

**EXPERT PANEL FOR POLLUTING EMISSIONS REDUCTION
EXPAPER 2026**

**Cambiamenti climatici, effetto serra
globale e hotspots emissive**

Emanuele Negrenti
Coordinatore EXPAPER

0. Perchè occuparci di emissioni inquinanti e climalteranti ?

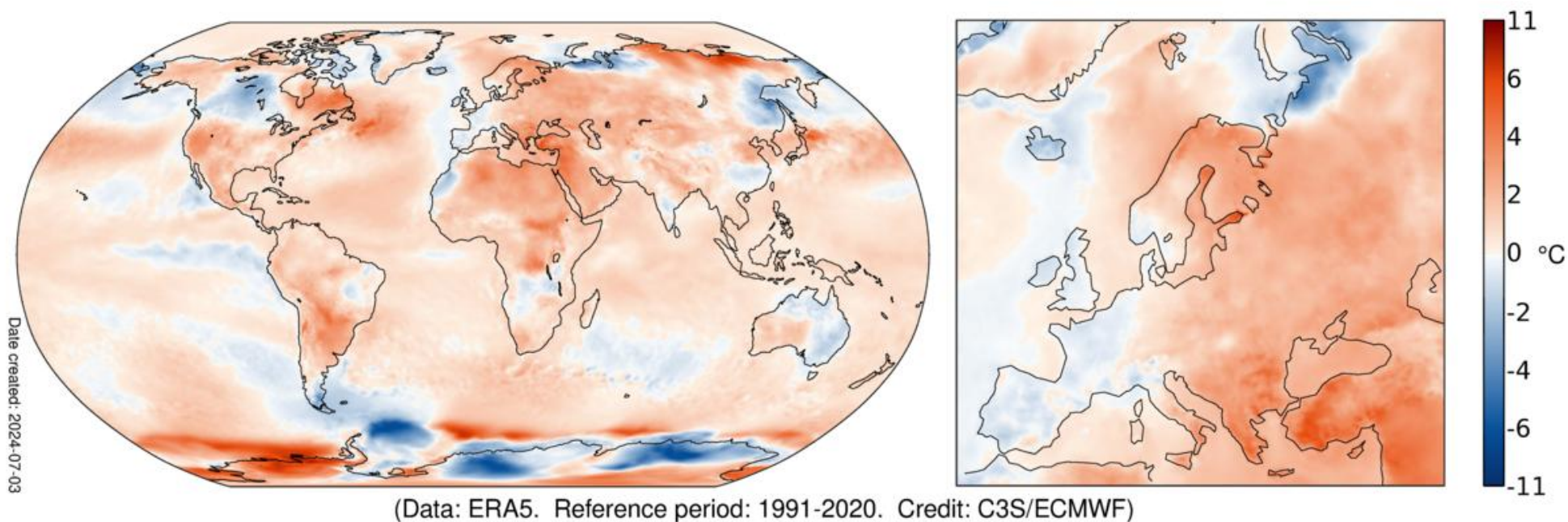
- ▶ Perchè l'inquinamento atmosferico è divenuto uno dei rischi più severi per la salute umana
- ▶ Perchè il riscaldamento planetario è in prospettiva un problema ancor maggiore
- ▶ Perchè in quanto tecnici e scienziati con competenze utili possiamo e dobbiamo contribuire alla identificazione di **tecnologie e policies** per affrontare contemporaneamente entrambi i problemi

Indice

- 1 Riscaldamento Globale
- 2 Hotspots di emissione gas serra
- 3 Impatti sulla salute del Riscaldamento
- 4 Tecnologie e Policies Risolventi
- 5 Conclusioni

