{max} e minima T_{min} del giorno considerato $T_m = (T_{min} + T_{max})/2$

Una volta fissato il valore della temperatura base, si avranno quindi valori tipicamente positivi in estate e negativi in inverno. Per non trattare contemporaneamente valori positivi e negativi, si considerano separatamente le due richieste energetiche di riscaldamento (a) e di refrigerazione (b), usando due indici distinti, ovvero:

a) *heating degree-days* $HDD = \max(T^* - T_m, 0.)$

b) *cooling degree days* $CDD = \max(T_m - T^{**}, 0.)$

ove T_m è la temperatura media giornaliera di un certo giorno.
 T^* e T^{**} sono le temperature base, rispettivamente per *hdd* e *cdd*.
 T^* e T^{**} possono assumere lo stesso valore o essere differenti.

2 DATI DISPONIBILI

2.1 EUROSTAT

Sul sito di EUROSTAT, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>, sono disponibili i gradi giorno di riscaldamento HDD per l'intero territorio nazionale relativi al periodo 1980-2009.

Nei metadati è indicata la metodologia di calcolo adottata:

$$HDD = \max(T^* - T_m, 0.)$$

ove $T^* = 18^{\circ}\text{C}$ se $T_m < 15^{\circ}\text{C}$ e $T_m = (T_{min} + T_{max}) / 2$

I CDD non sono invece disponibili sul sito Eurostat.

2.2 JRC-MARS

Il sito di JRC/MARS, <http://agri4cast.jrc.ec.europa.eu/DataPortal/Index.aspx>, mette a disposizione le stime di gradi giorno per riscaldamento e raffrescamento per il periodo dal 1974 al 2015 a differenti dettagli spaziali: a scala nazionale, regionale e provinciale.

Nel sito si legge che il calcolo è effettuato a partire da circa 1500 stazioni europee, interpolate su una griglia a passo di 50 km con una media che tiene conto delle differenze di quota tra le stazioni¹, non è però specificato il numero delle stazioni considerate sul territorio italiano.

Inoltre, non si trova la documentazione che illustri la metodologia di calcolo utilizzata per la stima dei gradi giorno né il criterio di media spaziale adottato per ottenere il dato regionale/nazionale.

Riguardo la metodologia utilizzata per il calcolo dei gradi giorno, secondo quanto riferito da GSE che ha un contatto diretto con JRC/MARS, i gradi giorno da raffrescamento CDD sono stati ottenuti secondo la relazione seguente:

$$CDD = \max(T_m - T^{**}, 0.)$$

ove $T^{**} = 21^{\circ}\text{C}$ se $T_m > 24^{\circ}\text{C}$ e $T_m = (T_{min} + T_{max}) / 2$

Per quanto riguarda gli HDD, è ragionevole supporre che siano stati stimati secondo quanto indicato da EUROSTAT.

Tuttavia, un confronto preliminare tra le due fonti di dati (EUROSTAT e JRC/MARS) evidenzia che, sebbene le due valutazioni presentino dei trend molto simili, i valori stimati da JRC/MARS sono mediamente superiori di circa 100-150 °C a quelli di EUROSTAT (Figura 2-1), solo negli ultimi 3-4 anni le due stime coincidono.

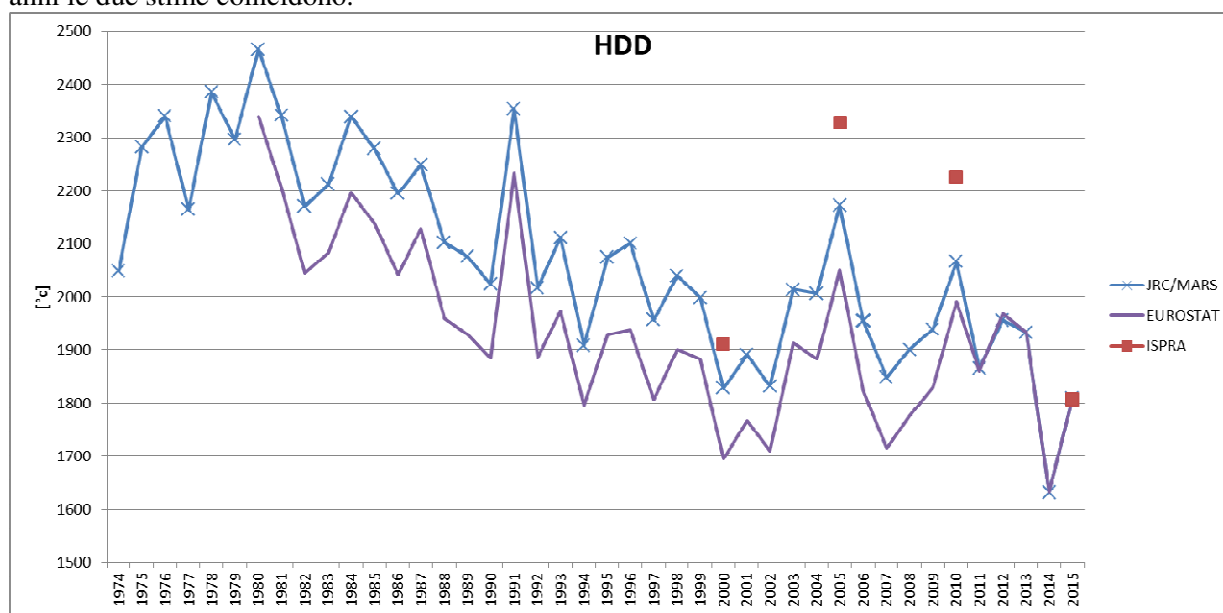


Figura 2-1 – Confronto HDD elaborati da Eurostat e JRC/MARS

¹ http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm

2.3 ISPRA

I valori HDD sono stati calcolati secondo la definizione di EUROSTAT, utilizzando i dati giornalieri di temperatura della rete sinottica nazionale, interpolati su griglia regolare (a 1 km di risoluzione) con co-kriging e considerando variabili esterne (quali orografia e latitudine) fortemente correlate con HDD (soprattutto l'orografia). Il valore medio nazionale è stato quindi ottenuto dalla media degli HDD sui punti griglia che ricadono all'interno dei confini nazionali, ad esclusione dei punti con quota orografica s.l.m. > 2000 metri, considerati non rappresentativi di aree popolate e quindi invalidanti il calcolo degli HDD (una loro inclusione porterebbe a una sovrastima degli HDD).

Per quanto riguarda il calcolo CDD, è stata adottata una definizione simmetrica a quella di HDD di EUROSTAT, ovvero è stata utilizzata la stessa soglia (18 °C), in analogia a quanto riportato in diversi siti (soprattutto USA - NOAA, NCEPS- in cui si adottano definizioni simmetriche nel calcolo dei CDD e HDD, con soglia 65 °F).

$$CDD = \text{somma } (T_m - 18) \text{ se } T_m \geq 21$$

I valori medi nazionali annuali di CDD sono stati calcolati con un procedimento analogo a quello adottato per stimare gli HDD.

I risultati per gli anni richiesti sono i seguenti:

	2000	2005	2010	2015
HDD:	1912	2328	2226	1808
CDD:	513	347	498	537

2.4 E-OBS

L'archivio **E-OBS** (<http://eca.knmi.nl/dailydata>) è considerato dalla comunità scientifica internazionale un data-set di riferimento di alta qualità per la stima di variabili climatologiche e per le validazioni modellistiche, in quanto mette a disposizione su una griglia regolare ad alta risoluzione (0.25 x 0.25 gradi) i dati giornalieri di precipitazione, temperatura minima, media e massima, ottenuti da osservazioni puntuali attraverso processi di interpolazione (Haylock et al., 2008).

L'analisi che segue è stata fatta sulla base dell'ultimo aggiornamento di questo data-set (Versione 12.0) che fornisce dati dal 1951 al 30/06/2015. I risultati ottenuti sono relativi al periodo dal 01/01/1961 al 31/12/2014.

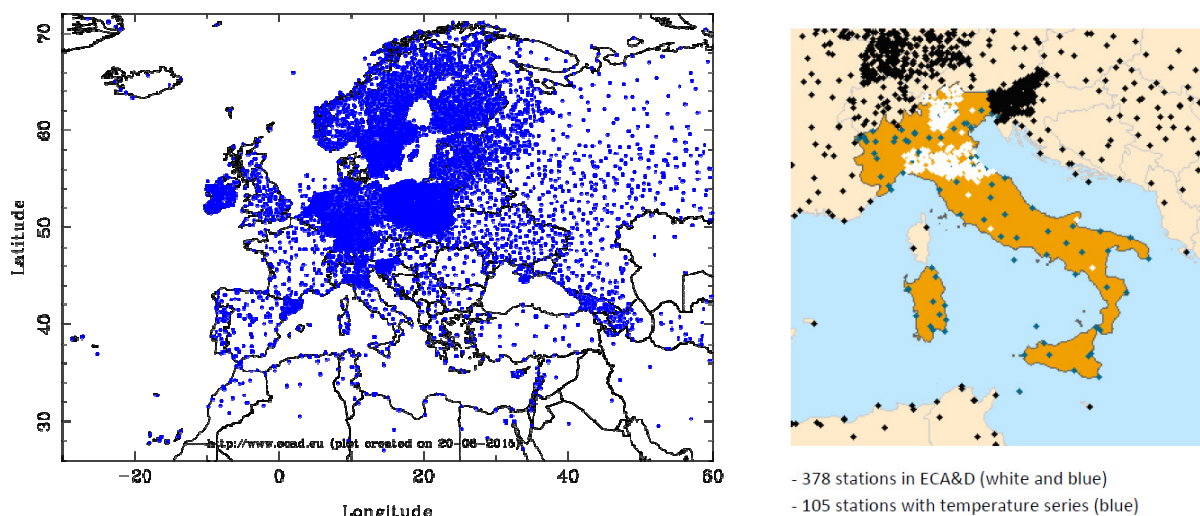





Figura 2-2 Distribuzione spaziale delle stazioni che forniscono dati per l'archivio E-OBS, visualizzate su tutta Europa (a sinistra, http://www.ecad.eu/images/all_stations_plot.png) e con focus sull'Italia (a destra, http://www.ecad.eu/countries/country_info.php?coun_id=it)

La Tabella 2-1 riporta il numero di stazioni disponibili complessivamente in Italia e, per confronto, quelle totali Europee.

Tabella 2-1 –Stazioni di misura che forniscono dati in E-OBS per l'Europa e l'Italia. Da sinistra a destra sono riportate le seguenti informazioni: il nome del Paese, l'area in km², il numero di stazioni che forniscono i dati di temperatura media (TG) e di precipitazione (RR) nel 1951 e nel 2000, l'area media ricoperta da una stazione per il 2000, il valor medio climatologico per le due variabili

		#Stns 1951		#Stns 2000		km ² per stn (2000)		Climatology 1981-2010		
	Name	Area (km²)	TG	RR	TG	RR	TG	RR	TG (° C)	RR (mm)
	Europe	39431824	1333	2458	2911	6069	13546	6497	2.6	550.5
	ITALY	300980	43	244	74	228	4067	1320	15.1	867.1

2.5 ENSEMBLES

Nell'ambito del Progetto Europeo **ENSEMBLES** (<http://www.ensembles-eu.org>), sono state realizzate numerose simulazioni modellistiche con diversi modelli regionali (RCMs, *Regional Circulation Models*), innestati in diversi modelli globali (GCMs, *Global Circulation Models*). Tra tutte le simulazioni rese disponibili nell'archivio del Progetto sono stati estratti 10 *runs* con le seguenti caratteristiche (Tabella 2-2):

- risoluzione spaziale di 25 km
- risoluzione temporale giornaliera
- configurazione con scenario emissivo SRES A1B (Nakićenović et al 2000)².

