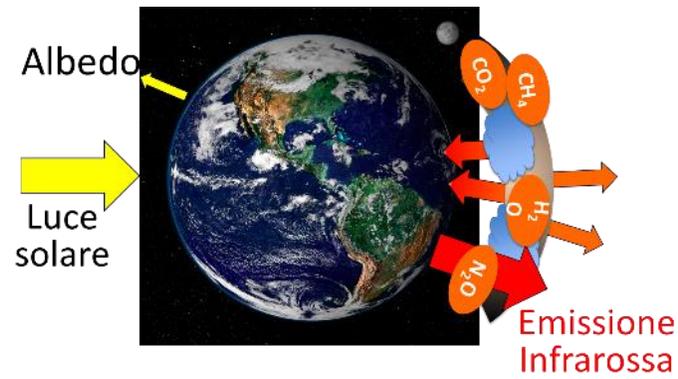




**«Cambiamenti climatici ed
effetti sulle risorse idriche»**

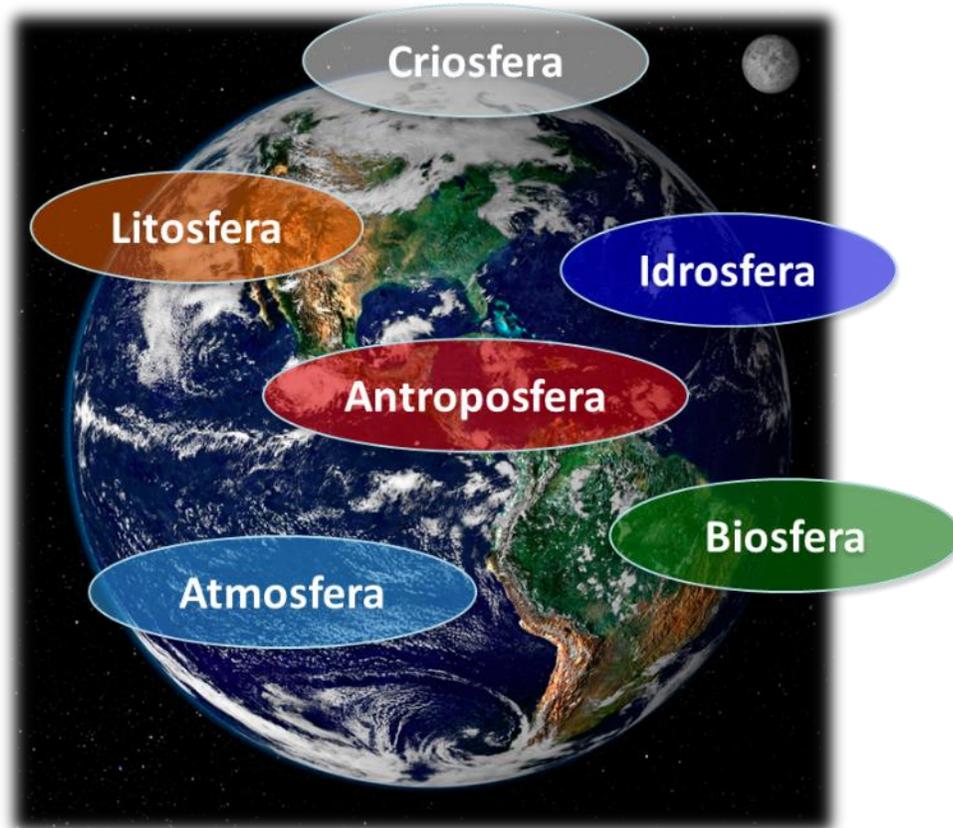
Marco Doveri

Il clima



varia per cause...

è un sistema complesso

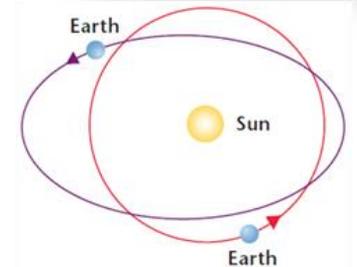


NATURALI

eruzioni vulcaniche

cambiamenti orbitali

input solare



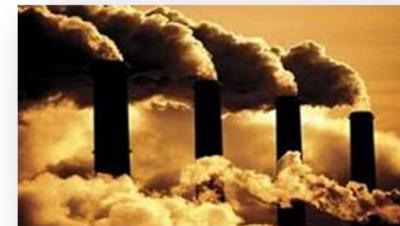
ANTROPICHE

emissioni gas serra

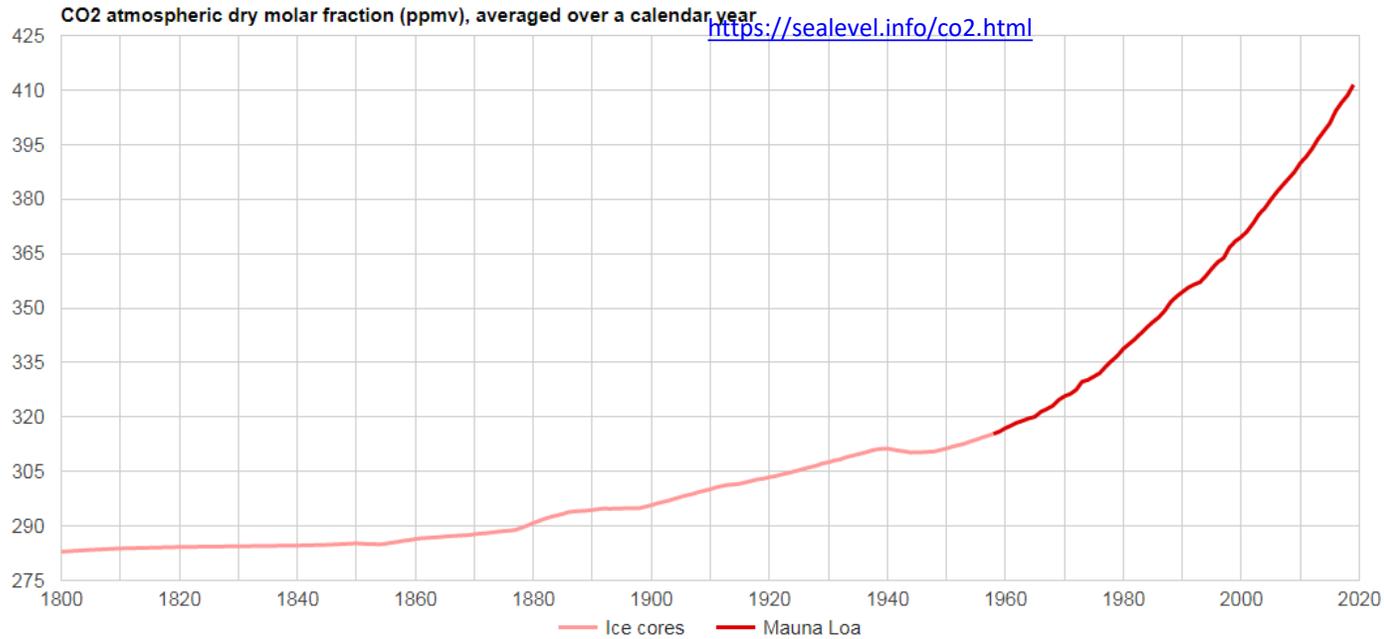
ozono

aerosol

uso del suolo



Atmospheric Carbon Dioxide (CO₂) levels, 1800–present



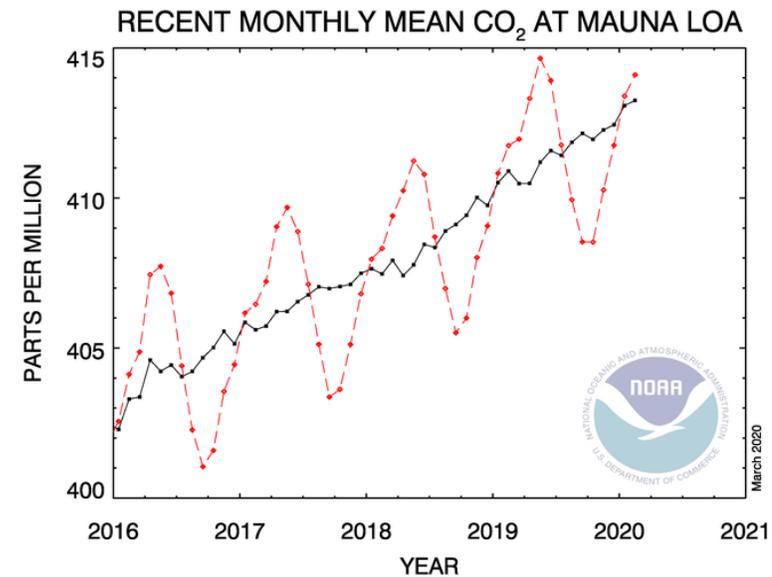
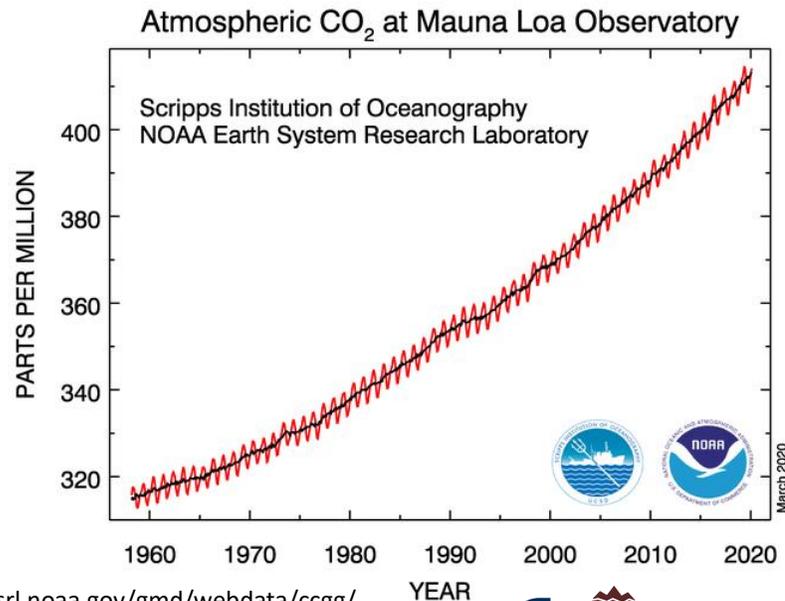
Concentrazione CO₂