1.1 RISC GLOB COPERNICUS JUNE 24

Surface air temperature anomaly for June 2024



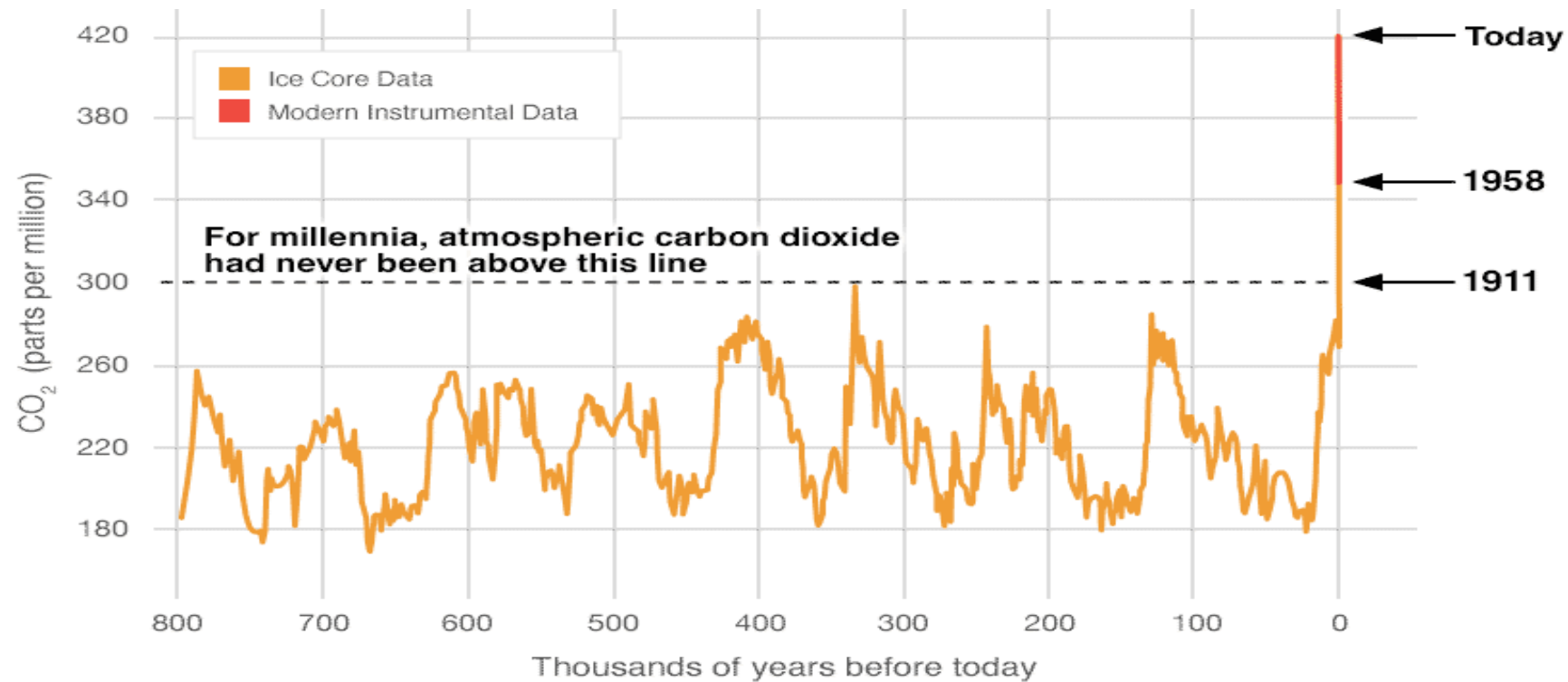
Date created: 2024-07-03



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



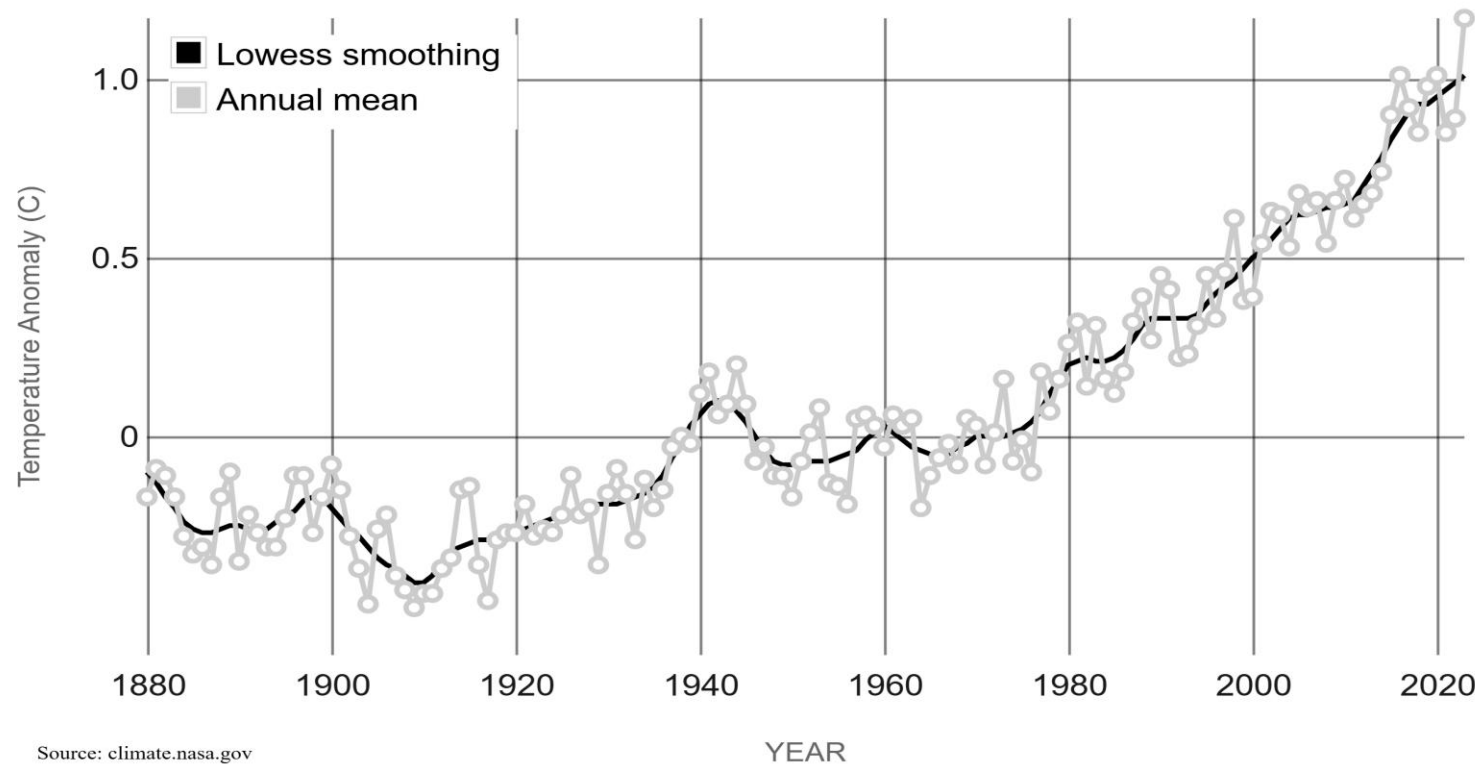
1.2 RISCALDAMENTO PLANETARIO E CO₂ DA 800.000 ANNI FA