²Nel *Special Report on Emission Scenarios* (SRES), prodotto da IPCC e approvato nel 2000, vengono descritti i possibili scenari emissivi, ipotizzando diverse evoluzioni di sviluppo demografico, tecnologico ed economico. Sulla base di questi si

La forzante dello scenario A1B è la più usata nelle simulazioni modellistiche di ENSEMBLES. Del resto, per proiezioni con un orizzonte temporale fino al 2050, le incertezze introdotte da differenti scenari emissivi sono poco rilevanti (van der Linden and Mitchell, 2009).

Tabella 2-2 Elenco dei modelli considerati, ordinati secondo l'Istituto di ricerca che ha realizzato le simulazioni. In ultima colonna è riportata l'acronimo identificativo della simulazione

Istituto	Driving GCM	Modello RCM	Simulazione	Acronimo
CNRM ⁽¹⁾	ARPEGE_RM5.1	Aladin	CNRM-RM5.1_ARPEGE	C&A
DMI ⁽²⁾	ARPEGE	HIRHAM5	DMI-HIRHAM5_ARPEGE	D&A
DMI	BCM	HIRHAM5	DMI-HIRHAM5_BCM	D&B
ETHZ ⁽³⁾	HadCM3Q0	CLM	ETHZ-CLM_HadCM3Q0	E&H
ICTP ⁽⁴⁾	ECHAM5-r3	ICTP-REGCM3	ICTP-REGCM3_ECHAM5	I&E
KNMI ⁽⁵⁾	ECHAM5-r3	RACMO	KNMI-RACMO2_ECHAM5	K&E
HC ⁽⁶⁾	HadCM3Q0	HadRM3Q0	METO-HC_HadCM3Q0	M&H
SMHI ⁽⁷⁾	HadCM3Q0	RCA	SMHIRCA_HadCM3Q3	S&H
SMHI	ECHAM5-r3	RCA	SMHIRCA_ECHAM5	S&E
SMHI	BCM	RCA	SMHIRCA_BCM	S&B

⁽¹⁾ [Météo-France \(CNRM\)](#)

⁽²⁾ [Danish Meteorological Institute \(DMI\)](#)

⁽³⁾ [Swiss Institute of Technology \(ETHZ\)](#)

⁽⁴⁾ [The Abdus-Salam International Centre for Theoretical Physics \(ICTP\)](#)

⁽⁵⁾ [The Royal Netherlands Meteorological Institute \(KNMI\)](#)

⁽⁶⁾ [UK Met Office, Hadley Centre for Climate Prediction and Research \(HC\)](#)

⁽⁷⁾ [Swedish Meteorological and Hydrological Institute \(SMHI\)](#)

3 ELABORAZIONI DAI DB E-OBS E ENSEMBLE

3.1 Metodo di calcolo utilizzato

La stima dei gradi giorno per l'Italia nelle prossime decadi è stata fatta sulla base delle 10 simulazioni modellistiche elencate in Tabella 2-2. I valori ottenuti sono stati considerati facendo riferimento a quanto ottenuto da JRC/MARS (JM), nonché dai dati E-OBS.

Per ridurre l'incertezza nella stima, si è reputato ragionevole scartare le simulazioni che, rispetto a EOBS, risultavano meno performanti nella ricostruzione climatologica della temperatura media in Italia. Come indice di errore sono considerati sia il BIAS e il MAE (*Mean Absolute Error*) così definiti:

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N v_{mod}(k) - v_{obs}(k)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |v_{mod}(k) - v_{obs}(k)|$$

deducono le future emissioni antropogeniche da cui dipendono le future concentrazioni in aria di gas serra e aerosols, e quindi i futuri cambiamenti climatici. Nel SRES sono stati individuati quattro filoni principali che, a loro volta, propongono più scenari. Complessivamente sono stati proposti 40 scenari. Di questi si considerano 4 scenari di riferimento (A1B, A2, B1, B2), non perché ritenuti i più probabili degli altri ma perché meglio rappresentativi del particolare filone di appartenenza. Lo scenario A1B è intermedio tra il più pessimistico A2 (alte emissioni di gas serra) e il più ottimistico (B1).

ove N è il numero di punti griglia utilizzati per fare il confronto.

La tabella seguente riporta i valori di BIAS e MAE per ciascuna simulazione, individuata dall'acronimo, calcolati a scala annuale (in grassetto) e mensile. In rosso sono evidenziati gli errori maggiori.

Tabella 3-1 Indice di errore (BIAS e MAE) per modello (indicato dell'acronimo in prima colonna) delle temperature medie sull'Italia, valori medi annuali (in grassetto) e mensili. In rosso sono evidenziati gli errori maggiori

Mod	er	erryy	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
C&A	BIAS	-0.45	-0.74	-0.45	-1.06	-1.00	-1.23	0.07	-0.77	1.13	-0.09	-1.34	-1.29	-0.97
	MAE	0.71	1.59	1.49	1.51	1.41	1.69	1.47	-1.43	1.67	1.36	1.80	1.88	1.70
D&A	BIAS	2.47	1.56	1.65	0.95	1.26	0.96	2.91	-4.79	5.48	4.30	2.14	1.65	1.38
	MAE	2.47	2.04	2.13	1.61	1.57	1.74	3.19	-4.79	5.48	4.30	2.35	1.93	1.97
D&B	BIAS	-1.56	-1.30	-1.50	-1.69	-1.56	-1.92	-1.74	-1.78	-2.31	-1.75	-1.11	-1.16	-1.35
	MAE	1.56	2.00	2.35	2.12	1.85	2.16	1.88	-2.02	2.42	2.05	1.53	1.84	1.67
E&H	BIAS	-0.25	-1.98	-1.77	-2.03	-1.46	-0.78	0.43	-3.09	3.42	1.12	-0.72	-1.25	-1.44
	MAE	0.68	2.49	2.34	-2.61	1.91	1.47	1.36	-3.26	3.54	1.73	1.27	1.78	2.21
I&E	BIAS	-1.54	-0.96	-1.10	-1.52	-1.60	-1.91	-1.17	-1.71	-2.51	-2.01	-2.33	-1.43	-0.79
	MAE	1.54	1.71	2.26	-1.94	2.13	2.25	1.78	-1.77	2.64	2.15	2.51	1.85	1.69
K&E	BIAS	-0.31	-0.30	-0.35	-0.41	-0.21	-0.73	0.10	-0.19	-0.43	-0.56	-0.96	-0.34	-0.09
	MAE	0.70	1.55	2.05	-1.34	1.38	1.53	1.53	-1.42	1.51	1.43	1.50	1.46	1.49
M&H	BIAS	-0.14	-1.50	-1.20	-1.78	-1.37	-1.16	0.37	-3.15	3.14	1.19	-0.74	-1.06	-1.03
	MAE	0.65	2.12	1.89	-2.27	1.78	1.70	1.63	-3.34	3.17	1.50	1.46	1.76	1.79
S&B	BIAS	-1.01	-0.28	-0.58	-0.49	-0.55	-1.58	-1.77	-2.23	-2.26	-1.73	-1.01	-0.09	-0.07
	MAE	1.04	1.51	1.90	1.45	1.23	1.79	1.86	-2.31	2.31	1.88	1.44	1.34	1.25
S&E	BIAS	-0.93	-0.47	-0.38	-0.21	-0.33	-1.46	-1.58	-1.84	-1.98	-1.40	-1.38	-0.36	-0.31
	MAE	0.99	1.51	1.88	-1.33	1.26	1.79	1.89	-1.91	2.21	1.81	1.62	1.48	1.56
S&H	BIAS	-2.69	-3.43	-3.22	-2.29	-1.14	-1.74	-2.22	-2.60	-3.41	-3.16	-2.99	-3.14	-3.41
	MAE	2.69	3.51	3.39	2.51	1.50	1.90	2.42	2.74	3.44	3.22	3.13	3.28	3.47

La differenza tra le stime della temperature medie annuali $T_m = (T_{min}+T_{max})/2$ per l'Italia, dedotte dall'ensemble dei 10 modelli (M10) e dei 7 selezionati (M7) è visualizzata in Figura 3-1: i valori di riferimento E-OBS sono rappresentati dalla linea arancio continua; quelli di M10 e M07 rispettivamente in blue e in verde.

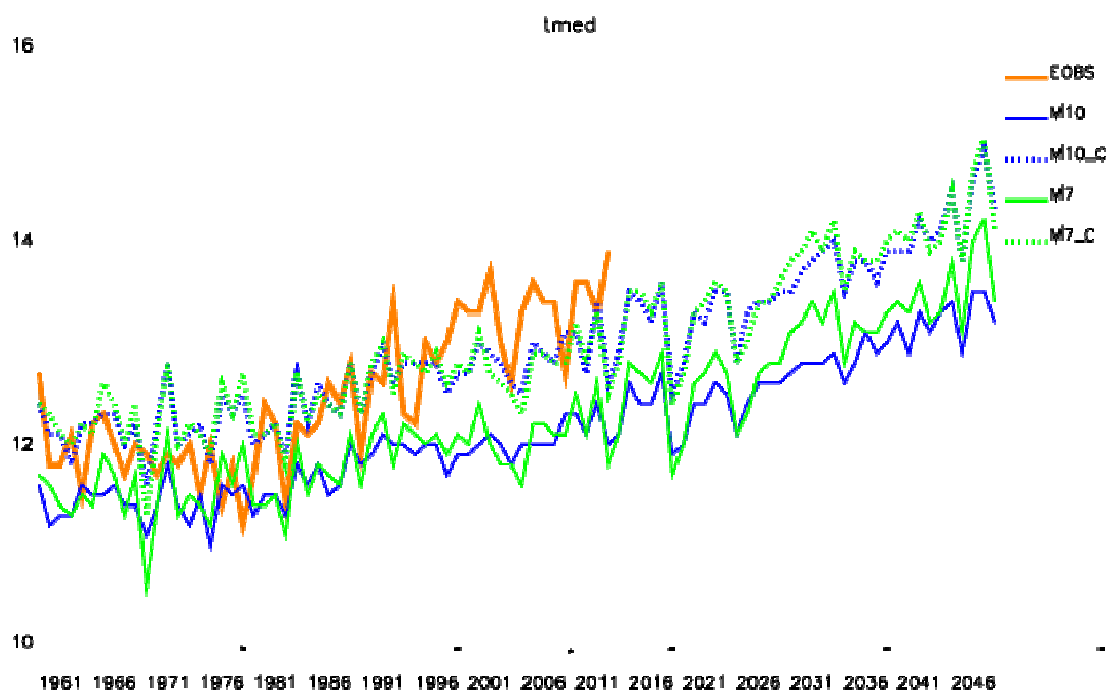


Figura 3-1 Valori medi annuali di temperature per l'Italia dedotti da E-OBS (linea arancio), dall'ensemble di 10 modelli, utilizzando i dati grezzi (M10) e corretti rispetto al BIAS mensile (M10_C); dall'ensemble di 7 modelli, utilizzando i dati grezzi (M07) e corretti rispetto al BIAS mensile (M07_C).

E' ben evidente come mediamente il modello sottostimi il dato di riferimento con uno scarto entro 1°C, in accordo con i dati di Tabella 3-1. Ovviamente l'ensemble M7 presenta uno scarto lievemente ridotto poiché in questo caso sono stati filtrati i modelli "più freddi".

Si sono, inoltre, considerati i valori giornalieri di temperatura di ciascuna simulazione "corretti" per il corrispondente BIAS mensile.

Sono quindi stati calcolati due nuovi *ensembles* (M10_C e M7_C) di valori.

Le medie annuali sono riportate nella stessa figura e visualizzate coi colori corrispondenti (blue e verde) con la linea tratteggiata.