Le concentrazioni di CO₂, CH₄ ed N₂O sono aumentate dal 1750 ad oggi di oltre il 40%, 150% e 20%

- La concentrazione di CO₂ è aumentata dai 283 ppm del 1800 a 410 ppm del 2019

Dicembre 2019: 411.76 ppm

Dicembre 2018: 409.07 ppm



https://www.esrl.noaa.gov/gmd/webdata/ccgg/trends/co2_data_mlo.png



Marco Doveri - Cambiamenti Climatici ed Effetti sulle Risorse Idriche

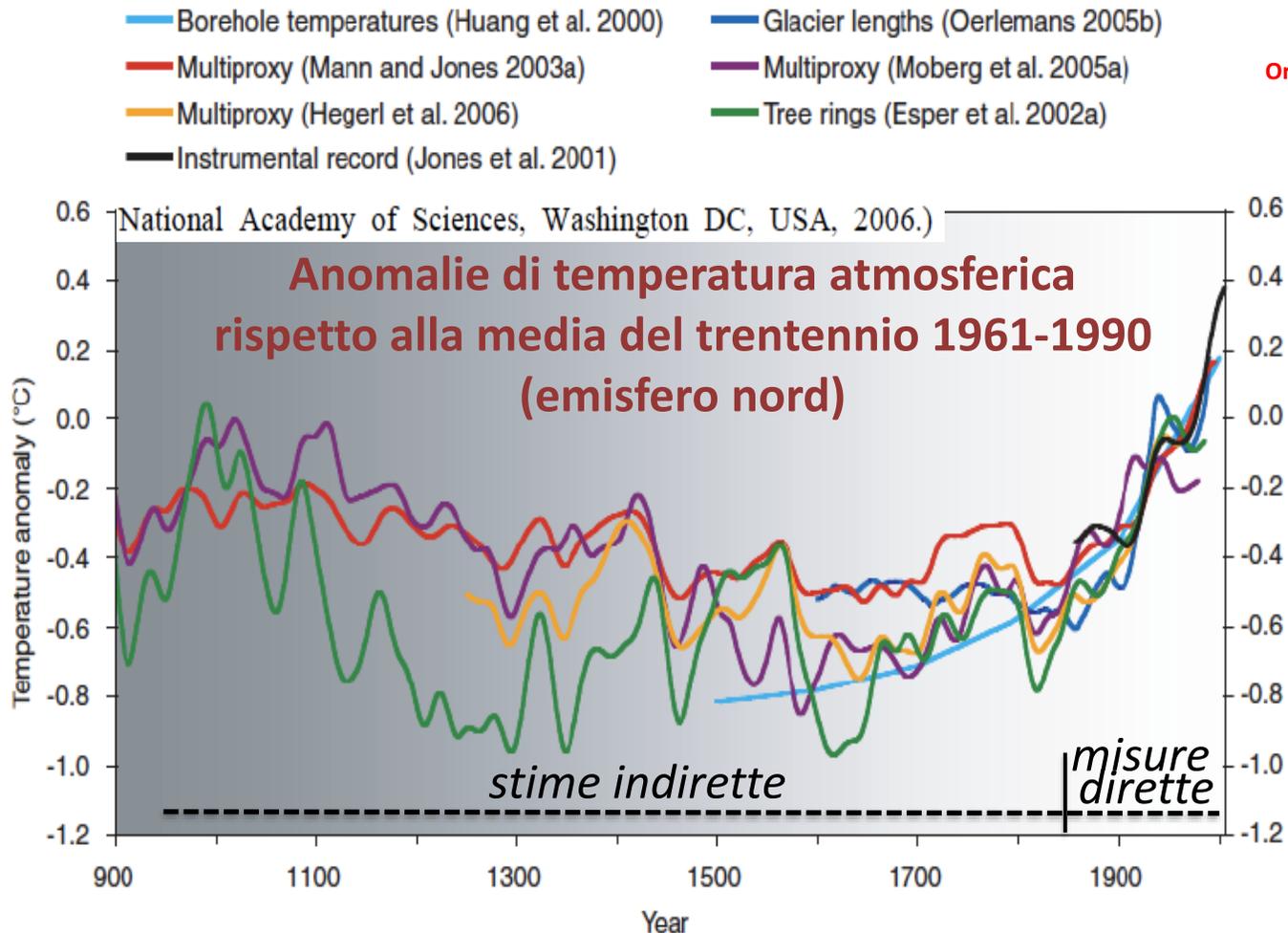
https://www.esrl.noaa.gov/gmd/webdata/ccgg/trends/co2_trend_mlo.png

I 15 anni più caldi sul GLOBO (1880-2019)

Origine dati <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/anomalies.php#anomalies>

dal più caldo	anno
1	2016
2	2019
3	2015
4	2017
5	2018
6	2014
7	2010
8	2005
8	2013
9	1998
9	2009
10	2003
10	2006
10	2012
11	2002

Dalla metà del 1900 IL CAMBIAMENTO CORRE



Anomalie della temperatura media GLOBALE (rispetto alla media 1901-2000)

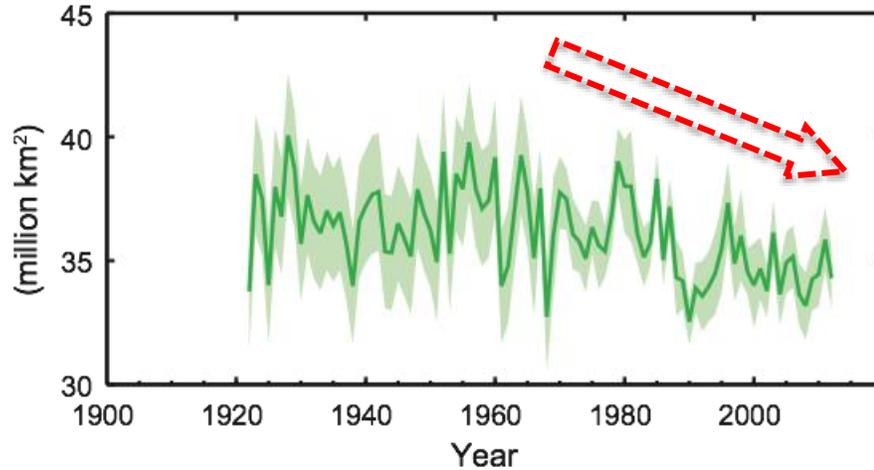
Origine dati <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/anomalies.php#anomalies>

ANNO	Anomalia (°C)
2010	0.72
2011	0.58
2012	0.64
2013	0.67
2014	0.74
2015	0.93
2016	0.99
2017	0.91
2018	0.83
2019	0.95

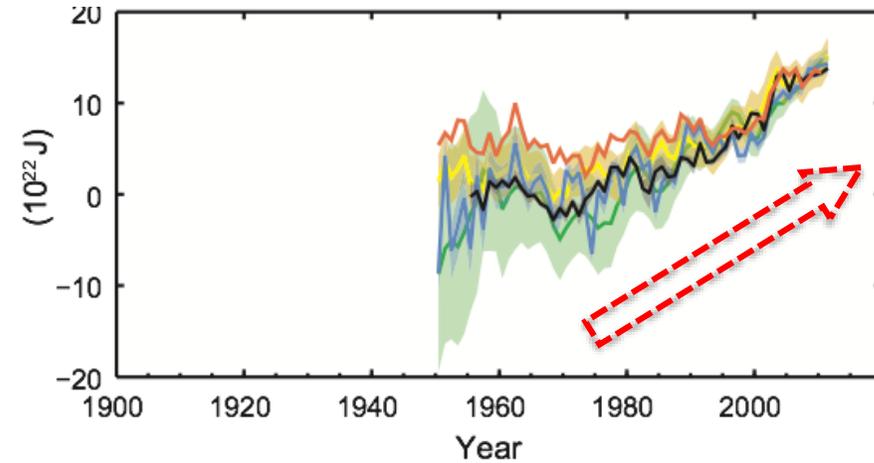


Volume dei ghiacci e livello dei mari

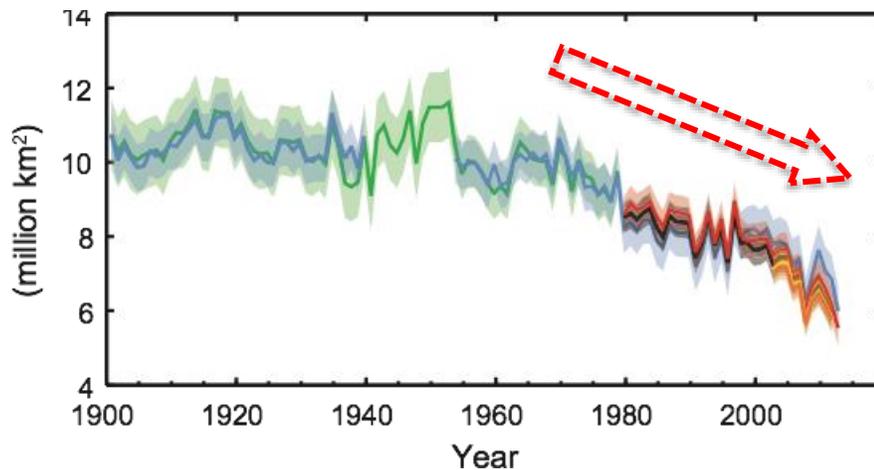
Copertura nevosa in primavera-emisfero nord