► **Expected 2026 430 ppm !**

1.3 RISCALDAMENTO PLANETARIO

- ▶ dal 1958 al 2023 Mauna Loa - Hawaii Temperature vs 1951-1980 average
- ▶ In 2023 1.36 C higher than 1850-1900 NASA - NOAA

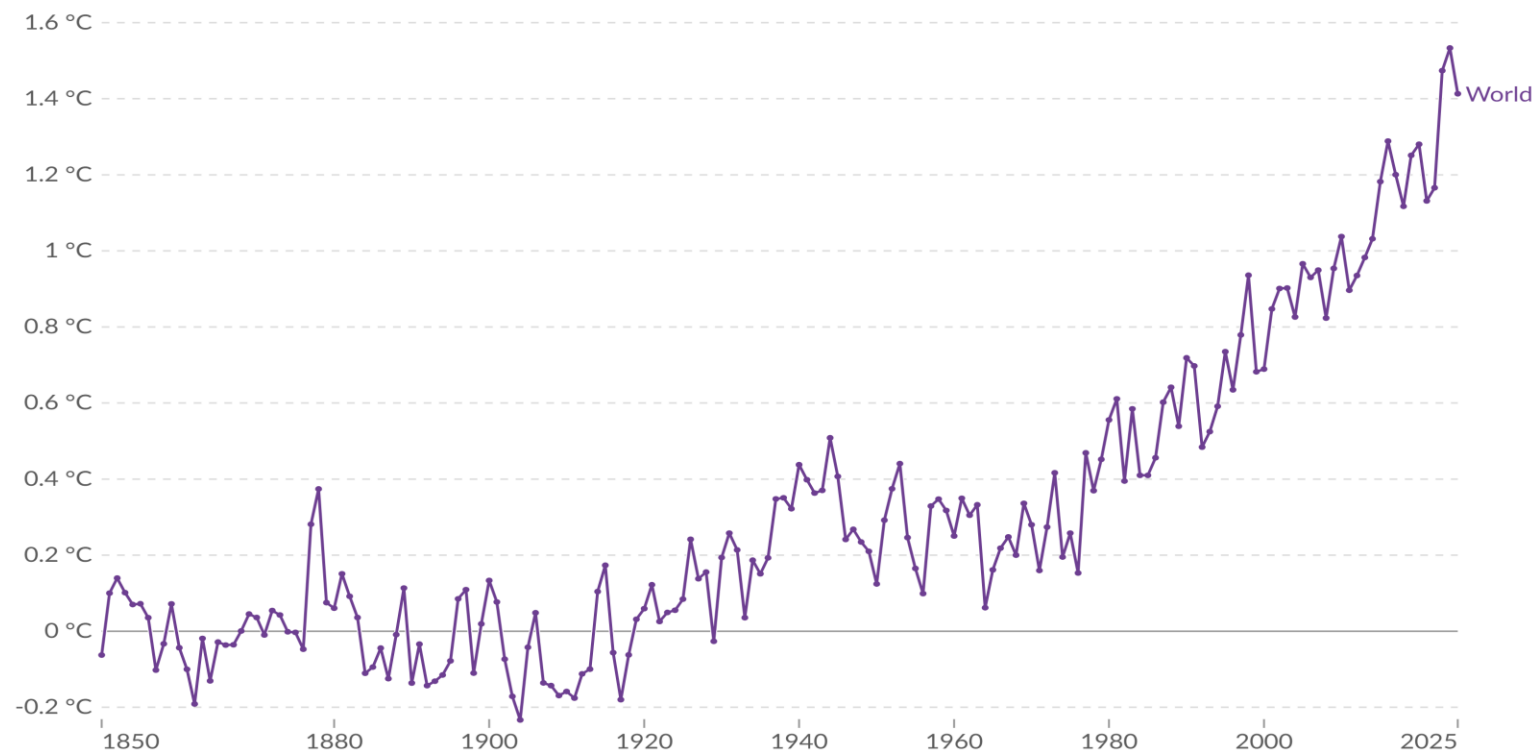


1.4 Riscaldamento Globale > 1.5 C ?

Global warming: annual temperature anomaly

Our World
in Data

The difference in average land-sea surface temperature compared to the 1861-1890 mean, in degrees Celsius.