In questo caso, le due curve M10_C e M7_C sono tra loro molto vicine e, ovviamente, hanno uno scarto inferiore ai valori di riferimento EOBS, anche se la semplice correzione effettuata non è in grado di permettere alla stima modellistica di riprodurre il trend non lineare del riscaldamento termico dedotto da EOBS: entrambe le curve M10_C e M7_C sottostimano EOBS negli ultimi 15 anni osservati.

Nel seguito vengono presentate le stime dei gradi giorno elaborate sulla base di 7 delle 10 simulazioni sopradette, scartando appunto quelle con l'indice d'errore maggiore rispetto ad EOBS, ovvero le simulazioni D&A, D&B e S&H.

I gradi giorno sono stati calcolati utilizzando sia il metodo EUROSTAT/JRC-MARS (§3.1.1) sia quello proposto da Giannakopoulos (§3.1.2).

Inoltre, considerato che, il fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento è correlato alle volumetrie di edificato che devono essere termoregolate, nell'ottenere un valore medio spaziale su una data area è importante pesare ciascun dato di temperatura/grado giorno con una variabile rappresentativa della distribuzione sul territorio delle volumetrie da termoregolare. A questo fine è stata utilizzato il dato della popolazione residente a livello comunale quale variabile proxy rappresentativa delle volumetrie. Nel seguito sono presentate le valutazioni dei gradi giorni ottenuti sia attraverso una semplice media spaziale dei punti sia attraverso una media pesata con la popolazione (§3.1.3).

3.1.1 Metodo EUROSTAT/JRC-MARS (J)

E' stato adottato il metodo utilizzato da EUROSTAT/JRC-MARS descritto sopra:

- a) $HDD = \max(T^* - T_m, 0.)$ con $T^* = 18^\circ C$ se $T_m < 15^\circ C$
b) $CDD = \max(T_m - T^{**}, 0.)$ con $T^{**} = 21^\circ C$ se $T_m > 24^\circ C$

ove $T_m = (T_{min} + T_{max})/2$

secondo la definizione dei gradi giorni HDD presa dal sito di Eurostat³ (§2.1) e la definizione dei gradi giorno CDD indicata da GSE che ha un contatto diretto con JRC-MARS (§2.2).

3.1.2 Metodo Giannakopoulos (G)

³ http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm

E' stata, inoltre, considerata la formulazione dei HDD e CDD proposta da Giannakopoulos (2009), adottata nella valutazione degli impatti nel progetto ENSEMBLES (Van Der Linden et al. 2009) al fine di evidenziare quanto il metodo scelto (in particolare i valori soglia) influenzano il risultato ottenuto.

$$\begin{aligned} \text{b) } & \text{HDD} = \max(T^* - T_m, 0.) \quad \text{con } T^* = 15^\circ\text{C} \\ \text{a) } & \text{CDD} = \max(T_m - T^{**}, 0.) \quad \text{con } T^{**} = 25^\circ\text{C} \end{aligned}$$

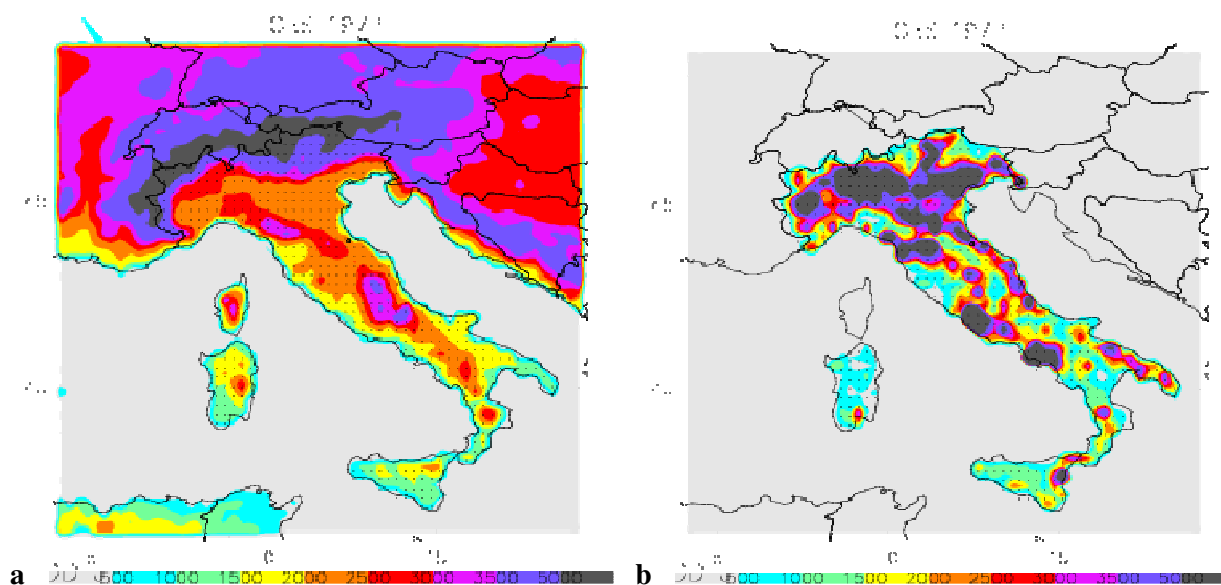
ove T_m = media giornaliera

3.1.3 Popolazione

Come detto sopra, sono stati calcolati i gradi giorno senza considerare la popolazione e tenendone conto. In questo caso ai punti griglia è stato dato un peso in funzione della densità abitativa. Ovviamente, il pattern di fabbisogno energetico risulta sensibilmente diverso, notevolmente maggiore laddove ci sono grandi città come Milano, Roma, Napoli.

A titolo di esempio le due figure seguenti illustrano i campi di HDD e CDD calcolati secondi la definizione adottata da EUROSTAT/JRC-MARS (§3.1.1) per gli anni 1972 e 2013, quindi due anni in cui le condizioni climatiche sono sensibilmente diverse, supponendo però la stessa densità abitativa.

Come si può osservare dalla Figura 3-2, l'aumento di temperature verificatosi nei 40 anni, riduce sensibilmente i valori di HDD, soprattutto nelle regioni a maggior quota orografica (v. mappe **a-c**). Il considerare l'effettiva richiesta energetica laddove risiede la popolazione comporta una significativa variazione nella stima dei gradi giorno (v. mappe **b-d**).



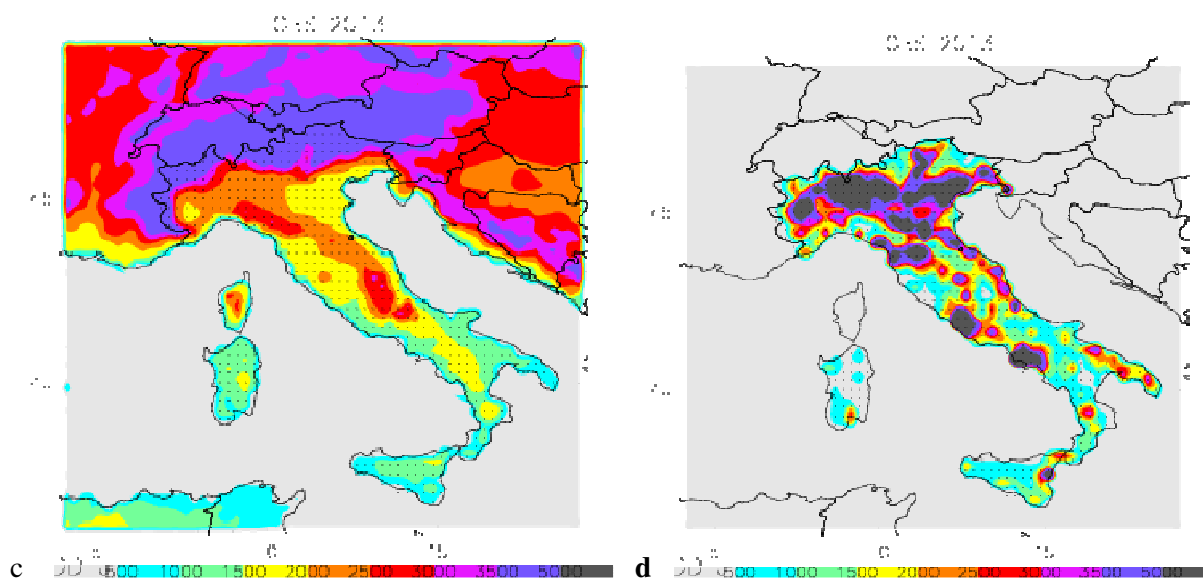
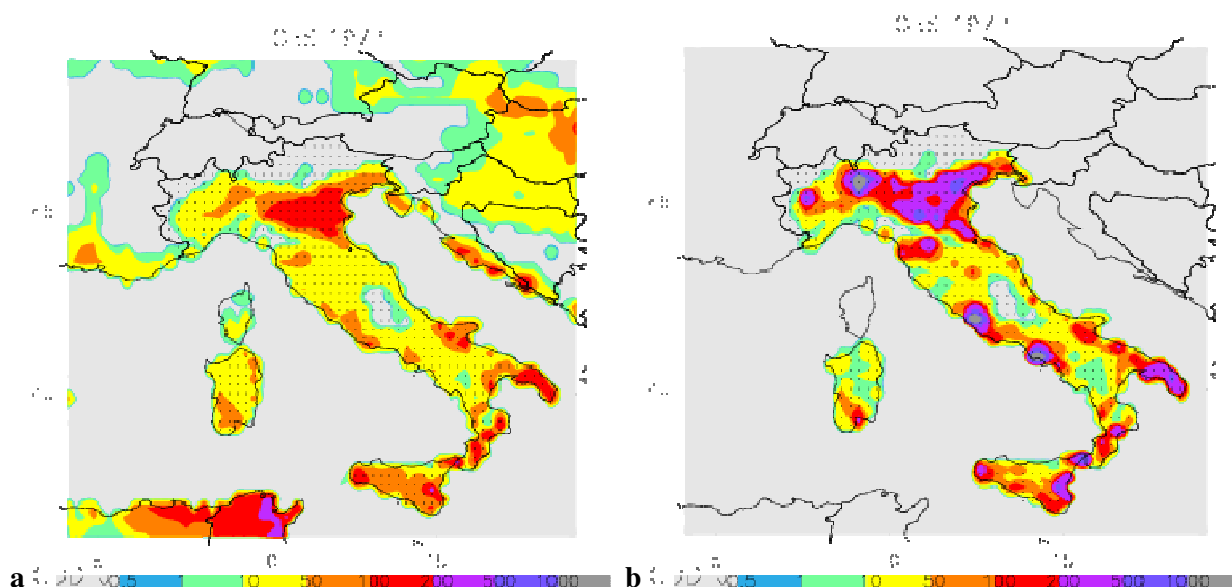


Figura 3-2 Distribuzione spaziale dei HDD calcolati per l'Italia per gli anno 1972 (a-b) e 2013 (c-d), sulla base delle temperature E-OBS, considerando in modo uniforme i punti griglia per l'Italia (a sinistra) e pesando rispetto alla popolazione (a destra), in questo caso ad ogni punto griglia viene associato un peso pari alla percentuale della popolazione corrispondente a quel punto griglia

L'aumento della temperatura è responsabile, ovviamente, anche dell'aumento dei valori CDD (Figura 3-3). Come mostra la mappa **d** della stessa figura, quando si considera l'effetto delle zone urbanizzate, i valori CDD aumentano notevolmente in condizioni di temperature media più elevata.