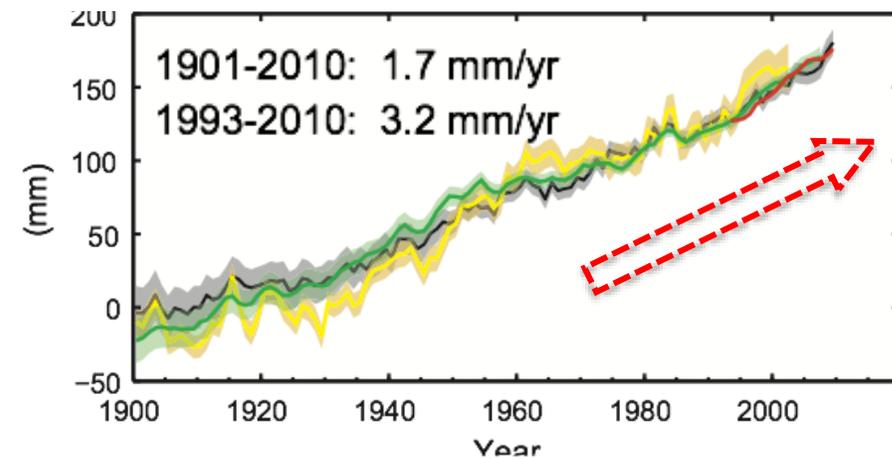
Contenuto di calore nell'oceano

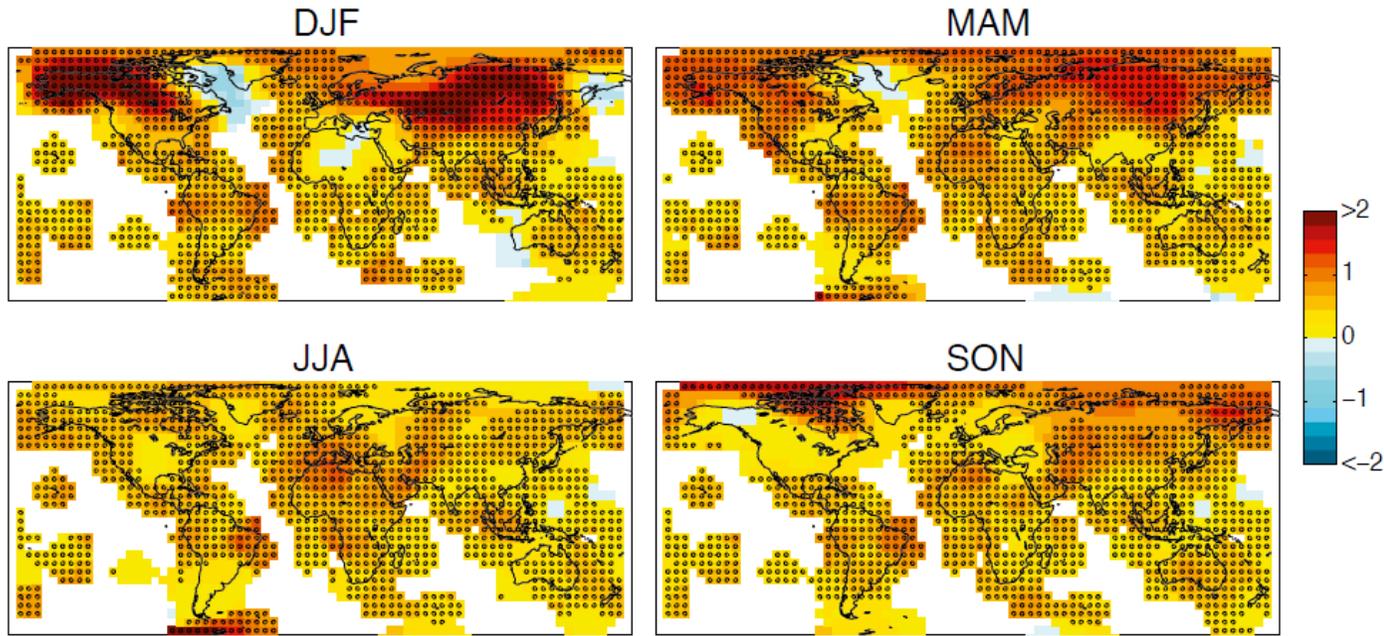


Estensione ghiaccio marino Artico, estate



Cambiamento nel livello dei mari

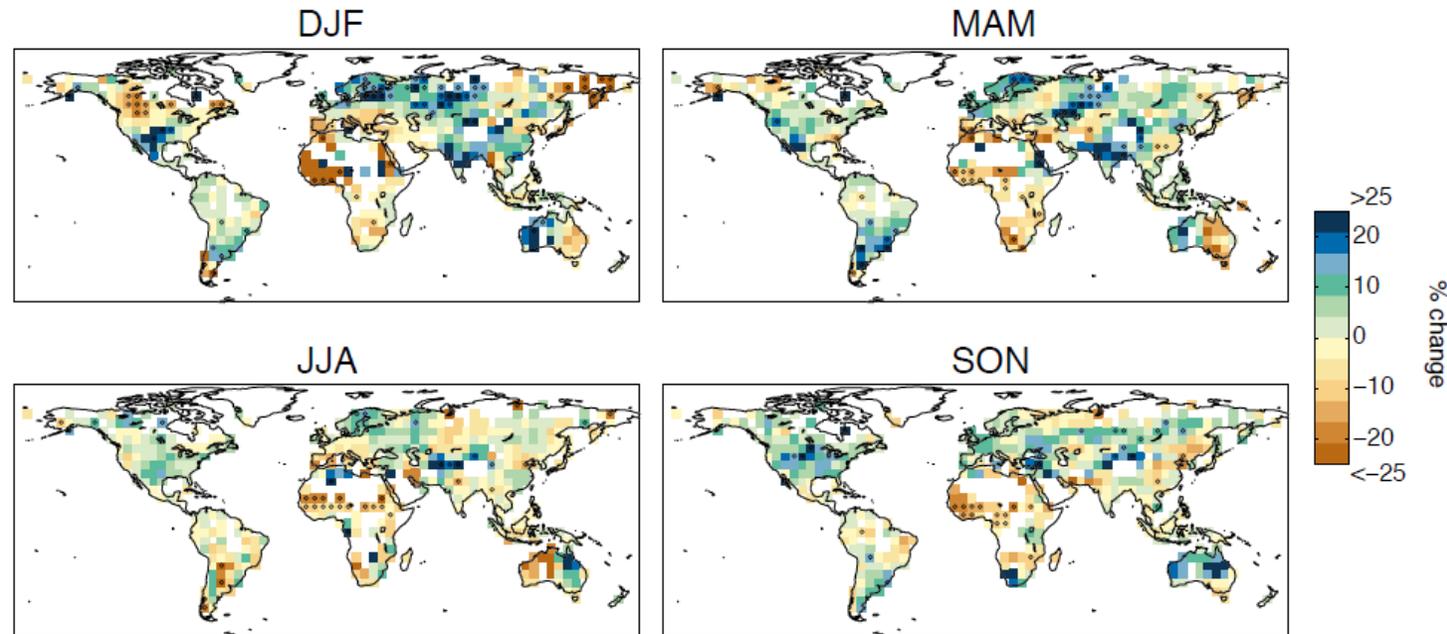




Variazione Temperature medie

**Variazioni
tra il trentennio 1981–2010
ed il trentennio 1951–1980**

Variazione Precipitazioni medie



Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER

Observed climate change hotspots

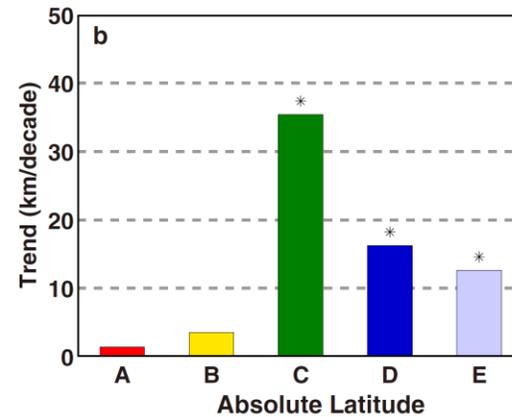
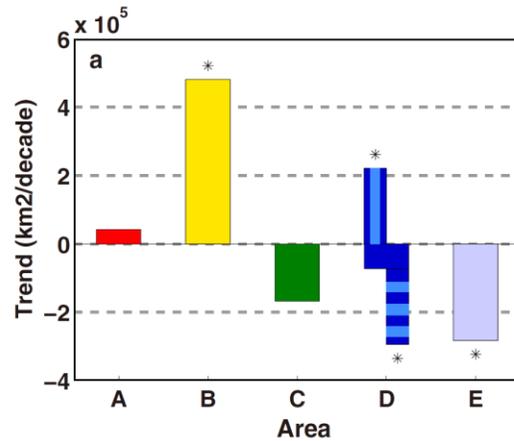
10.1002/2015GL063891