Data source: Met Office Hadley Centre - HadCRUT5 (2026)

OurWorldinData.org/climate-change | CC BY

1.5 RISC GLOBALE - anche il METANO

- ▶ Responsabile del 30% del riscaldamento globale
- ▶ Fonti principali: Agricoltura (40%), produzione/trasporto di combustibili fossili (35%) e rifiuti (20%).
- ▶ Origine antropica: Il 59% delle emissioni di metano deriva da attività umane.
- ▶ Impatto e Clima: Ridurre le emissioni di metano è la strategia più rapida per contrastare il riscaldamento, potendo evitare oltre 0,2 °C di innalzamento entro il 2050.
- ▶ Impegni Globali: Il *Global Methane Pledge*, firmato da 159 paesi, mira a ridurre le emissioni del 30% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2020.
- ▶ Il metano è un gas climalterante con un impatto molto alto, ma le sue emissioni sono mitigabili con tecnologie attuali, agendo specialmente sui settori petrolifero e del gas
- ▶ (rif Openpolis e Quantis)

1.6 RISCALDAMENTO GLOBALE

QUALI EFFETTI ?....

- ▶ ELENCO INCOMPLETO ...
- ▶ 1 **HEAT WAVES più frequenti, intense e durature**
- ▶ 2 EVENTI METEO ESTREMI più frequenti ed intensi (umidi e secchi)
- ▶ 3 SCIOGLIMENTO GHIACCI alpini, immersi e continentali (feedback positivo... risc artico 0.07 C/y)
- ▶ 4 DESERTIFICAZIONE
- ▶ 5 INCENDI BOSCHIVI più frequenti ed intensi
- ▶ 6 DANNI AGRICOLTURA e BIODIVERSITA (es. rischi barriere coralline)
- ▶ 7 IMPORTAZIONE SPECIE DANNOSE e MALATTIE

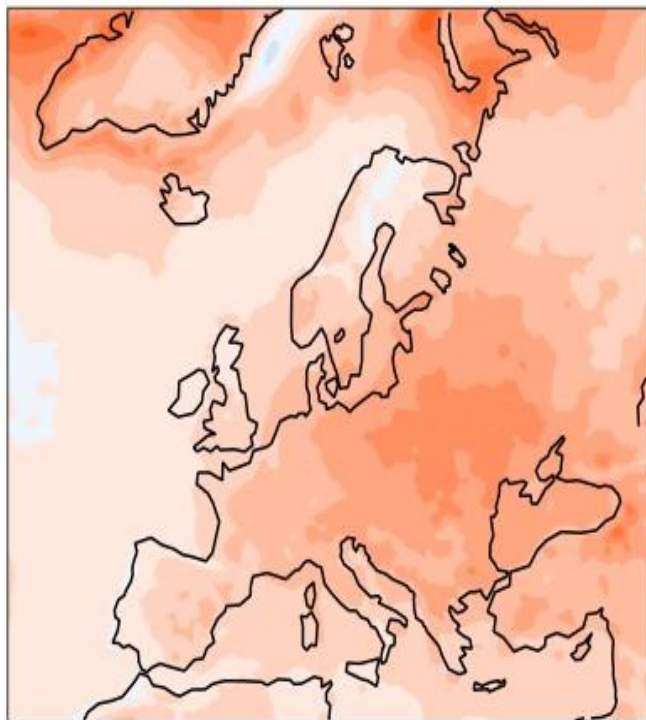
2.1 RISCALDAMENTI LOCALI ACCELERATI

- ▶ Sono stati misurati In Europa ed in alcuni Paesi tra cui Italia riscaldamento accelerati rispetto alla media planetaria insieme a hotspots emissive di gas serra su scale diverse (nazionale, regionale, urbana) che potrebbero esserne la causa anche solo parziale (insieme a scioglimento ghiacci, riscaldamento mari...)
- ▶ Importante è che i Paesi, Regioni, Città interessati dal fenomeno potrebbero avere una opportunità di mitigazione attraverso una più veloce decarbonizzazione mirata alle hotspots.