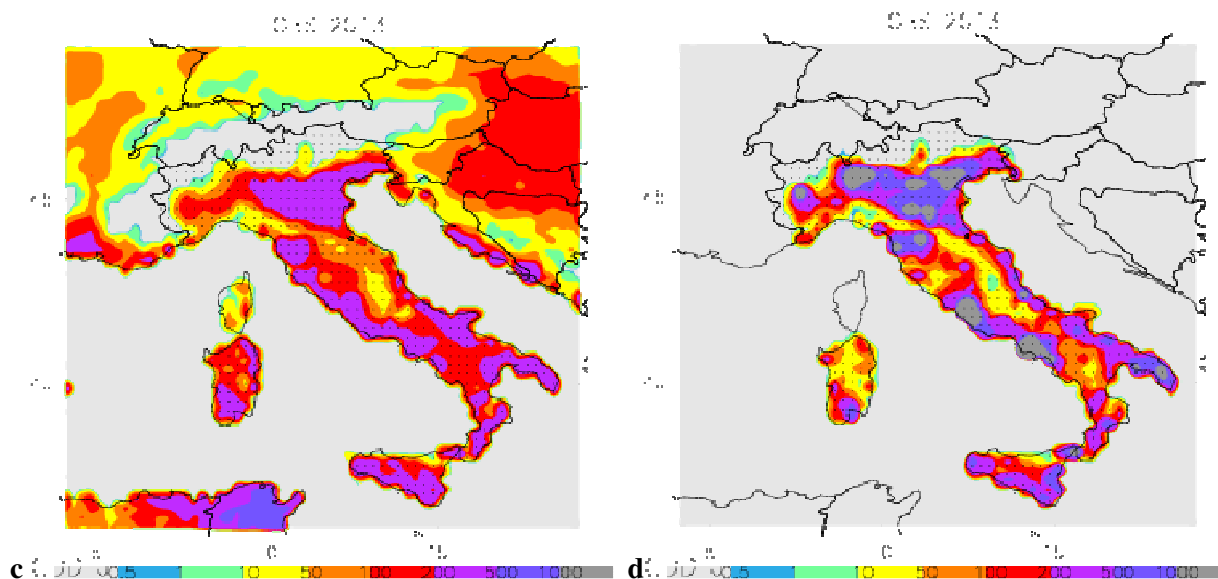


Figura 3-3 Analoga a Figura 3-2 ma riferita ai CDD

3.2 Analisi stime gradi giorno annuali sull'Italia

Nel seguito viene descritta l'analisi dei valori medi annuali sull'Italia per HDD e CDD ottenuti applicando i due metodi. Vengono indicati con:

- **HDDJ** e **CDDJ** i gradi giorno ottenuti con EUROSTAT/JRC-MARS (§3.2.1)
- **HDDG** e **CDDG** quelli ottenuti applicando Giannakopoulos (§3.2.2).

A questo scopo sono stati analizzati i dati di riferimento e quelli dedotti dall'ensemble dei 7 modelli in quattro condizioni:

1. dati grezzi senza considerare la popolazione (EOBS e M7)
2. dati grezzi tenendone conto della popolazione (EOBS_P e M7_P)
3. ensemble M7 corretto con BIAS senza popolazione (M7_C)
4. ensemble M7 corretto con BIAS e popolazione (M7_CP) .

Risultati analoghi sono stati ottenuti con l'ensemble M10 e, pertanto, non vengono qui visualizzati.

Dapprima si presentano i risultati relativi alle stime degli HDD: la Figura 3-4 mostra i risultati di HDDJ e Figura 3-5 quelli di HDDG, in entrambe si mostra il confronto anche con i dati pubblicati da JRC/MARS (JM, linea nera nelle figure suddette).

Quindi, in modo analogo seguono le analisi sulle stime di CDD: la Figura 3-6 visualizza il confronto tra le stime CDDJ e JM e la Figura 3-7 tra e CDDG e JM.

3.2.1 Gradi giorno per riscaldamento HDD

Confronto tra JM ed EOBS

Per quanto riguarda le stime di HDD, buono è il confronto tra i valori JM e gli analoghi di HDDJ di EOBS (Figura 3-4).

Poiché il criterio di stima è lo stesso ($T^* = 18^{\circ}\text{C}$ se $T_m < 15^{\circ}\text{C}$), è ragionevole supporre che le due basi dati di temperature siano confrontabili.

Le differenze tra JM e HDDG (Figura 3-5) si spiegano invece per effetto del valore T^* diverso. In questo caso è più basso ($T^* = 15^{\circ}\text{C}$) e, quindi la cumulata sull'anno dei valori HDD si riduce sensibilmente.

Confronto tra EOBS e M7

Il confronto tra le stime HDDJ ottenute da ensemble M7 con EOBS mostra che i valori M7 sono sempre più elevati (di circa 400-500°C), questo per effetto della sottostima di circa 1°C tra i dati grezzi di temperatura tra M7 e EOBS che comporta un calcolo più elevato degli HDD.

Se, invece si considerano i dati di M7_C si ottengono valori più vicini ai valori di EOBS per effetto proprio della correzione del BIAS mensile sulle temperature giornaliere. Risultano, tuttavia, sempre superiori, soprattutto a partire dal 1991 (di circa 100-200 °C, non mostrati nelle figure).

Questo in parte si spiega osservando che la semplice correzione fatta sui dati grezzi non permette alla serie M7_C di seguire perfettamente l'evoluzione termica di EOBS, in particolare negli anni '90 la serie M7_C ha valori di temperatura inferiori ai corrispondenti di EOBS (Figura 3-1) e questo comporta una stima superiore di HDD.

Inoltre, va considerato anche il fatto che potrebbero non essere trascurabili le differenze tra la stima modellistica M7 (o M10) e quella prodotta con EOBS per l'eventuale presenza di "buchi" nelle matrici di riferimento. C'è, infatti, la possibilità che il data-set EOBS, seppure frutto di interpolazioni spaziali di serie storiche, non sia completo. Quando infatti mancano i dati forniti dalle stazioni di misura, sulla base dei quali viene interpolato il campo su griglia regolare, la ricostruzione numerica non è possibile e la matrice si presenta con dati mancanti. Ciò può succedere soprattutto per le regioni montane, ove sono installate poche stazioni di misura (Hofstra et al. 2009).

Questa possibilità non riguarda invece i dati da modelli (i cui campi sono sempre completi).

In ogni caso, da una verifica sui dati disponibili risulta che ogni anno i dati mancanti rappresentano al più meno del 1 % dei dati totali. Non si ritiene che ciò possa inficiare sostanzialmente la stima degli HDD. Potrebbe, invece, essere necessario considerare questo fatto se i "buchi" riguardassero prevalentemente le zone ad elevata orografia ma questo non succede in quanto i "buchi" con orografia superiore a 500 metri superano raramente il 25% dei casi. Inoltre, le zone montane sono quelle meno abitate e, pertanto, non rilevanti nella stima effettiva degli HDD.

Poiché i valori HDD dedotti con EOBS sono leggermente sottostimati rispetto al valore corretto, sarebbe senz'altro utile disporre di un data-base completo. Ricostruire opportunamente i valori giornalieri mancanti di EOBS può non essere cosa facile in mancanza di dati di misura per più giorni.

Confronto tra stime senza popolazione (EOBS e M7) e con la popolazione (EOBS_P e M7_P)

Come già osservato, tenendo conto della distribuzione abitativa, si ottengono valori di HDD sensibilmente inferiori. Infatti, la popolazione risiede prevalentemente nelle zone a quote medio-basse, caratterizzate da temperature più alte rispetto a quelle caratteristiche dei rilievi elevati.

Poiché è stata ipotizzata una popolazione costante dal 1961 in avanti, la differenza tra EOBS ed EOBS_P e, analogamente, tra M7 e M7_P è costante.

Se si considera la ricostruzione modellistica HDDJ corretta con BIAS e popolazione (M7_CP) si trova che: il confronto tra tale stima e i valori EOBS pesati con la popolazione (EOBS_P) risulta soddisfacente sul periodo 1961-1995; negli anni successivi, invece, il confronto indica sovrastime di M7_CP di circa 200 °C, per effetto dei valori di temperatura più bassi rispetto al dato di riferimento (Figura 3-1). In un prossimo aggiornamento delle elaborazioni condotte verrà indagata la possibilità di correggere la

ricostruzione modellistica con un bias relativo agli ultimi 10-20 anni e non sull'intero periodo di disponibilità dei dati osservati.

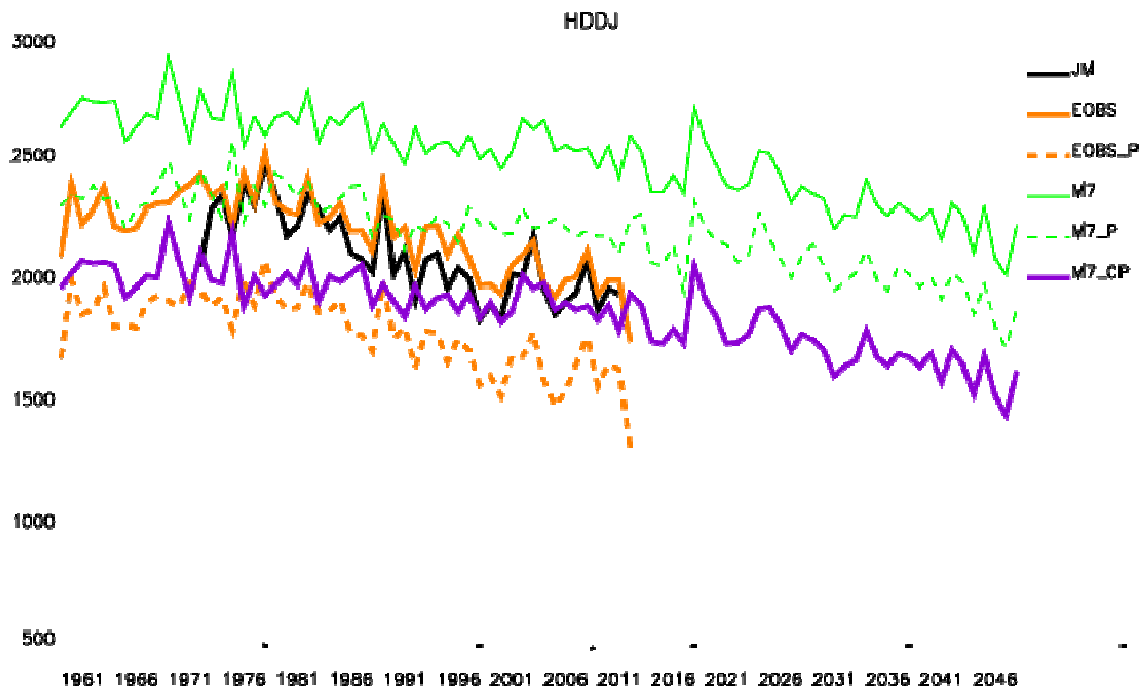


Figura 3-4 Valori medi annuali di HDD ottenuti adottando il criterio EUROSTAT/JRC-MARS per i dati EOBS (linea arancio) ed ensemble M7 (linea verde) in due configurazioni: nella prima sono stati pesati in modo uniforme i punti griglia (linea continua), nella seconda è stato associato ai punti griglia un peso dato dalla percentuale abitativa (linea tratteggiata). Inoltre si riportano i dati di HDD ottenuti dall'ensemble M7 corretto rispetto al BIAS e tenendo conto della popolazione (M7_CP, linea viola). I valori EUROSTAT/JRC-MARS (JM) sono visualizzati dalla linea nera.

Le stime HDDG risultano sempre inferiori (Figura 3-5) per effetto della soglia T^* più bassa, come detto sopra.