M. Turco¹, E. Palazzi¹, J. von Hardenberg¹, and A. Provenzale²

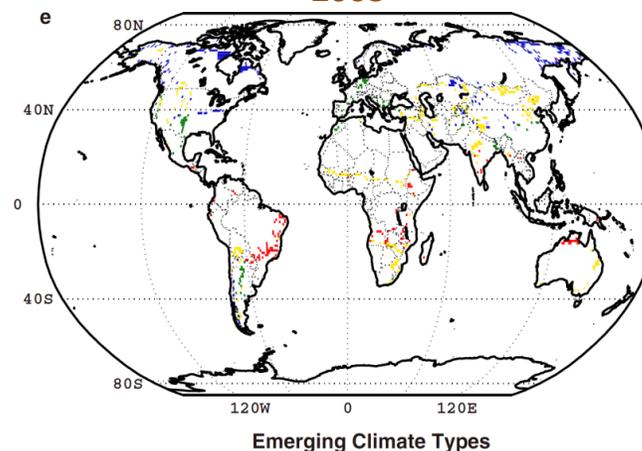
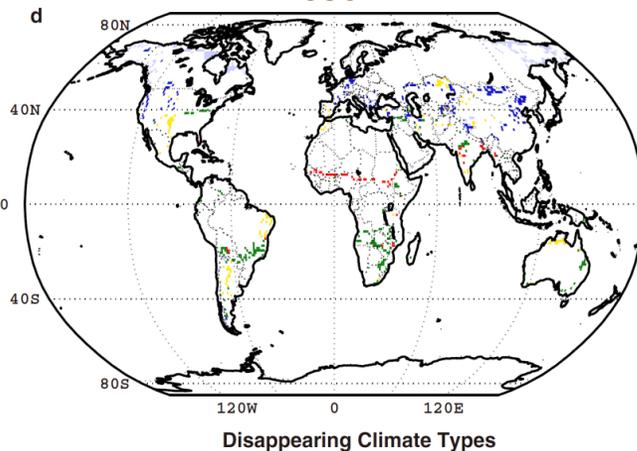


Variazione Tipi di Clima (1950-2003)

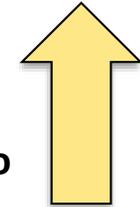
A Tropical **B** Arid **C** Temperate **D** Continental **E** Polar



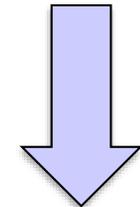
Aree del globo interessate da cambio di clima tra il 1950 ed il 2003



+ aree a clima arido-semiarido



- aree a clima polare



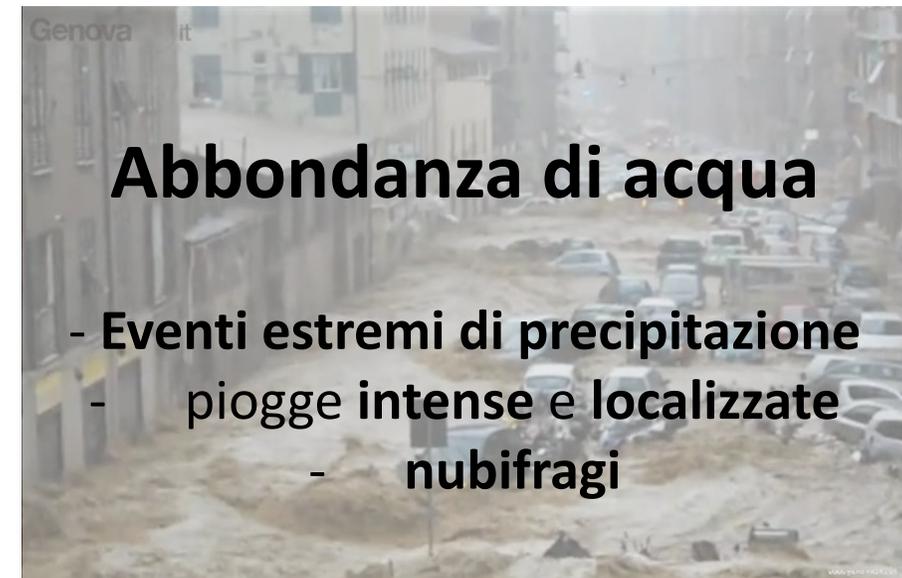
migrazione verso + elevate latitudini climi temperato, continentale, polare



Incremento di energia in gioco → Aumento degli Estremi climatici

Trend climatici, stanno evidenziando un aumento in numero, intensità e durata degli eventi estremi

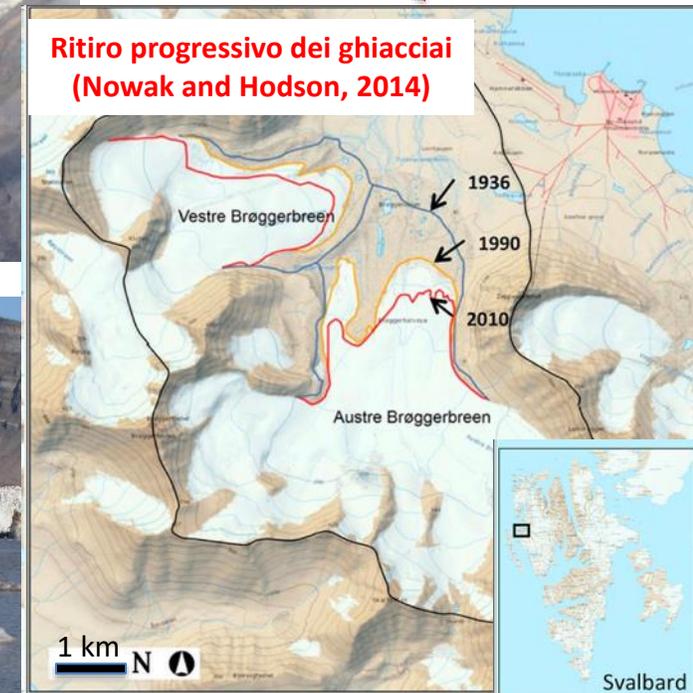
REGIMI IDROLOGICI ESTREMI



TRA LE AREE PIU' SENSIBILI....

- **AREE POLARI**
- **ALTA MONTAGNA**

-



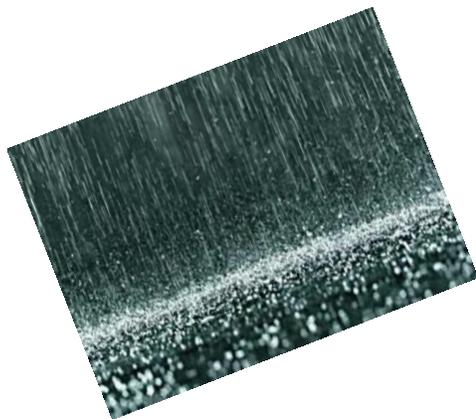
CIO' CHE ACCADE AI POLI o IN MONTAGNA **NON RIMANE AI POLI o IN MONTAGNA**



*gli effetti che il clima ha in queste aree
innescano processi che a loro volta
influenzano il clima dell'intero pianeta*

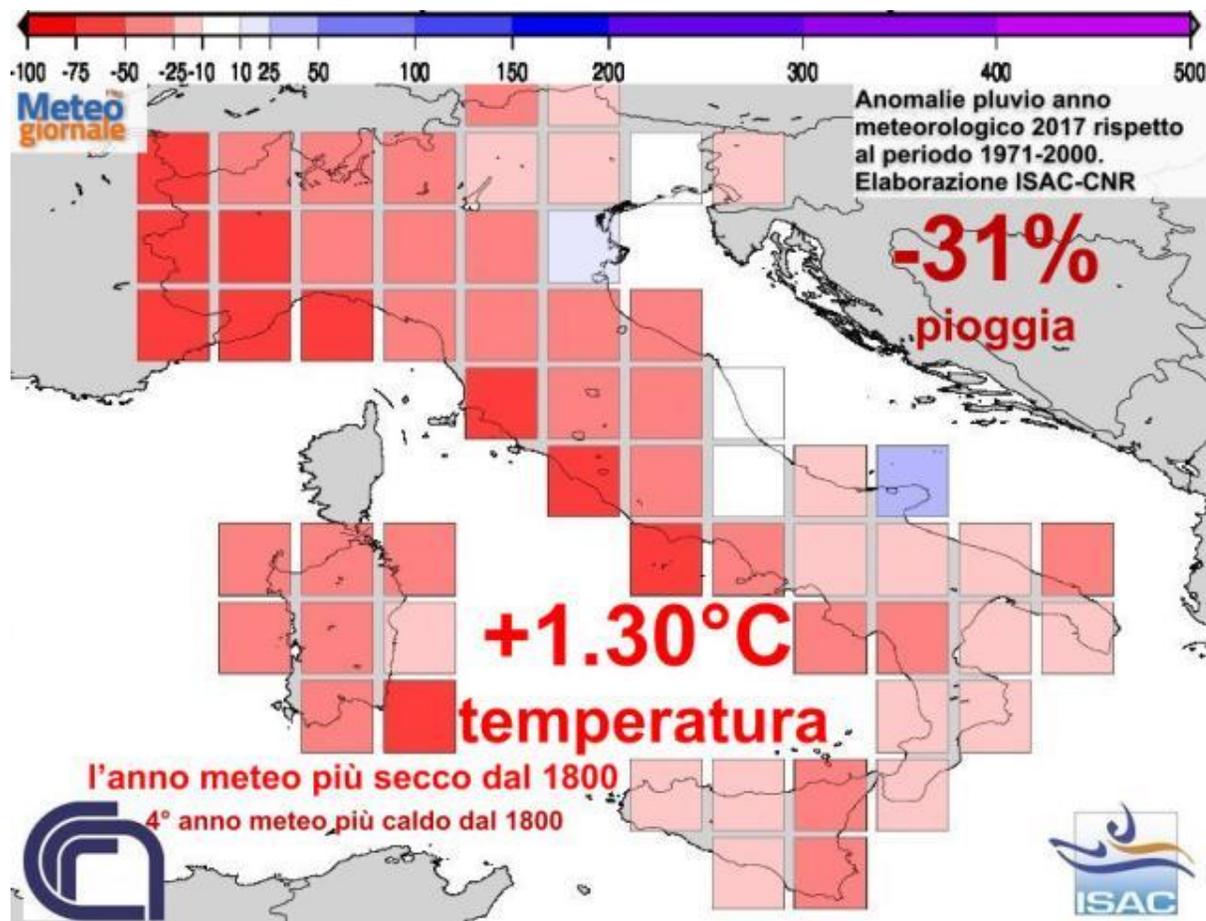


...E IN ITALIA?