2.2 Sovrariscaldamento europeo hotspot artica ma anche centro-orientale

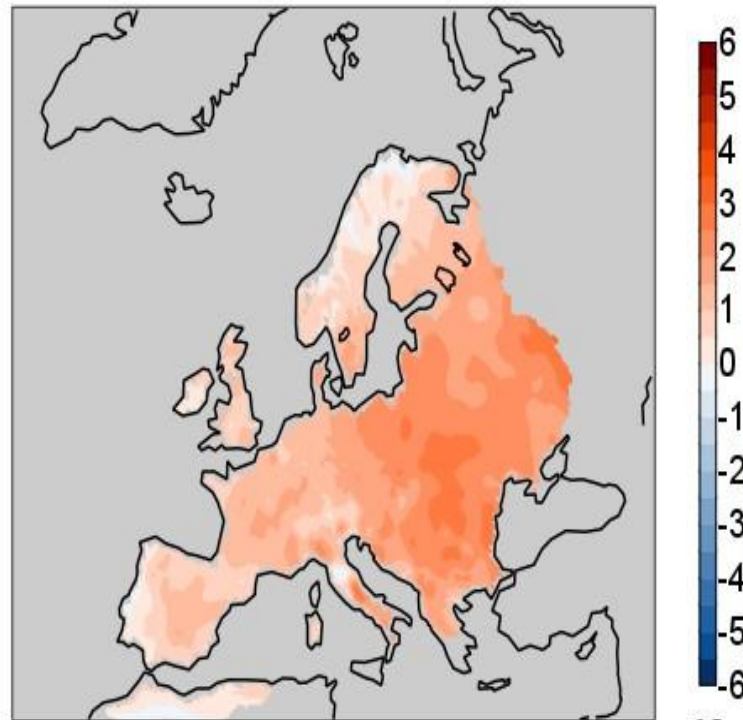
Arctic 0.7 C/10y Europe 0.5 Globe 0.25

2019 mean surface temperature anomaly - ERA5



Reference period: 1982-2010

2019 mean surface temperature anomaly - E-OBS



Reference period: 1981-2010

6
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
°C

2.3 Perché riscaldamento locale accelerato ?

- ▶ sembra sensato ipotizzare per Italia ed Europa che le sempre più frequenti 'invasioni' dell'anticiclone nord africano contribuiscano in modo significativo all'entità di tale fenomeno ... poi lo scioglimento dei ghiacci... e il riscaldamento mediterraneo...
- ▶ una delle spiegazioni più ovvie rimane **un effetto serra localmente maggiorato da concentrazioni di gas serra più elevate** della media (v. tabella delle **Densità di Emissione di CO2**)
- ▶ Per leggi fisiche fondamentali le **concentrazioni dei gas inquinanti o climalteranti sono in generale più elevate in prossimità delle sorgenti più intense**, mentre rimangono più basse in aree del pianeta dominate dai pozzi assorbitori (es. gli oceani e le foreste per la CO2...).

2.4 RISCALDAMENTI ACCELERATI LOCALI

densità emissioni CO2 - Italia Giappone Germania sono hotspot 'nazionali' di CO2 global aver 76 ton/kmq EU 200

PAESE	EMISSIONI CO2 Mt/a (IEA 2023)	SUPERFICIE in 1000Km2	DENSITA' di EMISSIONE 1000 ton/a kmq	variazione % vs anno 2000
CINA	10613	9597	1,106	+245
USA	4608	9834	0,469	-20
INDIA	2517	3287	0,766	+182
GIAPPONE	974	378	2,577	-15
GERMANIA	612	357	1,714	-25
BRASILE	414	8515	0,049	+40
REGNO UNITO	309	245	1,261	-41
ITALIA	310	302	1,026	-26
FRANCIA	283	552	0,513	-22
SPAGNA	217	505	0,430	-22
AUSTRIA	57	84	0,679	.8
POLONIA	285	314	0,908	-2
SVEZIA	32	450	0,071	-38
CECHIA	91	79	1,152	-26

2.5 CO2 maggiore negli strati bassi

Molto Importante

- ▶ Le concentrazioni tra 0 e 500 metri di altitudine sono **estremamente importanti**, forse le più cruciali dal punto di vista dell'impatto immediato sulla temperatura superficiale.
- ▶ La **maggior parte** delle emissioni di CO2 causate dall'uomo (combustibili fossili, industria, traffico) avviene a **livello del suolo**. Di conseguenza, la fascia 0-500 m (che fa parte della bassa troposfera) è quella dove si registrano le concentrazioni più elevate e variabili, prima che il gas venga disperso uniformemente.
- ▶ L'effetto serra è un processo in cui i **gas intrappolano il calore vicino alla superficie**, impedendo alla Terra di disperderlo nello spazio. La concentrazione nella bassa troposfera è dunque fondamentale nel determinare la temperatura al suolo.
- ▶ Le concentrazioni misurate a 3000-4000 m di altitudine rimangono preziose per il monitoraggio dei cambiamenti planetari ma non descrivono le situazioni su scala locale