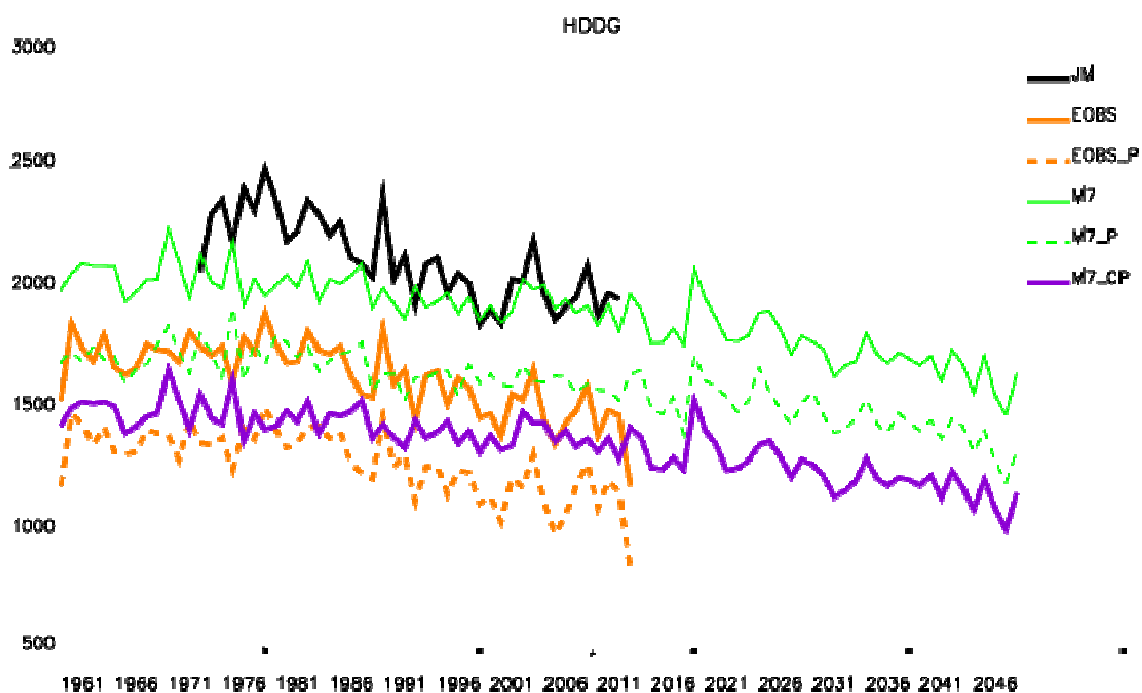


Figura 3-5 Analoga a Figura 3-4 ma per valori annuali HDD ottenuti applicando il criterio Giannakopoulos

3.2.2 Gradi giorno per raffrescamento CDD

Analogamente a quanto fatto per gli HDD sono stati analizzati i valori ottenuti per i CDD.

Anche in questo caso c'è un buon accordo tra i valori di JM e quelli di EOBS con metodo EUROSTAT/JRC-MARS avendo utilizzato la stessa soglia ($T^{**} = 21^{\circ}\text{C}$ se $T_m > 24^{\circ}\text{C}$) (Figura 3-6).

Come per gli HDD, la stima secondo Giannakopoulos risulta inferiore per effetto del valore più alto della temperatura base ($T^{**} = 25^{\circ}\text{C}$).

In questo caso le stime fatte tenendo conto della densità abitativa sono leggermente superiori o, comunque, molto simili a quelle ottenute pesando in modo uniforme i punti griglia, proprio perché la popolazione risiede a quote medio-basse e quindi interessa gli stessi punti griglia che pesano di più nel calcolo dei CDD.

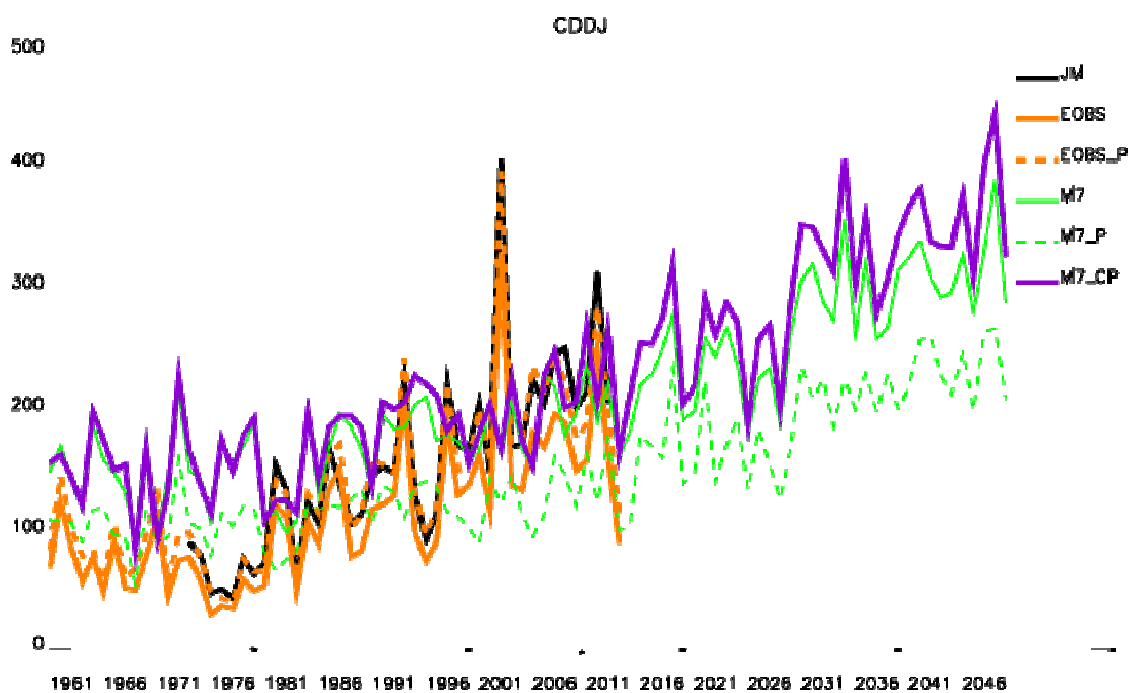


Figura 3-6 Analoga a Figura 3-4 ma i valori annuali CDD ottenuti applicando il criterio EUROSTAT/JRC-MARS

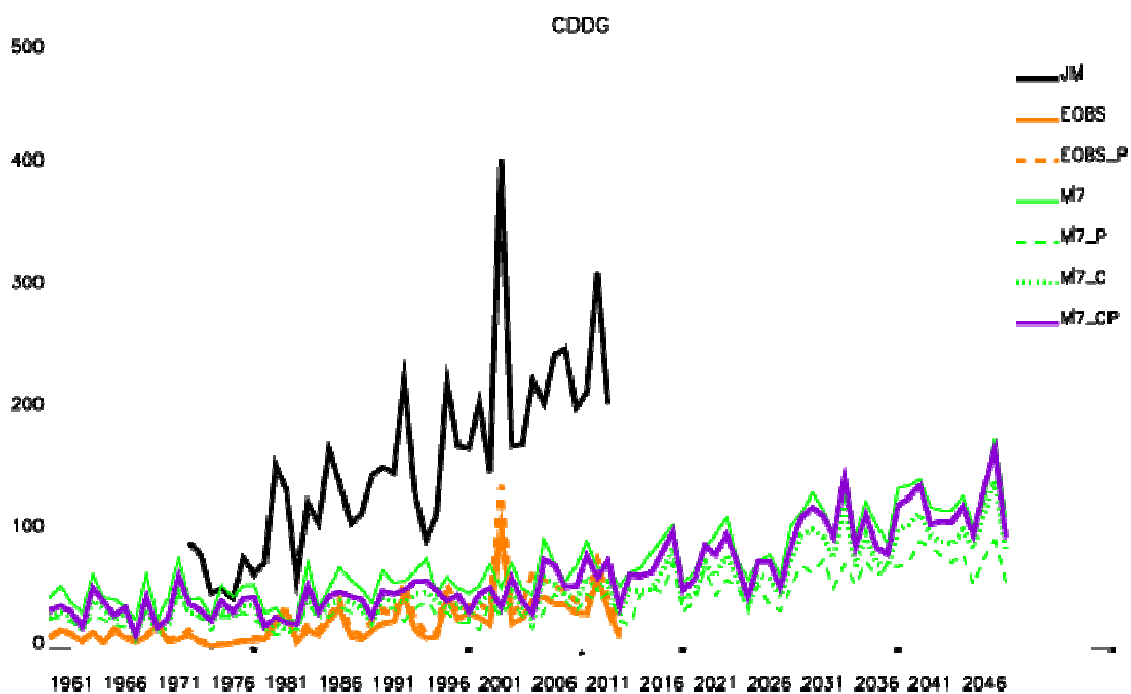


Figura 3-7 Analoga alla Figura 3-4 ma per valori annuali CDD ottenuti applicando il criterio Giannakopoulos

4 CONCLUSIONI

Le stime dei gradi giorno per riscaldamento (HDD) e raffrescamento (CDD) sono state ottenute mediante le metodologie JRC/MARS e Giannakopoulos, che utilizzano le temperature media giornaliere e diversi valori di temperature-base.

Attraverso l'elaborazione dei modelli ENSEMBLES è risultato soddisfacente il confronto tra i valori stimati con i dati pubblicati da JRC/MARS, oltre che con i valori ottenuti sulla base delle temperature di EOBS.

Le proiezioni fatte sui valori attesi per le prossime decadi indicano una sostanziale riduzione degli HDD e un significativo aumento dei CDD.

I valori presentati riguardano i valori medi annuali sull'Italia. Poiché tale stime sono state ottenute da matrici di dati con risoluzione 25 km, utilizzando maschere di geo-referenziazione per regioni, province e/o comuni, la metodologia proposta permette di scendere al dettaglio richiesto (compatibilmente con la risoluzione spaziale utilizzata).

Per una stima più accurata dei gradi giorno, andrebbero considerati anche gli effetti di altre variabili meteorologiche, quali vento ed umidità. In particolare, per i CDD, andrebbe considerata l'umidità relativa, da cui dipende fortemente la temperature percepita. Questo viene, per esempio, considerato con l'indice Humidex (v. casaaclima.com).

Pur emergendo una buona coerenza con i dati di riferimento, rimangono, tuttavia, alcune incertezze sul grado di rappresentatività dei risultati ottenuti poiché i dati di riferimento EOBS presentano talvolta delle matrici con dati mancanti. La presenza di questi "buchi" non permette un conteggio rigoroso dei gradi giorno e, quindi, una verifica stringente con la stima ottenuta.

Inoltre la stima dei gradi giorno, che dipende direttamente dal dato di temperatura, potrebbe essere migliorata "affinando" la correzione apportata a questa variabile: nel presente lavoro i dati di temperatura giornaliera sono stati "corretti" rispetto al valore di BIAS mensile calcolato per l'Italia sul periodo 1961-2014. Si potrebbe ottenere una miglior ricostruzione degli ultimi 10-15 anni (che sono quelli di maggior interesse) se si applicasse la stessa tecnica considerando il BIAS mensile calcolato solo su questo ultimo periodo o considerando un BIAS calcolato per regioni omogenee o, più in generale, applicando tecniche di ricalibrazione della temperature (es. Piani 2010).

Una verifica circa la bontà delle stime ottenute richiede comunque di poter disporre di dati di fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento per verificare le correlazioni tra le stime fatte e l'effettivo impatto sul fabbisogno energetico.

RIFERIMENTI

Giannakopoulos C., P. Hadjinicolaou, C. Zerefos, G. Demosthenous, 2009: “Changing Energy Requirements in the Mediterranean Under Changing Climatic Conditions”. *Energies* **2**, 805-815.

Haylock, MR, Hofstra N, Klein Tank AMG, Klok EJ, Jones PD, New N (2008): “A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation”. *J. Geophys. Res (Atmospheres)*, **113**, D20119, doi:10.1029/2008JD10201.