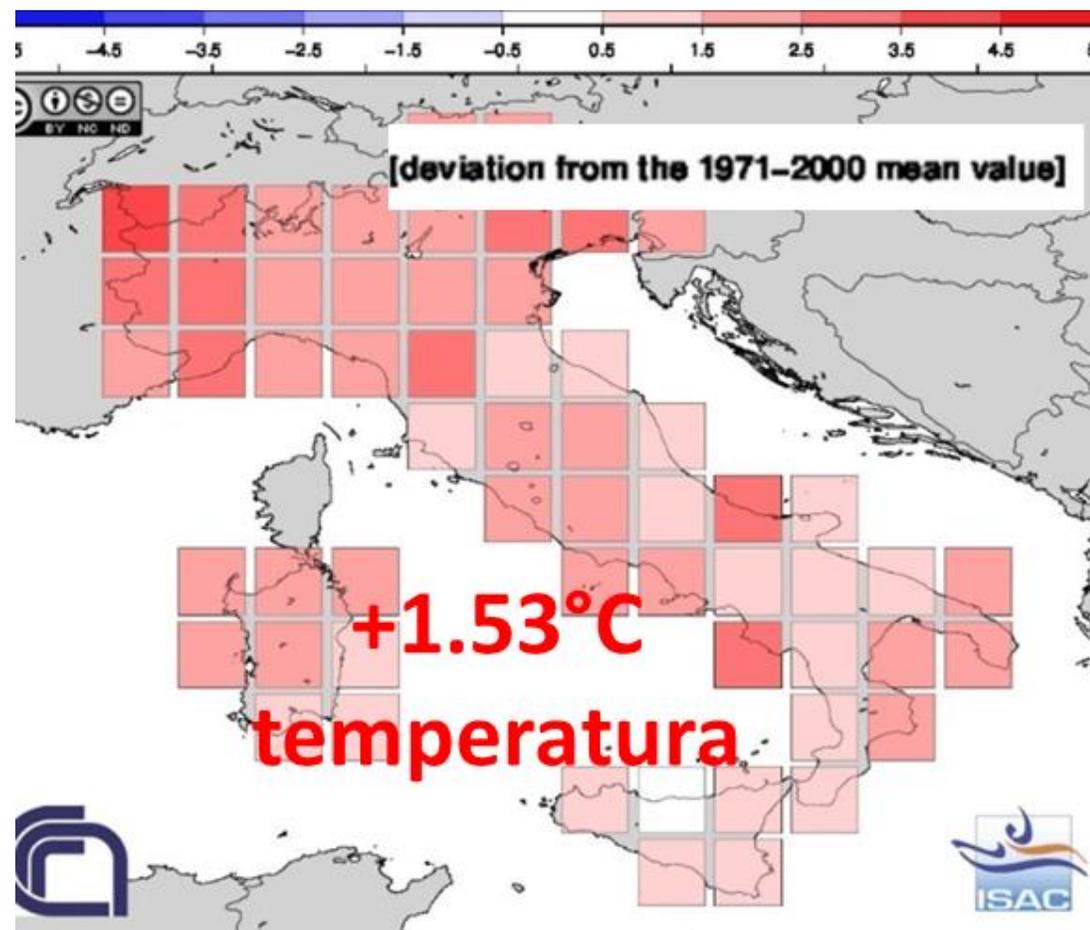


Ogni anno un record.....

2017
il più secco dal 1800



2018
(al 2018) il più caldo dal 1800



Decremento MEDIO piovosità e giorni piovosi

Italia

Tab. 1 - Precipitazioni medie annue in Italia (in mm).

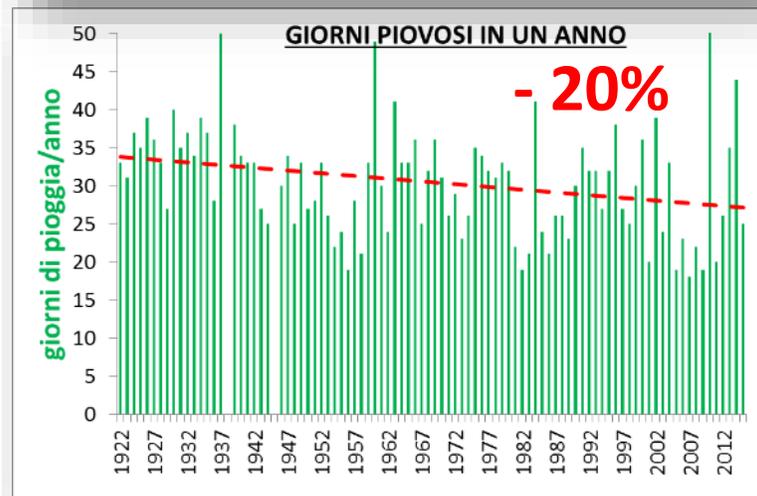
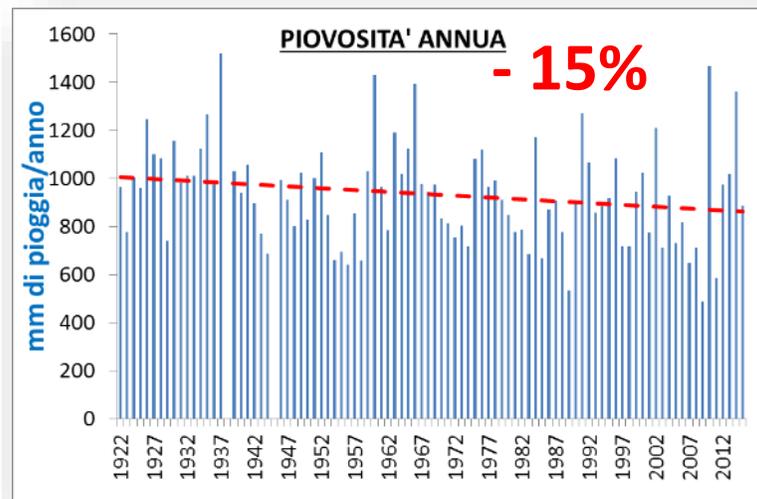
MEDIE	NORD	CENTRO	SUD
Media 1961-1990	884	784	649
Media 1991-2000	757	685	540
Variazione %	-14	-13	-17

Tab. 2 - Numero medio di giorni di pioggia in Italia.

MEDIE	NORD	CENTRO	SUD
Media 1961-1990	87	80	72
Media 1991-2000	72	68	61
Variazione %	-17	-15	-16

(Dossier/Cambiamento climatico: Domenico Vento)

Es. Pluviometro Pisa



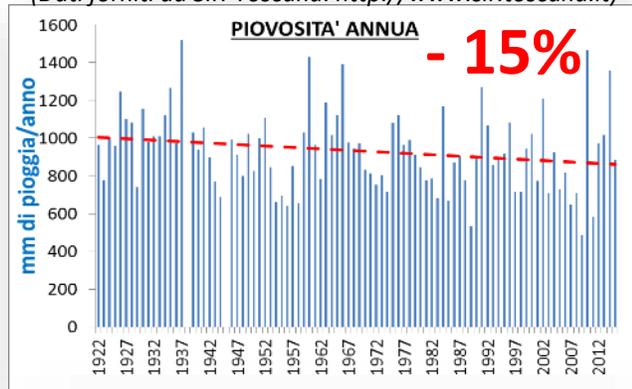
Generale tendenza incremento intensità piogge al centro e al nord

(Dati forniti da SIR-Toscana: <http://www.sir.toscana.it>)

CAMBIA ANCHE IL REGIME ANNUO

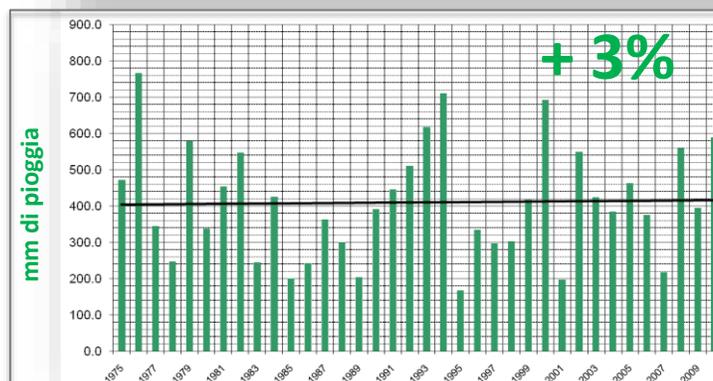
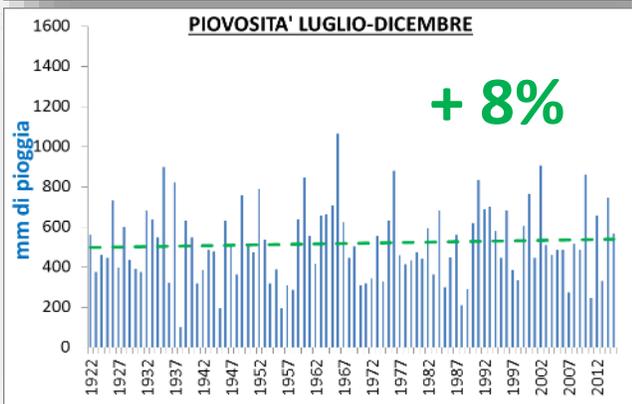
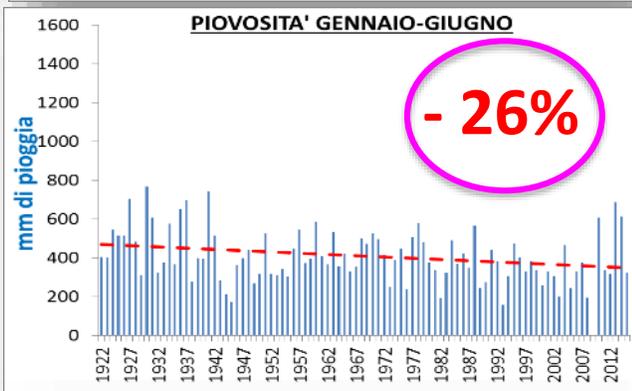
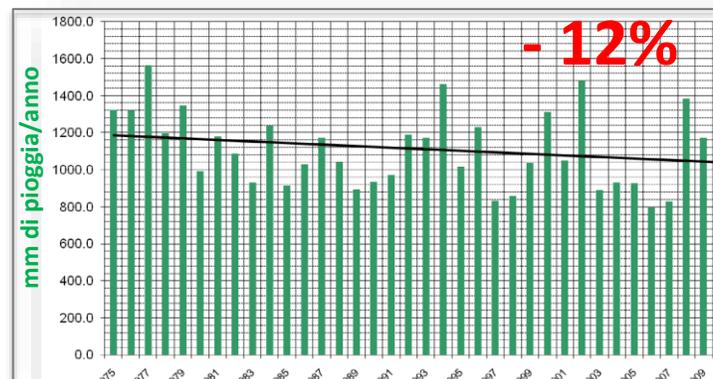
piogge Pisa (1922-2015)