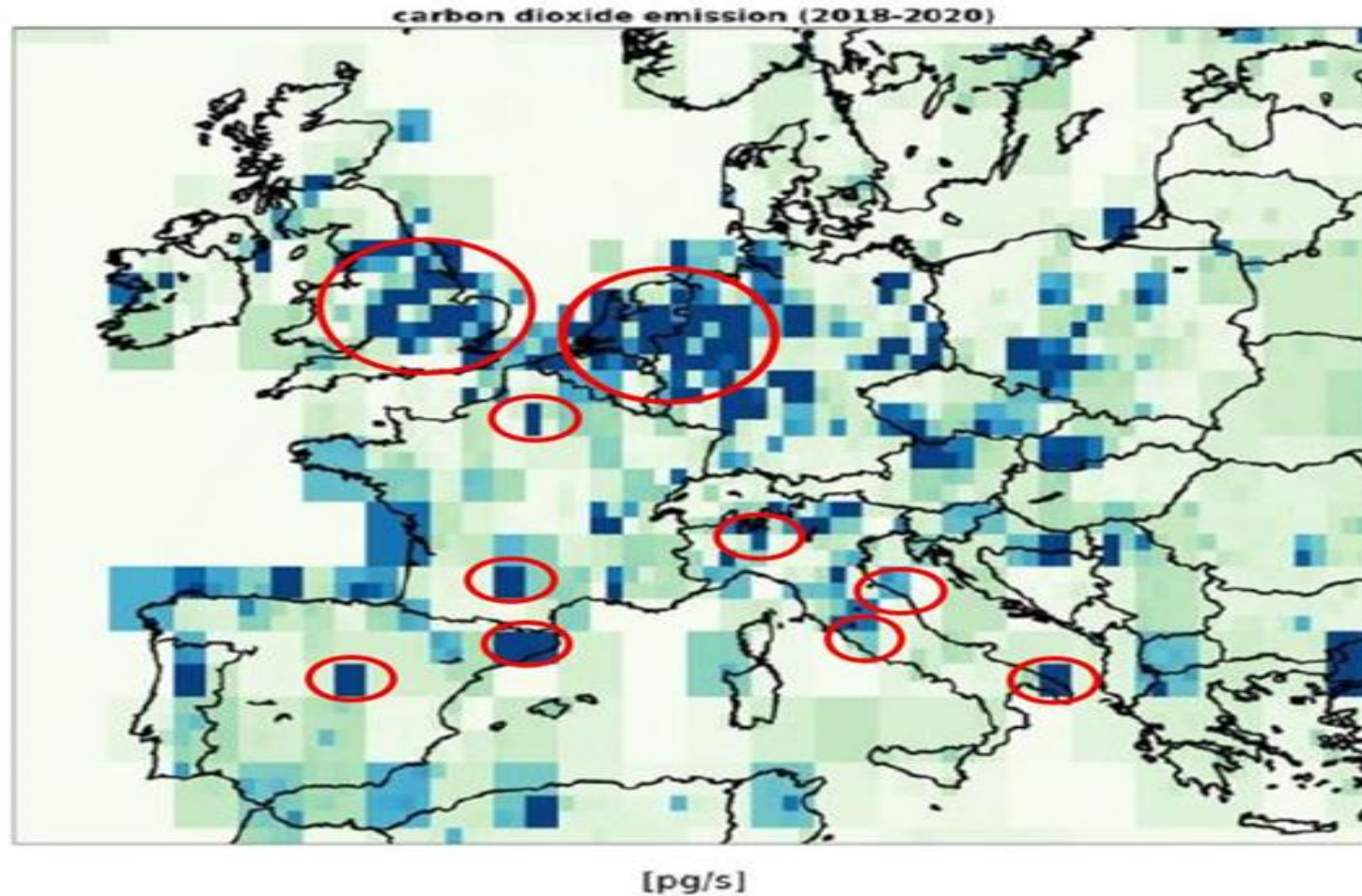
2.6 Italia si riscalda piu velocemente

- ▶ Italia +0.42 C ogni 10 anni (vs 0.2 in 1970-2015) : **0.042 C/y**
- ▶ World 0.5 in 20y 2000-2020 **0.025 C/y**
- ▶ 2025 anomalia 1.77 C vs pre indust
- ▶ Belgio 2023-2025 anomalia > 1.5 C vs pre indust.... Vite e vino !

2.7 riscaldamento Italia dal 2015 al 2025

- ▶ Tra il 2015 e il 2025, l'Italia ha vissuto un'accelerazione del riscaldamento climatico, con il triennio 2023-2025 che si profila come il più caldo della storia recente. Il 2025 è stato classificato come uno degli anni più caldi mai registrati, consolidando un trend che vede gli ultimi 11 anni come i più caldi in assoluto, caratterizzati da frequenti ondate di calore e un aumento degli eventi estremi.
- ▶ **Temperature Record:** Il 2025 ha segnato un'anomalia di circa $+1,77^{\circ}\text{C}$ rispetto al periodo preindustriale, rendendolo uno degli anni più caldi, con temperature estive medie aumentate di circa $1,5^{\circ}\text{C}$ negli ultimi 50 anni.
- ▶ **Estate 2025 Estrema:** Giugno 2025 è stato segnalato come il più caldo mai registrato dal 1950, superando i record precedenti del 2003 e 2022.
- ▶ **Eventi Estremi e Urbani:** Negli ultimi 11 anni (2015-2025), sono stati registrati oltre 811 eventi meteorologici estremi in Italia, con un impatto significativo sulle aree urbane. Roma è la città più colpita, seguita da Bari, Palermo e Napoli.
- ▶ source Legambiente

2.8 Hotspots emissive co2 regionali - source RSE et al



2.9 Lombardia hotspot regionale di CO2

- ▶ Emissione annua 60 Mt CO2
- ▶ Superficie 24.000 kmq
- ▶ Densità emissiva 2500 t/a-kmq (ca 2.5 volte il valor medio nazionale di 1026)
- ▶ Ed il Lazio?
- ▶ Emissioni CO2 29M t/a
- ▶ Superficie ca 17.000 kmq
- ▶ Densità emissiva ca 1700 t/a per kmq (1.7 volte il valor medio nazionale... un'altra hotspot regionale)

2.10 Concentrazioni di CO₂ maggiori nelle hotspots urbane ? Ebbene SI !

- ▶ Se in una regione o provincia vi sono mediamente emissioni di gas più concentrate che nei territori circostanti è molto probabile che nei centri urbani in esse contenuti ci possano essere delle concentrazioni ancora maggiori (urban hotspots)
- ▶ Questo si verifica in generale per tutti gli inquinanti e dunque è prevedibile anche per i gas serra
- ▶ La Lombardia appare come una hotspot regionale... ma cosa possiamo dire per una metropoli ad altissima attività antropica come Milano ?
- ▶ Tra Nov2023 e Luglio 2024 una centralina di fondo urbano in Milano ha registrato una concentrazione media di 475 ppm di CO₂, cioè 53ppm in più del valore planetario di 422 ppm. Questo dato conferma la previsione di avere hotspots a livello urbano (note anche come 'urban domes') - dati orari di ARPA Lombardia