Hofstra, N., Haylock, M., New, M., and Jones, P. D. 2009. “Testing E-OBS European High-Resolution Gridded Data Set of Daily Precipitation and Surface Temperature.” *Journal of Geophysical Research* **114**: D21101. doi:10.1029/2009JD11799.

Piani, C., Haerter, J., and Coppola, E., 2010: Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe, *Theor. Appl. Climatol.*, **99**, 187–192, doi:10.1007/s00704-009-0134-9.

Troccoli A., L. Debus, Haupt S.E. 2014: “Weather Matters for Energy” *Springer*

Van Der Linden, P., and Mitchell, J. 2009. ENSEMBLES: Climate Change and Its Impacts: Summary of Research and Results from the ENSEMBLES Project. Exeter: Met Office Hadley Centre.

ALLEGATO 4

1. MATERIALE PER LA PRIMA RIUNIONE 18/4/2016

BOZZA PUNTI ALL'ORDINE DEL GIORNO (POLIMI)

1. Definire una metodologia di calcolo (da riverificare a valle della discussione):

a. Es. formula

$$HDD/CDD = \sum_{i=1}^n (T_t - T_e)$$

b. "n": numero di giorni di riscaldamento/raffrescamento (es. si inizia a contare con 3 giorni con $T < \text{soglia}$ e si smette per 3 giorni $> \text{soglia}$)

c. "T_t": temperatura di soglia (es. 18 °C per il riscaldamento, 26 °C per il raffrescamento)

– Caso raffrescamento terziario: ha senso definire soglie T diverse (apporti interni importanti)? Ha senso tener conto anche l'irraggiamento (superfici vetrate spesso ampie)?

d. "T_e": temperatura ambiente. Valore medio giornaliero? Come è calcolato? Sulla base di quali dati? Vedere punti successivi.

2. Fonti di dati a disposizione (es. centraline ARPA): quale risoluzione spaziale e temporale hanno?

3. Risoluzione temporale del database da costruire: giornaliero (calcolo dei DD) vs. orario (dati centraline)?

4. Risoluzione spaziale database (funzione delle fonti a disposizione)

a. Peso da dare ad ogni dato (es. quota dell'area di riferimento? Abitanti dell'area di riferimento?) qual è lo scopo?

Come proiettare i valori nel futuro (scelta giornalieri vs. orari)? Tenere conto dei trend evolutivi di lungo periodo, ma anche delle variazioni stagionali (es. estati anticipate, ecc.) -> no semplice coefficiente di correzione costante

2. MATERIALE PER LA SECONDA RIUNIONE DEL 7/7/2016

Gradi giorno per Tabellone Parametri Gruppo 1 (ISPRA)

Heating degree days

Sono stati calcolati in base alla definizione di EUROSTAT http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm:

soglia 18 °C ma integrazione solo per $T \leq 15$ °C.

Da notare che altrove la definizione di HDD (per qualsiasi soglia) prevede la integrazione per $T \leq$ soglia, che comporta valori finale di HDD maggiori di quelli della definizione EUROSTAT.

Per il momento sono stati utilizzati i dati giornalieri della rete sinottica nazionale; in futuro sarà possibile incrementare il numero di stazioni); calcolati i valori mensili di HDD e normalizzati al numero di giorni di ciascun mese per correggere i mesi con dati mancanti (si verificano tuttavia solo pochi casi con numero di giorni comunque sempre ≥ 26).

Sono state poi selezionate solo le stazioni con tutti e 12 mesi in un anno. Per gli anni 2000, 2005, 2010 e 2015 (dati da inserire nel tabellone) risultano da 75 a 105 stazioni per anno.

I valori di HDD risultano compresi tra un minimo di ca. 600 (per es. a Lampedusa) a un massimo > 8000 (Plateau Rosa).

Media nazionale: la media aritmetica dei valori puntuali è inadeguata, sia perché dipende dall'elenco delle stazioni disponibili per ciascun anno (che implica non poter confrontare correttamente anni diversi), sia perché le stazioni sono distribuite in modo non omogeneo sul territorio nazionale. Sono stati quindi prodotti file di valori interpolati su griglia regolare (a 1 km di risoluzione) con co-kriging e variabili esterne orografia e latitudine (fortemente correlate, soprattutto l'orografia, con gli HDD). La mappatura dei valori di HDD consente anche la possibilità di calcolare i valori per diverse aggregazioni geografiche (per esempio regionali). Il valore medio nazionale è stato quindi ottenuto dalla media degli HDD sui punti di griglia che ricadono all'interno dei confini nazionali, ad esclusione dei punti con quota s.l.m. > 2000 metri, considerati non rappresentativi di aree popolate e quindi non utili al calcolo degli HDD (l'inclusione di questi punti porterebbe a una sovrastima degli HDD).

Risultati per gli anni richiesti:

	2000	2005	2010	2015
Heating degree days	1912	2328	2226	1808

Cooling degree days

Per i CDD non c'è una definizione precisa di EUROSTAT analoga agli HDD. Su alcuni siti soprattutto degli USA (NOAA, NCEPS) si trovano definizioni simmetriche rispetto a quella di HDD, con la stessa soglia (65 °F). Pertanto, è stata adottata una definizione simmetrica a quella di HDD di EUROSTAT, con la stessa soglia (18 °C) :

CDD = somma (Tmedia – 18) se Tmedia >= 21

Per calcolare i valori medi nazionali annuali e' stato applicato un procedimento analogo a quello degli HDD.

Si ottengono i seguenti valori medi nazionali:

	2000	2005	2010	2015
Cooling degree days	513	347	498	537

Degree days -- WMO (ISPRA)

Definizione e metodo EUROSTAT (dati forniti da JRC per tutta Europa e usati anche da GSE – Luca Benedetti – v. emai R. Vigni del 31/3)

http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm

The accuracy of the basic data depends on the quality of the measurements.

The raw temperature from 1500 weather stations (in Europa) are collected and processed by the Joint Research Center (JRC), using a fine grid (50kmx50km). A methodological model is applied to establish the best set of weather stations for the interpolation of temperature data at regional level (according to NUTS). The interpolation consists of a simple average, corrected for altitude difference.

Heating Degree Days based on the Eurostat methodology are calculated by the Joint Research Centre (IES/MARS Unit) at national and European level.

WMO Bulletin 2011 -- Meteorology and the energy sector - a WMO perspective

https://www.wmo.int/pages/publications/bulletin_en/archive/60_2_en/60_2_energy_en.html

. Unit for estimating the demand for energy required for heating or cooling. In the United States, the typical standard indoor temperature is 65°F (18.3°C). For each 1°F decrease or increase from this standard in the average outside temperature for each day this occurs, one heating or cooling degree day is recorded.

Link a pagina divulgativa su DD x settore energia

https://www.wmo.int/pages/themes/climate/applications_energy.php

HDDheat, heating degree days: accumulated departures of daily mean temperature below a specified threshold (to be identified by the user), i.e. there is one HDD for each degree of departure below the standard during one day.

• **CDDcold, cooling degree days:** accumulated departures of daily mean temperature above a specified threshold (to be identified by the user), i.e. there is one CDD for each degree of departure above the standard during one day.

ClimPACTV2

A document prepared on behalf of The Commission for Climatology (CCI) Expert Team on Sector-Specific Climate Indices (ET-SCI)

24. HDDheat, user-defined heating degree days: annual sum of $T_b - TM$ where T_b is a user-defined location-specific base temperature.

Let TM_{ij} be the daily mean temperature on day i in period j and let T_b be a user-defined location-specific base temperature (e.g. needed to heat a building). Then,

$HDDheat = \text{sommatoria where } TM_{ij} < T_b$

25. CDDcold, user-defined cooling degree days: annual sum of $TM - T_b$ where T_b is a user-defined location-specific base temperature.

Let TM_{ij} be the daily mean temperature on day i in period j and let T_b be a user-defined location-specific base temperature (e.g. needed to cool a building). Then,

$CDDcold = \text{sommatoria where } TM_{ij} > T_b$

26. GDDgrow, user-defined growing degree days: annual sum of $TM - T_b$ where T_b is a user-defined location-specific base temperature.

Let TM_{ij} be the daily mean temperature on day i in period j and let T_b be a user-defined location-specific base temperature (e.g. needed for plant growth). Then,

$GDDgrow = \text{sommatoria where } TM_{ij} > T_b$

Indice di severità climatica (ISPRA)

L'Indice di severità climatica, cosiddetto "all weather" è stato sviluppato da ENEA ai fini di una classificazione del territorio nazionale in zone climatiche estive per la determinazione dei valori limite del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva.

In una prima applicazione è stata verificata la validità del modello matematico utilizzato, prendendo in esame, per il calcolo del fabbisogno energetico per il raffrescamento estivo al variare delle caratteristiche climatiche (temperatura, radiazione solare e umidità), prima un edificio residenziale, ed in seguito, un edificio del terziario ad uso ufficio, situati in venti località di riferimento; ne è conseguita l'assegnazione di 101 capoluoghi di provincia a sette zone climatiche estive (da A a G) di indice di severità estivo e, quindi, di fabbisogno energetico crescente.

Successivamente è stata estesa la valutazione dell'Indice di Severità a tutti i comuni italiani:

partendo dai dati climatici riportati nella UNI 10349/94 per 101 province italiane, e seguendo, di massima e laddove possibile, le metodologie ed i criteri di interpolazione dei dati esposti nella norma, sono state valutate per le varie località in esame, le tre grandezze climatiche fondamentali, ovvero Temperatura, Irradiazione solare e Umidità specifica, con le quali è stato così possibile calcolare l'Indice di Severità Climatica.

Dall'anno 2009, il CTI (Comitato Termotecnico Italiano - Energia e Ambiente), avvalendosi degli esperti del Gruppo CTI GL102/SG09 "Revisione UNI 10349" sta curando l'aggiornamento dei dati climatici secondo la metodologia prevista dalla norma europea UNI EN ISO 15927-4/2005 che introduce la definizione dell'anno meteorologico tipo (TRY – Test Reference Year).

Nel corso degli anni 2012-2013 ENEA ha partecipato ai lavori del Gruppo CTI con l'obiettivo di introdurre nella nuova UNI 10349 l'indice di severità climatica ENEA tramite un parametro puramente climatico a esso proporzionale (modulo del vettore climatico). Infatti, nel Programma di Normazione Nazionale aggiornato al 22 gennaio 2015 (contenente l'elenco delle norme nazionali, delle specifiche tecniche e dei rapporti tecnici in fase di elaborazione presso il "sistema UNI"), emerge che è previsto il progetto "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) e altri indici sintetici" (E0201E813; UNI 10349-3).

In particolare, si è conclusa da poco, il 20 febbraio 2016, la seconda inchiesta pubblica finale per il progetto suddetto, che si dovrebbe concretizzare in un rapporto tecnico che intenderà fornire, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale a essi asserviti. I dati di progetto contenuti nel rapporto tecnico sono rappresentativi delle condizioni climatiche limite, da utilizzare per il dimensionamento degli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale e per valutare il rischio di surriscaldamento estivo. documento, (Tale documento dovrebbe sostituire la UNI 10349:1994).

http://www.uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4655:seconda-inchiesta-finale-per-un-progetto-sul-riscaldamento-e-raffrescamento-degli-edifici&catid=171&Itemid=2612

"La UNI 10349-3 fornisce metodi di calcolo e prospetti di sintesi relativi a indici sintetici da utilizzarsi per la descrizione climatica del territorio. Essa completa la UNI EN ISO 15927-6 fornendo la metodologia di calcolo per la determinazione, sia nella stagione di raffrescamento sia nella stagione di riscaldamento degli edifici, dei gradi giorno, delle differenze cumulate di umidità massica, della radiazione solare cumulata su piano orizzontale e dell'indice sintetico di severità climatico del territorio. Gli indici possono anche essere utilizzati per una prima verifica di massima degli impianti". (http://uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3411%3Acosa-sta-facendo-la-normazione-nazionale-per-la-termotecnica&catid=171&Itemid=2612)

[1] " *Prima Applicazione dell'Indice di Severità Climatica "ALL WEATHER" per la Definizione delle Zone Climatiche dell'Italia per la Regolamentazione dei Consumi Energetici Derivanti dalla Climatizzazione Estiva degli Edifici*" - L. Terrinoni, P. Signoretti, D. Iatauro, C.