(Dati forniti da SIR-Toscana: <http://www.sir.toscana.it>)



piogge Ferrara (1975-2010)

Arpa, Emilia Romagna 2012, modificato



Anno

Gen-Giu

Lug-Dic

esempi

Eventi siccitosi



Toscana 2011-2012

Il più intenso degli ultimi 60 anni
Danni stimati ca. **300 milioni di Euro**
(nel solo comparto agro-forestale)



Periodi di SICCITA' a VARESE

Fonte: Centro Geofisico Prealpino



ANNO	PERIODO	gg consecutivi
1997	dal 22 gennaio al 20 aprile	89
2015	dal 28 ottobre al 2 gennaio 2016	65
2003	dal 4 febbraio al 9 aprile	65
2001-2002	dal 28 novembre al 22 gennaio	56
1999-2000	dal 29 dicembre al 11 febbraio	45
1993	dal 14 gennaio al 26 febbraio	44
1992-1993	dal 6 dicembre al 12 gennaio	34
1994	dal 11 novembre al 19 dicembre	39
1992	dal 14 febbraio al 23 marzo	39
2011	dal 10 novembre al 12 dicembre	31
2011	dal 19 settembre al 24 ottobre	36
2011	dal 28 marzo al 25 aprile	29
2011	dal 12 gennaio al 15 febbraio	35
-----	-----	-----

131 gg

Eventi di precipitazione intensa

Esempio anno 2014 in Italia: **15 episodi alluvionamento/dissesto geo-idrologico** di cui ben **4 in Toscana** e **3 Liguria**

Es. Carrara Nov'14



Pioggia sul bacino: **200 mm/20 ore**

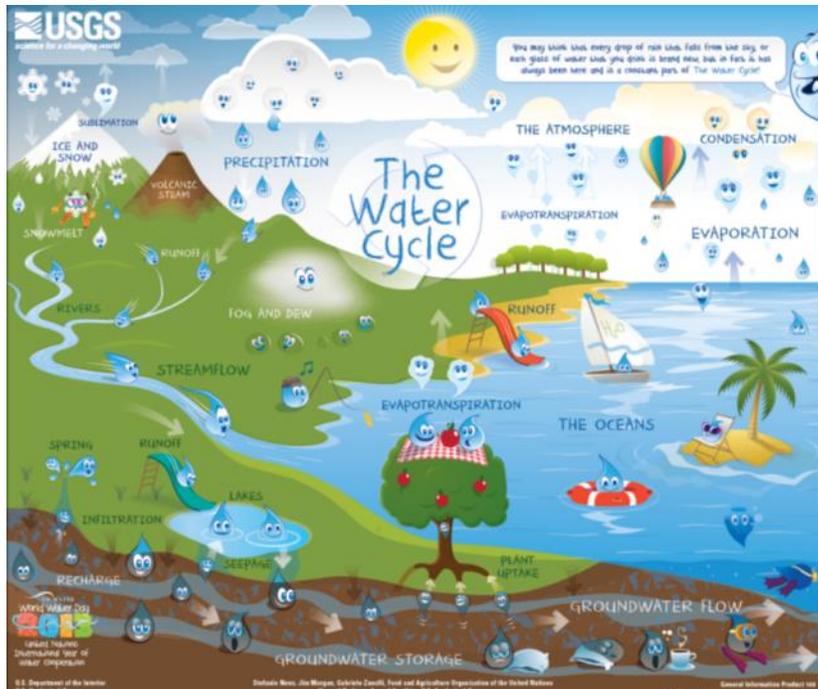
circa il **13% della pioggia media annua**
(periodo 1921-2014 circa 1600 mm)

circa **10 mil. m³ d'acqua in poche ore**
su tutto il bacino



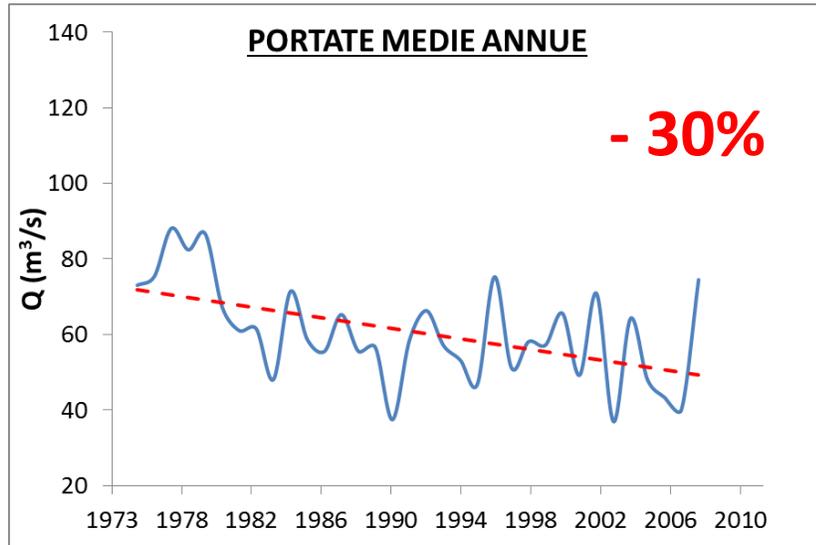
Effetti dei trend climatici su ciclo dell'acqua e risorse idriche

Le relazioni causa-effetto tra clima e ciclo dell'acqua, e quindi risorse idriche, possono essere di vario tipo, anche in dipendenza del diverso contesto naturale



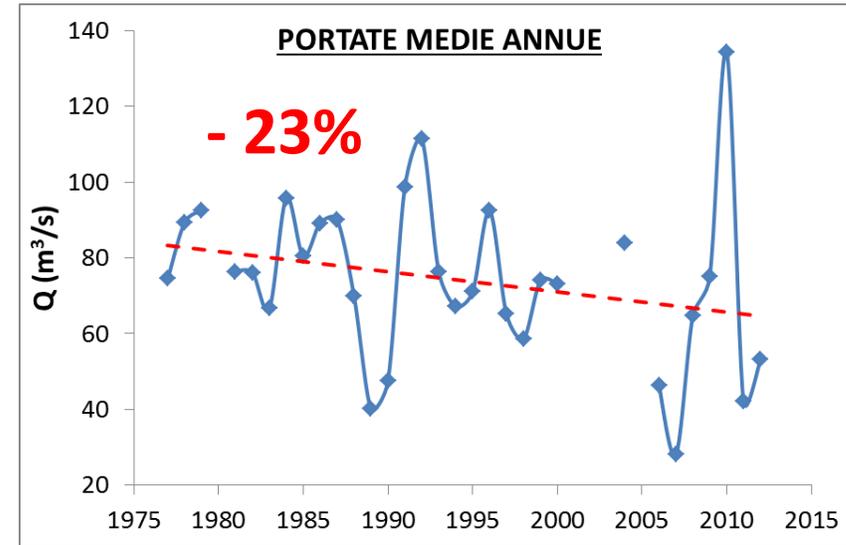
Evidenze di effetti quantitativi su *RISORSE IDRICHE SUPERFICIALI* valori medi annui

FIUME BRENTA (Bassano del Grappa)



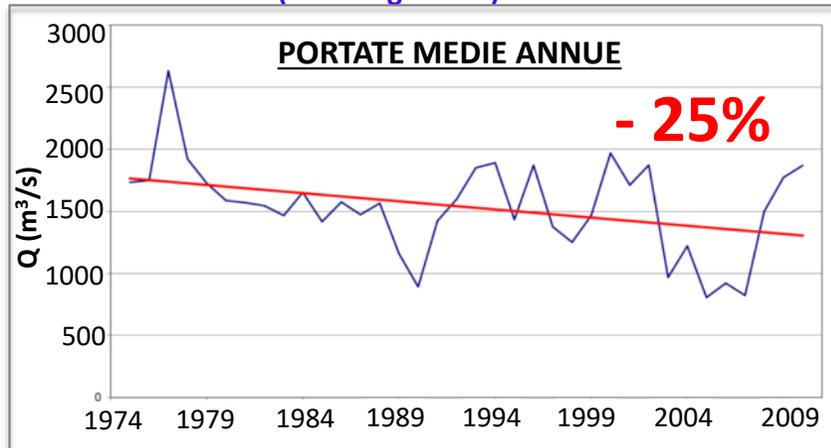
fonte dati: www.consorziobrenta.it

FIUME ARNO (S.Giovanni alla Vena)



fonte dati: www.sir.toscana.it

FIUME PO (Pontelagoscuro)