2.11 Milano - CO2 aggiornamenti

- ▶ **analisi ultimi dati Agosto 24 - Marzo 26 media 477 PM media Moggio 428 ppm**
- ▶ Estate : misure a Pascal intorno 450 - 480 vs Moggio 420-430
- ▶ Autunno Pascal valori salgono anche > 500 e 600 ppm
- ▶ Inverno Pascal cresce anche oltre 700 ppm molti dati tra 470 e 530 ma anche > 600 notti e mattine.. Moggio idem cs
- ▶ Primavera 25 molte misure < 500
- ▶ Estate 25 spesso sotto 450
- ▶ Autunno 25 a cavallo di 500 ppm picchi > 600 e anche > 700
- ▶ Inverno 25-26 molti dati tra 470 e 550 Moggio sale un poco verso 440 a Marzo 26 aumentano misure intorno 450
- ▶ **(Analisi preliminare basata sui dati orari di ARPA Lombardia)**

2.12 MILANO (hotspot CO2 urbana in hotspot regionale in hotspot nazionale !)

- ▶ Cosa implicano quei 53 ppm in più del resto del pianeta?
- ▶ Il trend di CO2 è 2.5 ppm/a a livello globale
- ▶ Dunque Milano potrebbe essere 20 anni avanti nel processo di carbonizzazione della atmosfera !!
- ▶ Ammettendo il trend di riscaldamento mondiale di 0.025 C/y... 20 anni **vuol dire 0.5 C in più**, un valore non trascurabile rispetto all'aumento di temperatura media da 13.65C del 1961-90 ai 14.89 del 1991-2020 (1.24 C) : circa un 40%
- ▶ Nel 21-24 T-media > 1.45 C vs 1991-2020 e 2.69 C vs 1961-1991
- ▶ Piano Aria e Clima (2022) : «Oltre alla qualità dell'aria, la città migliora anche sul fronte climatico: tra il 2022 e il 2023 le emissioni di CO₂ sono diminuite dell'8,7%, raggiungendo una riduzione complessiva del 32,9% rispetto al 2005. Tra le azioni chiave: l'eliminazione del gasolio per il riscaldamento e la promozione di geotermia e fotovoltaico». (CdM)

2.13 Altri dati su CO2 urbana

- ▶ **Studio USA su Urban Domes 2000-2006** (planet co2 ca 370-381 ppm)
- ▶ Phoenix Idso et al 2002 600 ppm CO2 inner city
- ▶ Paris Widory and Javoy 2003 up to 950 ppm close motorway
- ▶ Roma Gratani e Varone 1995-2004 400 ppm periferia 500 ppm centro vs a planetary background di 370 correlazione con traffico valori piu alti inverno e mattino in 9 anni 30% aumento ground CO2
- ▶ Tokio Moriwaki et al 2006 a 29 m agl 406 - 444 ppm vs 380 rural con 500 ppm in notti con atmo stabile
- ▶ Mexico Velasco et al 2005 400 - 444 ppm piu alta al mattino
- ▶ Cracovia Zimnoch et al 2004 20m agl 440 ppm notte
- ▶ cities often experience higher localized concentrations (a "CO2 dome")—sometimes 50% higher than surrounding rural areas in winter.
- ▶ levels are generally higher in late winter and spring and decrease during summer months when vegetation absorbs more

2.14 ...anche Roma si scalda

- ▶ Negli ultimi 20 anni, Roma ha subito un significativo aumento delle temperature, con il 2024 che si è distinto come l'anno più caldo mai registrato dal 1991, con una temperatura media di 19,7°C.
- ▶ **Incremento Medio:** La temperatura media a Roma è aumentata in modo consistente. Confrontando i dati recenti con le medie del trentennio precedente (1991-2020), il 2024 ha registrato un aumento di +2,5°C.
- ▶ **Accelerazione Recente:** Studi basati su dati Istat e CMCC mostrano che l'aumento è stato particolarmente rapido nell'ultimo decennio (2011-2020), definito il più caldo di sempre per la Capitale
- ▶ **Ondate di Calore e Notti Tropicali:** Nel 2024, Roma ha registrato 36 "notti torride" (con temperatura minima superiore a 25°C), ovvero quasi 30 giorni in più rispetto alla media storica. Le ondate di calore estive sono aumentate di 5,4 volte rispetto al periodo di riferimento.
- ▶ **Per reagire potrebbe aiutare una misurazione di CO2 in una stazione di fondo urbano**
- ▶ (rif TN)

3.1 MEMO : IMPATTI SULLA SALUTE del RISCALDAMENTO PLANETARIO

- ▶ Eventi con temperature estreme avvengono con crescente frequenza durata ed intensità.
- ▶ I 4 anni più caldi in Europa sono tutti dopo il 2020
- ▶ Le Temperature estreme come quelle che sperimentiamo di recente stanno esacerbando condizioni croniche ,tra cui malattie cardiovascolari, respiratorie e cerebro-vascolari , la salute mentale e le condizioni legate al diabete. Tutto questo è un problema particolare per gli anziani (Dr Kluge WHO)
- ▶ Globalmente circa 489,000 fatalità connesse al calore intense avvengono ogni anno (period 2000 - 2019) con la regione europea che ne conta il 36% ovvero più di 175,000 vite ogni anno (OMS)