Romeo, A. Federici - RT/2010/18/ENEA

[2] " Edifici del settore terziario. Seconda Applicazione dell'Indice di Severità Climatica "ALL WEATHER" - L. Terrinoni, P. Signoretti, D. Iatauro - RT/2011/12/ENEA

[3] "INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA: CLASSIFICAZIONE DEI COMUNI ITALIANI AI FINI DELLA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA DEGLI EDIFICI" Luciano Terrinoni, Paolo Signoretti, Domenico Iatauro settembre 2012

[4] ENEA/MISE "Aggiornamento parametri climatici nazionali e zonizzazione del clima nazionale ai fini della certificazione estiva", G.Riva, G. Murano 2013"
http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/edifici-pa/2012/rds-2013-153.pdf

[5] INTEGRAZIONE DELL'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA ENEA NELLA NUOVA NORMA UNI 10349-3 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Differenze di temperature cumulate (gradi giorno ed altri indici sintetici) " Luciano Terrinoni, Paolo Signoretti, Domenico Iatauro (ENEA), 2013

3. VERBALE SECONDA RIUNIONE

GdL HDD / CDD

Sintesi esiti riunione 7/7

Partecipanti: RSE, GSE, TERNA, SNAM, PoliMI, ISPRA

La riunione, dando seguito a quanto stabilito nel primo incontro è iniziata con una valutazione della norma **UNI 10349** e in particolare:

UNI 10349-1 Dati climatici – parte 1: medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica.

UNI 10349-3 Dati climatici – parte 3: Gradi giorno e altri indici.

Si è evidenziato che alcuni aspetti della norma non sono chiari quali, in particolare, le reti di monitoraggio e le fonti dei dati meteo utilizzati per il calcolo delle medie mensili dell'anno-tipo e conseguentemente per il calcolo dei gradi giorno degli altri indici.

In generale, si rileva che le finalità e i contenuti della norma non si prestano bene a un utilizzo per gli scopi del GdL, per due ordini di motivi: 1) la specificità dello scopi e degli ambiti di applicabilità della norma (edifici) non corrisponde

agli scopi più generali e alla scala spaziale più ampia, che devono essere presi in considerazione dal GdL; 2) i dati meteorologici di input al calcolo degli indici descritti nella norma e in particolare le serie di dati orari, non sono disponibili nella generalità spaziale e temporale delle applicazioni di cui si occupa il GdL.

SNAM ha presentato la metodologia di calcolo del grado giorno medio nazionale ponderato utilizzato in ambito gas previsto dallo schema regolatorio ed utilizzato per le valutazioni di analisi del rischio di sistema (procedure di emergenza gas, rischio di punta di freddo, sicurezza del sistema, etc.). La metodologia, basata sulla definizione di 18 zone climatiche facenti capo alle stazioni meteo AM, consente il calcolo del grado giorno nazionale e la definizione di un gradiente di consumo gas per riscaldamento a livello nazionale e a livello di zona climatica.

RSE ha illustrato la propria relazione sui gradi giorno già condivisa con il gruppo di lavoro. In particolare nella relazione sono stati confrontati tra loro i gradi giorni proposti da alcune fonti (Eurostat, JRC/MARS, ISPRA). Successivamente sono stati presentati alcuni esempi di calcolo e confronto tra HDD e CDD basati su dati osservati e spazializzati su griglia regolare a passo 25km (E-OBS) e su previsioni con modelli climatici (ENSEMBLES). Nella valutazione dei gradi giorno medi nazionali è stata evidenziata l'importanza di utilizzare dei "pesi" rappresentative sul territorio della reale necessità di riscaldamento/raffrescamento. Nell'esempio illustrato da RSE è stata utilizzata la distribuzione della popolazione. Infine, relativamente alle proiezioni future, è stata rimarcata l'importanza di trovare un raccordo tra proiezioni dei modelli climatici con i dati osservati del passato.

Terna si è impegnata a verificare la possibilità di ottenere una analisi dei consumi elettrici utile per il riscontro dell'attendibilità dei dati per i CDD.

Lo stato dell'arte della discussione dei vari aspetti nell'ambito del GdL è il seguente:

Algoritmo di calcolo base: si conviene di fare riferimento a quello EUROSTAT/JRC;

Valori soglia: per gli HDD 18°C con integrazione al di sotto di 15°C ($HDD = 18 - T_m$ se $T_m \leq 15$);

per i CDD c'è un'ipotesi 21 °C con integrazione al di sopra di 24°C ($CDD = T_m - 21$ se $T_m \geq 24$)(fonte ufficiosa JRC da verificare);

Valutare opportunità di lavorare con intervallo di calcolo: HDD dal 15 ottobre al 14 aprile; CDD dal 15 aprile al 14 ottobre;

Spazializzazione su grigliato regolare e aggregazione/disaggregazione spaziale: opportuno approfondire e verificare il metodo JRC. La spazializzazione ad alta risoluzione (1x1 km) che si ottiene a partire dai dati ISPRA consente comunque di disaggregare facilmente i dati su base regionale, provinciale o altro, come necessario alle attività del Gruppo 3; valori pesati con variabili esterne: sono da considerare la distribuzione della popolazione (come mostrato da RSE) e/o i dati di consumo energetico (SNAM).

Per approfondire i diversi aspetti e consentire un confronto con la metodologia JRC finora utilizzata per il calcolo e la comunicazione dei valori HDD nazionali, ISPRA si è impegnata a contattare formalmente il JRC chiedendo una serie di spiegazioni e chiarimenti su vari aspetti specifici della metodologia adottata e in particolare:

- As daily temperature input data, are weather stations datasets (A) or gridded reanalysis (B) data (and, in this case, which reanalysis) used?
- In the case (A), the approximate number of weather stations, among the 1500 for all Europe, used for Italy;
- Spatial interpolation: are 1) temperature data interpolated and then degree-days calculated on grid points or 2) degree days on station points calculated and then interpolated?
- Method of interpolation and spatial resolution of the grid;
- The method of calculation of the mean "national" degree days value starting from the grid values; the same, for the values on each of the 20 Italian regions;
- Is it applied or is it foreseen to apply any "weighting" of the degree days spatial distribution, based on population or other data spatial distribution?
- Cooling degree days (if calculated): definition and threshold temperature value(s).

4. RICHESTA DI INFORMAZIONI AL JRC SULLA METODOLOGIA ADOTTATA PER LA STIMA DEGLI HDD/CDD



Rome, 13 LUG. 2016

VIA E-MAIL

-46309

To: Dr. Neil HUBBARD
Unit Head
Monitoring Agricultural Resources
(MARS) Unit
Institute for Environment and
Sustainability (IES)
JRC Ispra, Italy
neil.hubbard@ec.europa.eu

Subject: The methodology applied to produce the estimate of HDD and CDD for Italy.

Dear Dr. Hubbard,

As you are certainly aware the Italian Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), where I carry out my function as President, is the competent government authority for all tasks and scientific activities of national interest for the protection, enhancement and improvement for the environment, water resources, nature conservation and soil. It supports regulatory activities of the Environment Ministry, including the fulfilment of reporting requirements on the state of environment, sustainable development indicators and the national implementation of EU directives.

ISPRA is coordinating a Working Group for the activities of the Presidency of the Council of Ministers in the field of decarbonisation. In this context it would be useful to deepen and integrate the input data of the parametric diagram on the European reporting scenarios (Italy Climate Policy Progress Report).

On the basis of the above, it was requested a detailed study on the methodology used for the estimate of Heating degree days (HDD) and Cooling degree days (CDD) for Italy. In particular, the information regards the following aspects:

- As daily temperature input data, are weather stations datasets (A) or gridded reanalysis (B) data (and, in this case, which reanalysis) used?
- In the case (A), the approximate number of weather stations, among the 1500 for all Europe, used for Italy;
- Spatial interpolation: are 1) temperature data interpolated and then degree-days calculated on grid points or 2) degree days on station points calculated and then interpolated?
- Method of interpolation and spatial resolution of the grid;



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

- Is it applied or is it foreseen to apply any “weighting” of the degree days spatial distribution, based on population or other data spatial distribution?
- Cooling degree days (if calculated): definition and threshold temperature value(s).

I thank you very much in advance for your kind and courteous attention to these points and I will be very grateful for any feedback you can provide.

My Best Regards.

Prof. Bernardo De Bernardinis
ISPRA President

5. RISPOSTA DEL JRC ALLA RICHIESTA DI INFORMAZIONI ISPRA

Ref. Ares(2016)3922917 - 26/07/2016



EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE-GENERAL
JOINT RESEARCH CENTRE
Directorate D Sustainable Resources
Food Security Unit – D5

Ispra, 25 July 2016

Subject: The methodology applied to produce estimate of HDD and CDD for Italy

Dear Prof. Bernarndo De Bernardinis,

Thank you very much for your letter and your interest in our methodology to calculate HDD and CDD days. We assume that your questions relate to the HDD as published by EUROSTAT and available as dataset for download as well as from our resource portal. See <http://ec.europa.eu/Eurostat/web/energy/data> and <http://agri4cast.jrc.ec.europa.eu/DataPortal/Index.aspx?o=d>.

Please see the following answers concerning your questions:

As daily temperature input data, are weather stations datasets (A) or gridded reanalysis (B) data (and, in this case, which reanalysis) used?

- For the calculation of the HDD only data from weather stations (A) is used.

In the case (A), the approximate number of weather stations, among the 1500 for all Europe, used for Italy?

- We receive daily data from 265 Italian weather stations, thereof 119 are classified as reliable with at least 80% of daily values during the years not null. These are used for the calculation.

Spatial interpolation: are 1) temperature data interpolated and then degree-days calculated on grid points or 2) degree days on station points calculated and then interpolated?

- Degrees indices are calculated on grid points (1)

Method of interpolation and spatial resolution of the grid?

- The grid size is 25 km by 25 km. The interpolation follows the interpolation applied for the station data in the frame of the MARS Crop Yield forecasting System. The interpolation method of daily mean temperature is done using an average of neighbourhood values by using a selection based on climate/location criteria. See also

http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/agri4castwiki/index.php/Interpolation_of_observed_weather

Is it applied or is it foreseen to apply any "weighting" of the degree days spatial distribution, based on population or other data spatial distribution?

- EUROSTAT / DG ENERGY are responsible for the methodology and possible further developments. Currently there is no specific weighting, only the area is taking into account when aggregating data from the grid level to NUTS level.

Cooling degree days (if calculated): definition and threshold temperature value(s).

- For Cooling degree days Index if $t_{mean} \geq 24$ SUM ($T_{mean} - 21$) else 0. The thresholds are defined in agreement with DG ENERGY to whom we also supply the data.

In case of further questions please let us know.



Neil HUBBARD

European Commission, Via Enrico Fermi 2749, I-21100 Varese (Varese) - Italy. Telephone: (39)0332-78-9111. Office: 26B 00/031. Telephone: direct line (39)0332-78-5725. Fax: (39)0332-78-5162.