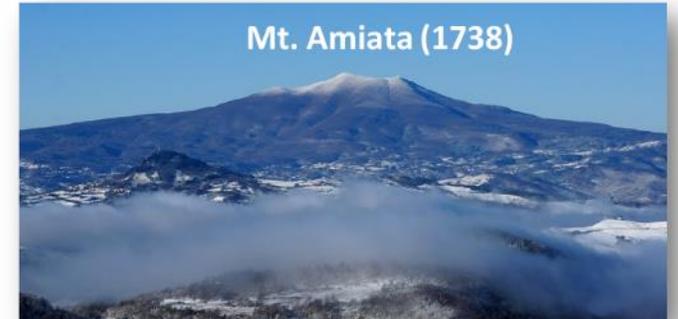
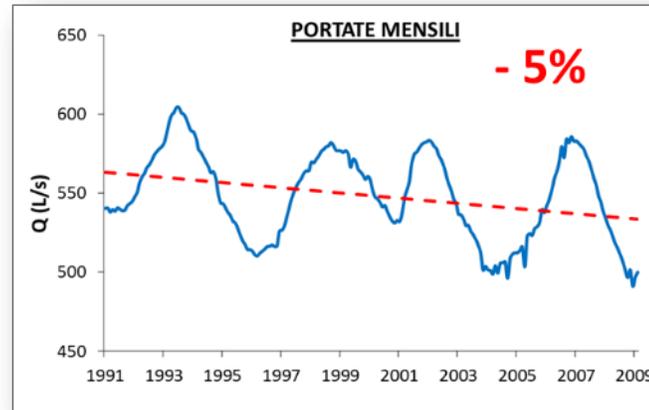


Arpa, Emilia Romagna (2012)



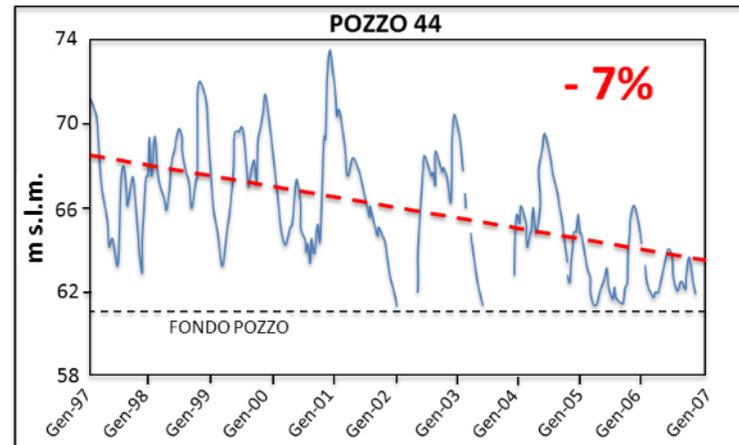
Evidenze di effetti quantitativi su RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

Es. SORGENTE GALLERIA NUOVA-MONTE AMIATA

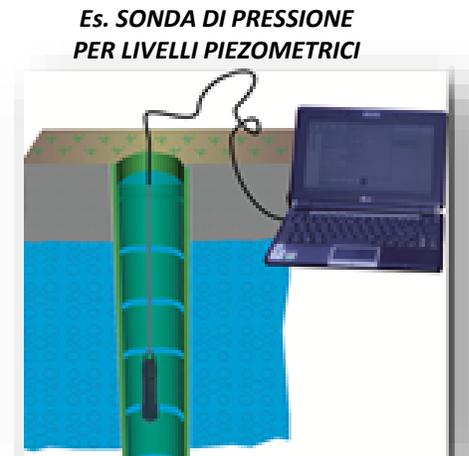


(Dati forniti da: Acquedotto del Fiora SpA -
Valore assoluto sottostimato sull'intero periodo)

Es. LIVELLI PIEZOMETRICI ALTA PIANURA VENETA



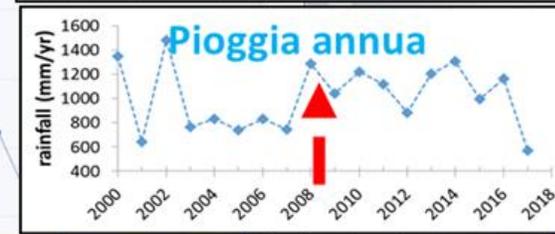
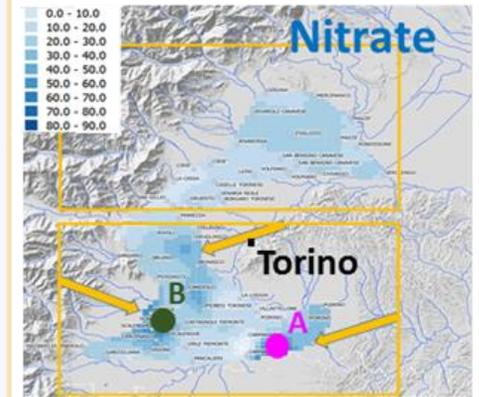
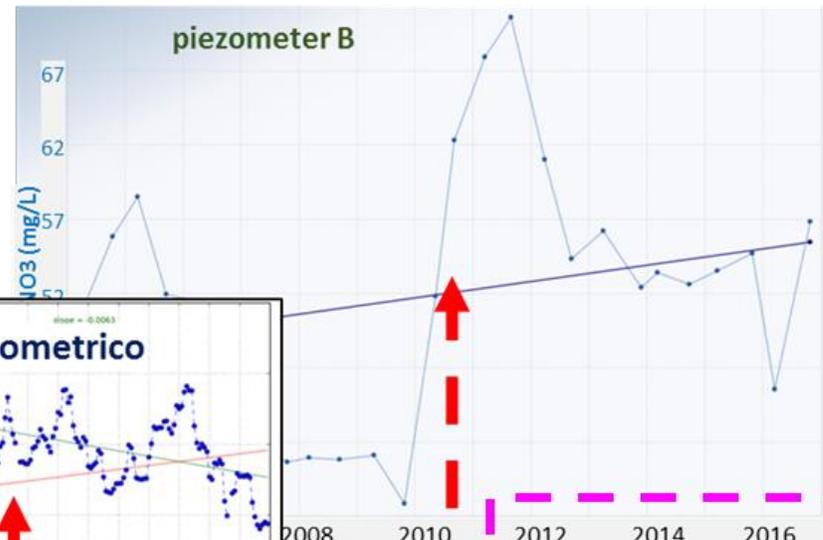
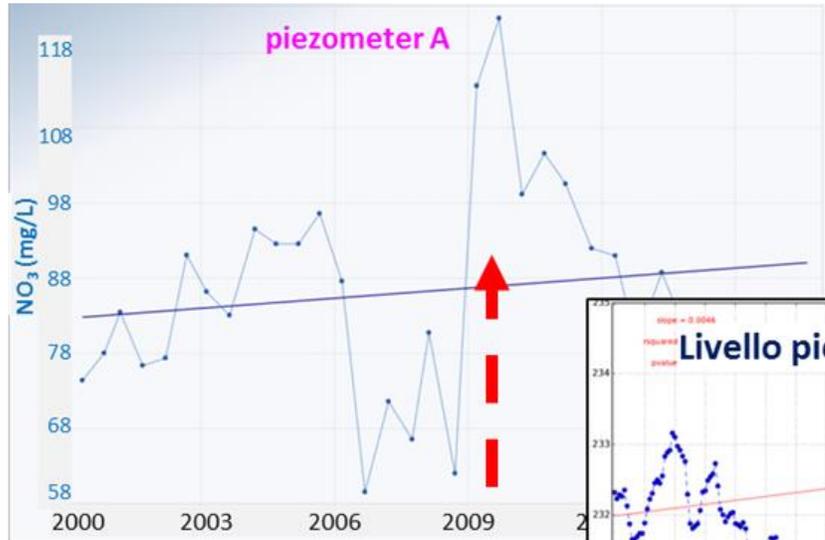
(ARPAV, 2007 - modificato)



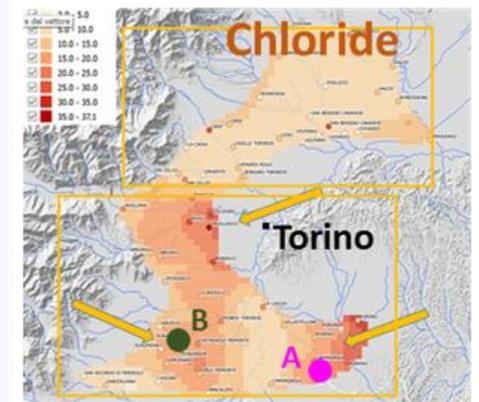
Evidenze di effetti sulla qualità delle acque



Caratteristiche chimiche delle acque



Possibile mobilizzazione di sali e nutrienti accumulati nella zona insatura



Effetti sulla qualità delle acque – aree minerarie (es. Valdicastello-Pietrasanta)