4.1) TECNOLOGIE e POLICIES RISOLVENTI -

- ▶ Definiamo come ‘Tecnologie Risolventi’ quelle tecnologie in grado di risolvere (od almeno affrontare con successo) i due Grandi Problemi sul tavolo di Expaper : Emissioni inquinanti ed Emissioni Climalteranti
- ▶ Politiche risolventi sono quelle politiche che consentono l'utilizzo sinergico ed ottimizzato delle tecnologie risolventi
- ▶ Questa doppia capacità deve evidentemente essere accompagnata da compatibilità di tipo economico e sociale

4.2 TECNOLOGIE RISOLVENTI - 2

TRASPORTO SU STRADA

- ▶ Battery EV in commercio da diversi anni, con successi maggiori o minori in funzione degli incentivi dai governi ... problemi di avvio della filiera (performance batterie, punti di ricarica, costi maggiori ...) in via di risoluzione progressiva. Emissioni nel ciclo del combustibile crolleranno nel medio termine con la transizione della produzione di elettricità e la ricarica rinnovabile domestica. Dominanti in Norvegia e Centro Europa, ed in Cina.
- ▶ Hydrogen Fuel Cells EV ? Prototipi ed alcune offerte commerciali ... ma costi elevati e gestione idrogeno non banale ... pareri discordi
- ▶ Bio Fuels e E fuels per MCI ... verificare le prestazioni di decarbonizzazione, insieme a costi e consumi di energia (es. e-fuel ancora a 6-7 €/lt?)
- ▶ Veicoli Ibridi ? Solo Plug-In e Full Hybrid consentono riduzioni significative di consumi ed emissioni CO2 e possono essere viste come un ponte verso tecnologie 'sostenibili'

4.3 TECNOLOGIE RISOLVENTI - TRASPORTO AEREO

- ▶ Gli **aerei elettrici** sono un'ipotesi remota per alcuni e irrealizzabile per altri, dato che le batterie pesano troppo e non sono abbastanza performanti per le rotte lunghe. L'idrogeno un combustibile che non rilascia CO₂ quando brucia, è una possibilità teorica ma è complicato da gestire. **Le opzioni per un intervento diretto sulle emissioni rimangono due: l'efficienza e i Saf.**
- ▶ I **Saf** (*sustainable aviation fuels*) sembrano allora essere la soluzione migliore, quantomeno nell'immediato, per la decarbonizzazione dell'aviazione: si tratta di **carburanti sostenibili** derivati dai **grassi animali** e dagli **oli vegetali esausti** se si misura il loro intero ciclo di vita, l'impatto è neutro perché **riutilizzano l'anidride carbonica** assorbita dai materiali organici divenuti scarti. . **La UE ha proposto che nel 2025 il cherosene disponibile negli aeroporti del blocco dovrà contenere Saf per il 2 per cento; la quota di miscelazione salirà al 6 per cento nel 2030, poi al 20 per cento nel 2035 e infine al 70 per cento nel 2050.**

4.3b Sustainable air transport : saf ed E-fuels?

- ▶ Parallelamente ai biocarburanti per l'aviazione, la UE vuole stimolare pure il mercato dei **combustibili sintetici prodotti dall'idrogeno verde più la CO₂ catturata dalle fabbriche o dall'atmosfera**. Gli **e-fuels** sono una **tecnologia giovanissima**, lontana dall'affermazione commerciale, ma potenzialmente più scalabile dei Saf da biomasse. **Le autorità europee hanno fissato al 2030 un obbligo dell'1,2 per cento, fino al 35 per cento nel 2050.**

4.4 TECNOLOGIE RISOLVENTI - TRASPORTO MARITTIMO -

- ▶ Tough for electricity in long range shipping,, but inside ports...
- ▶ Carbon tax needed for pushing companies to cleaner fuels ?!
- ▶ Migliori opzioni ? **Bio fuels, efuels e sistemi elettrici in porto**

4.5 POLITICHE RISOLVENTI

- ▶ **ALLA LUCE DELLE HOTSPOTS REGIONALI ED URBANE di CO₂, OCCORRE FAVORIRE GLI INTERVENTI DI DECARBONIZZAZIONE SU SCALA REGIONALE E METROPOLITANA (insieme alle iniziative per la riduzione delle emissioni inquinanti PM, Nox....)**
- ▶ **Quindi nelle città occorre più TP e con vetture a bassissimo impatto, e moderazione nell'uso del veicolo privato (possibilmente a bassissime o zero emissioni)**

5) CONCLUSIONI

- ▶ Il mondo dei trasporti ha contribuito (seguendo leggi di ‘mercato’ generalmente esenti dalla considerazione dei danni procurati ad ambiente e salute umana) a costruire uno sviluppo non sostenibile.
- ▶ L’inquinamento dell’aria ed il riscaldamento globale e locale sono due tra le emergenze da affrontare il prima possibile e con strumenti tecnologici e policies efficaci
- ▶ Il network EXPAPER può fornire un contributo piccolo eppure utile alla identificazione delle tecnologie vincenti contro tali emergenze e delle policies più adatte al loro utilizzo.