E-mail: neil.hubbard@ec.europa.eu

6. MATERIALE PER LA TERZA RIUNIONE DEL 13/09/2016

Specifica: informazioni attese dal gruppo Gradi Giorno per gli scenari del GdL3

L'obiettivo di questa specifica è di indicare le informazioni che sarebbe utile o necessario ottenere dal gruppo Gradi Giorno al fine di supportare l'attività di sviluppo scenari del GdL3.

Le richieste cercano di comprendere diverse necessità derivanti anche dall'utilizzo di modelli differenti.

Richieste:

0. Descrizione delle metodologie utilizzate per il calcolo dei gradi giorno e per le medie geografiche.
1. **Variazione percentuale dei gradi giorno di riscaldamento e di raffrescamento** attesi e **Variazione percentuale dei fabbisogni unitari** (ossia di quanto varia in % il fabbisogno di calore e di frigorifici di una unità di volume dello stesso edificio per il solo effetto dei CC), rispetto al 2010, indicativamente ogni 10 anni;
2. **Dettaglio geografico**: la variazione deve fornire un valore **medio nazionale per singola zona climatica** (quali zone climatiche esattamente?) e **medie complessive regionali** (o almeno per le sei zone geografiche delle aree di mercato elettrico) utili per le analisi d'impatto a valle, infine, se possibile, anche medie **provinciali** sarebbero utili (utilizzabili per il modello TIMES di ISPRA)
3. **Dettaglio temporale**: se possibile, fornire i valori per mese o almeno per stagione (Dic-Feb, Mar-Mag, Giu-Ago, Set-Nov) perché le variazioni dei fabbisogni termici non saranno omogenee nelle stagioni.
4. Relazione tra variazione gradi giorno e variazione fabbisogni termici (di caldo e di freddo) basati anche sull'analisi degli anni 2003, 2005, 2010 e 2014 che hanno valori abbastanza estremi di DD.

CONFRONTO METODI DI CALCOLO CDD (SNAM)

Per valutare le diverse metodologie di calcolo dei gradi giorno è stata effettuata un'analisi di temperatura con un database riferito al periodo 1/3/2008- 31/12/2005, con un dettaglio provinciale, fornito da EPSON METEO. Per l'intero periodo considerato è stata calcolata la temperatura giornaliera per ogni provincia applicando la media matematica (**Tm: (Tmax+ Tmin)/2**).

La temperatura nazionale (**Tm_{Italia}**) è stata calcolata come **media** della temperatura giornaliera di ciascun osservatorio

Si è quindi calcolato il grado giorno di **raffrescamento medio nazionale** (CDD) applicando 3 formule distinte:

$$1) \text{ CDD}_{21} = \begin{cases} Tm_{Italia} - 21 & \text{se } Tm_{Italia} \geq 24 \\ 0 & \text{se } Tm_{Italia} < 24 \end{cases} \quad \text{metodo JRC}$$

$$2) \text{ CDD}_{24} = \begin{cases} Tm_{Italia} - 24 & \text{se } Tm_{Italia} \geq 24 \\ 0 & \text{se } Tm_{Italia} < 24 \end{cases} \quad \text{metodo DPR n 74 senza soglia}$$

$$3) \text{ CDD}_{27} = \begin{cases} Tm_{Italia} - 24 & \text{se } Tm_{Italia} \geq 27 \\ 0 & \text{se } Tm_{Italia} < 24 \end{cases} \quad \text{metodo DPR n 74 con soglia } 3^\circ\text{C}$$

Una volta calcolato il CDD giornaliero con le tre diverse metodologie sono stati sommati i valori riferiti allo stesso mese in modo da ottenere un grado giorno per raffrescamento cumulato mensile.

Emerge quanto segue:

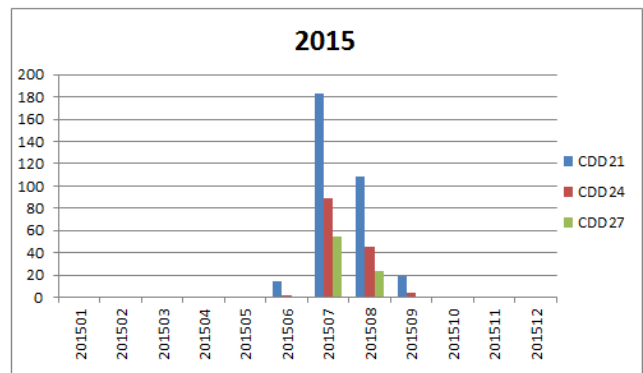
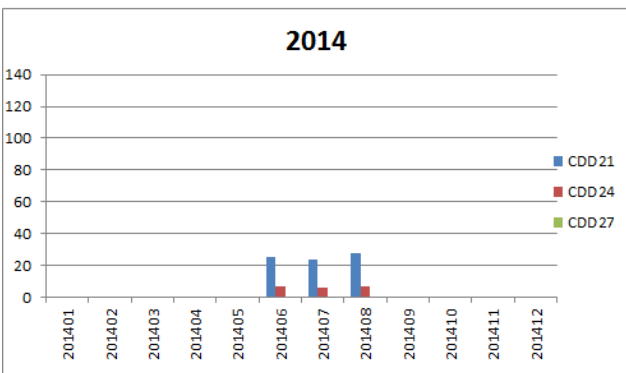
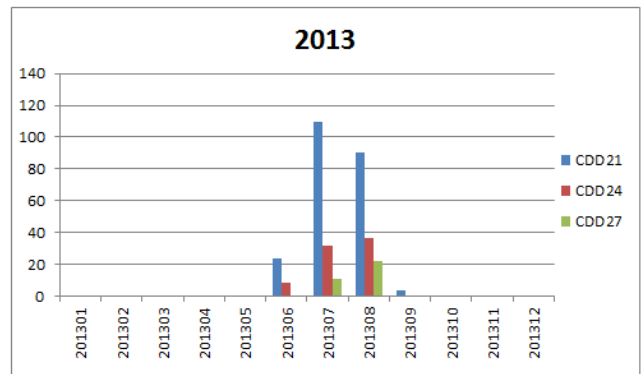
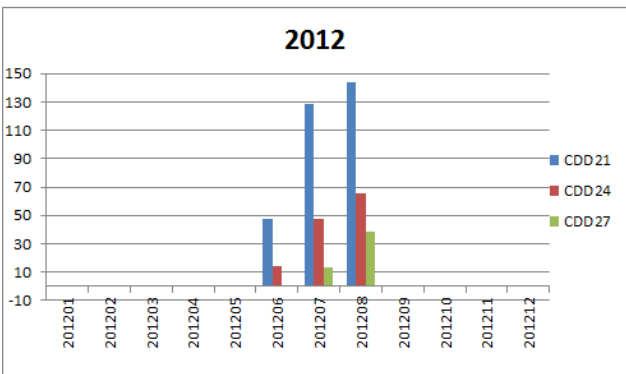
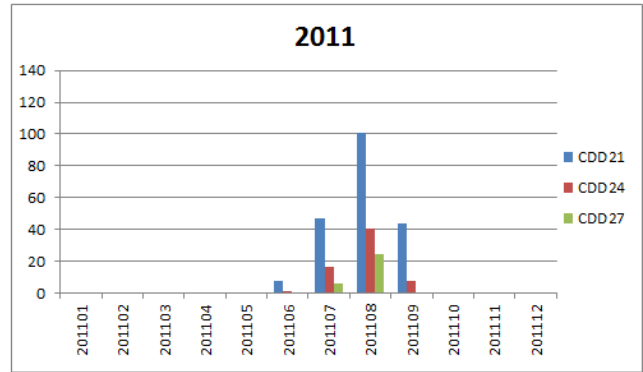
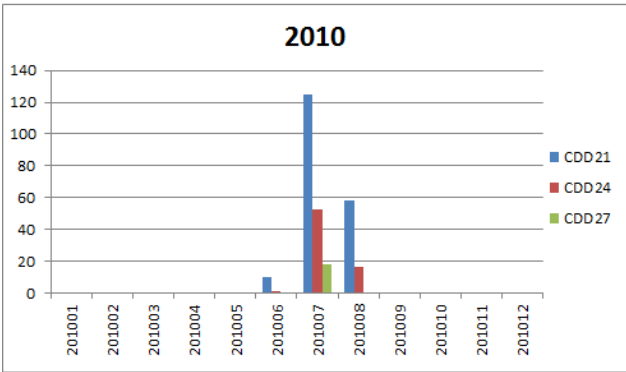
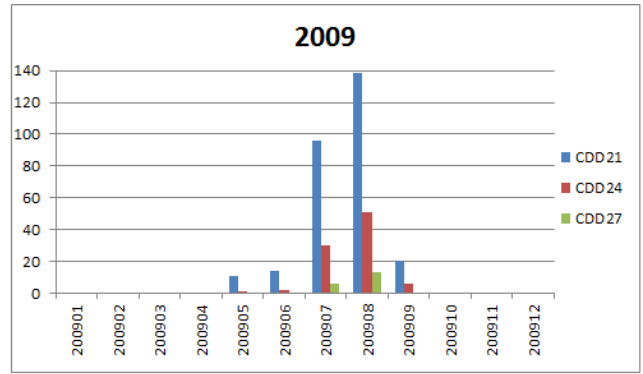
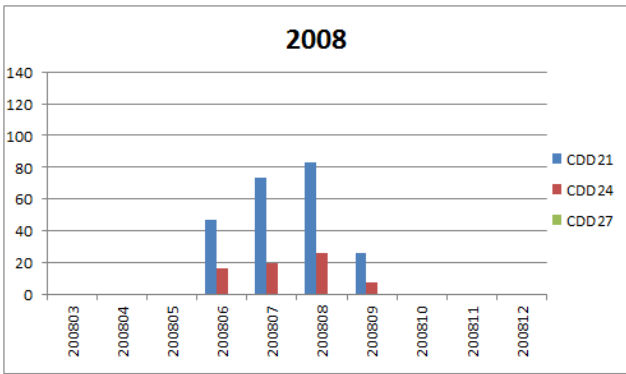
Pur avendo valori di CDD mensili cumulati differenti, condizionati da diversi valori di riferimento (21 °C e 24°C), i metodi 1) e 2) risultano sostanzialmente equivalenti, evidenziando ciascuno **una stagione di raffrescamento che si estende da maggio a settembre.**

Il metodo 3) basato su un valore di riferimento pari a 27 gradi riduce la **stagione di raffrescamento ai soli mesi di luglio ed agosto.**

Proprio per questo motivo il metodo 3) appare molto limitativo e inadatto a cogliere la domanda di raffrescamento del settore industriale, terziario (centri comm.li, centri direzionali, banche ...), dei servizi (ospedali etc) e dell'amministrazione pubblica (uffici).

Si propone quindi di adottare per il calcolo del CDD la metodologia 2 che si rifà alla legislazione nazionale che definisce una temperatura di comfort degli ambienti raffrescati pari a 26°C -2 e di adottare pertanto una temperatura di riferimento pari a 24°C senza temperatura di soglia.

Di seguito i grafici di confronto sui tre metodi.



Ordine del giorno riunione 13/9/2016

- Temperatura di soglia (CDD)
- Temperatura di comfort (CDD)
- Eventuale integrazione del parametro umidità a livello metodologico (CDD);
- Periodo di integrazione o di calcolo;
- Considerazioni sulle risposte del JRC in merito alla metodologia utilizzata per la stima degli HCC e CDD ed eventuali richieste di chiarimento aggiuntive da parte del gruppo (avendo ora un referente specifico);
- Confronto con il Gruppo3 in merito alle specifiche temporali/spaziali utili ai modelli al fine di un'ottimizzazione delle stime.
- Raccordo fra dati storici e proiezioni dei modelli climatici.

Dopo la riunione di settembre il gruppo non si è più riunito. E' continuata invece l'attività di stesura del presente rapporto e di quello relativo ai cdd ed il confronto via e-mail tra i partecipanti.