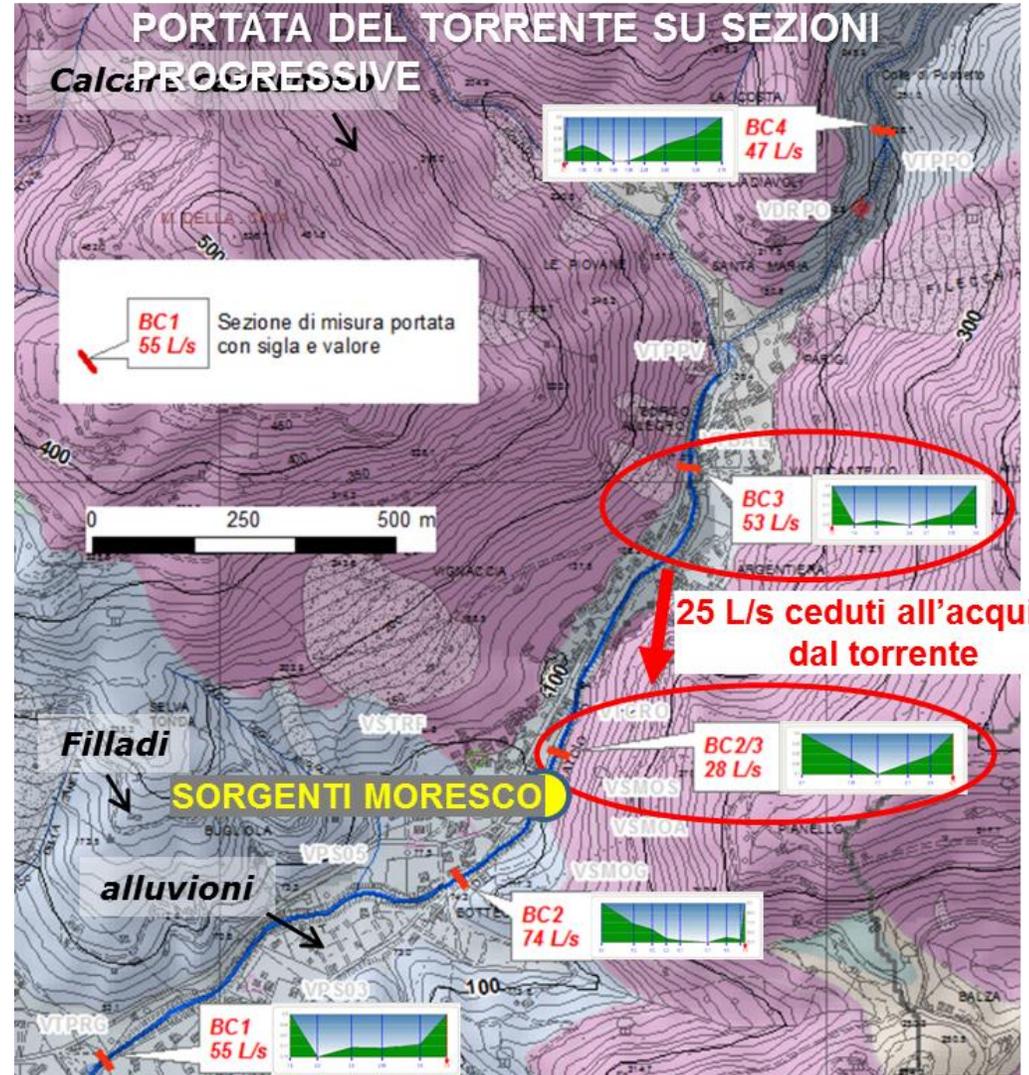
Drenaggio acido di miniera (Miniera di M. Arsiccio)



Torrente Baccatoio



MISURE DI PORTATA NEL TORRENTE



Eventi estremi incrementano la mobilizzazione degli elementi potenzialmente tossici (Arsenico, Tallio, ...)



Effetti sui sistemi glaciali (Artico)



Progetto ISMOGLAC



Neve

Ghiaccio

Sopra-glaciale

Sub-glaciale



Intro-glaciale



Pro-glaciale



Fiordo



Progetto ISMOGLAC

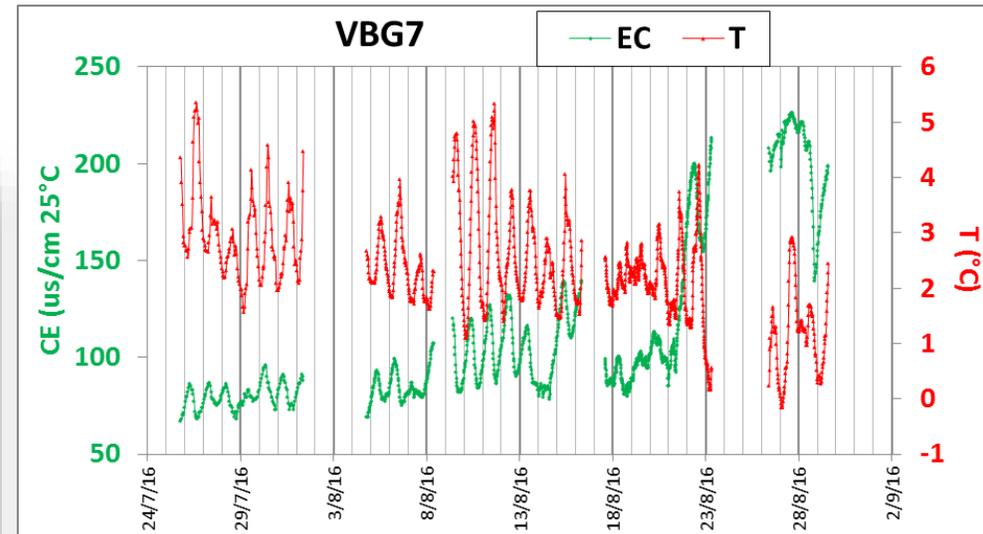
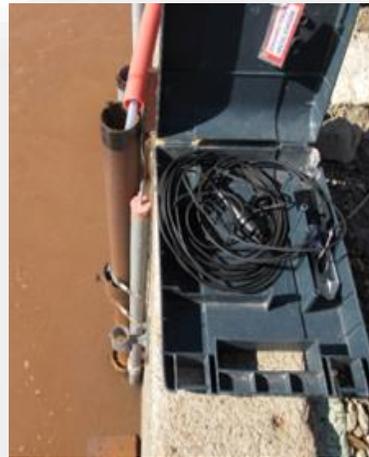


Sito di Monitoraggio sul fiume BAYELVA

2 CTD-probe
1 Baro-D



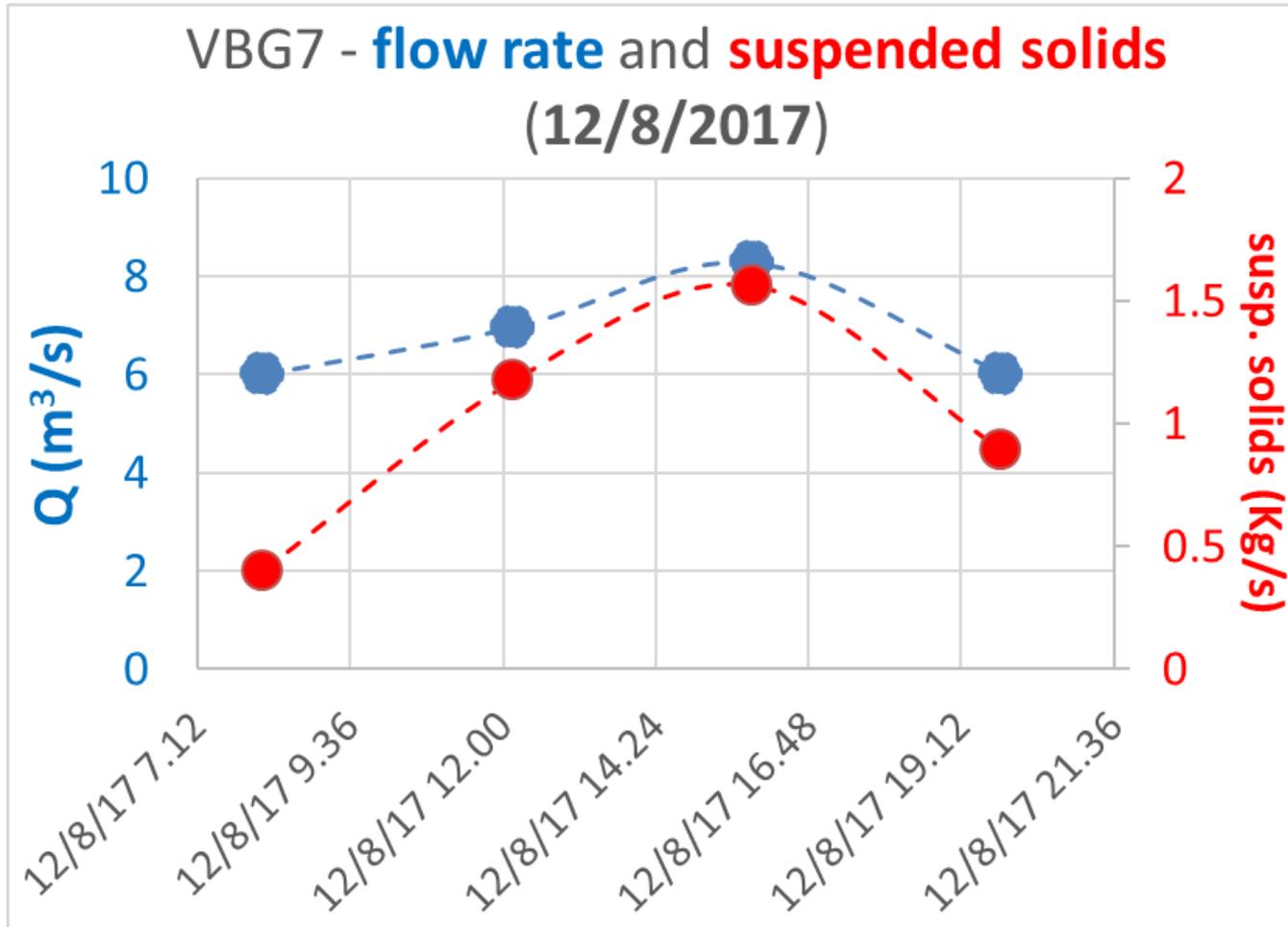
Monitoraggio in continuo di: livello idrometrico (portata), temperatura e conducibilità elettrica ("salinità") dell'acqua (*in collaborazione con il ministero dell'ambiente della Norvegia*)



PORTATA (Q) e SOLIDI SOSPESI alla stazione VBG7

Progetto ISMOGLAC

In 12 ORE
295'000 m³ di acqua
47 tonnellate di solidi sospesi



Effetti in zone montane-pedemontane

es. zona versiliese-apuana

MODELLO SCHEMATICO ALIMENTAZIONE ACQUIFERO PEDEMONTANO-COSTIERO (VERSILIA)

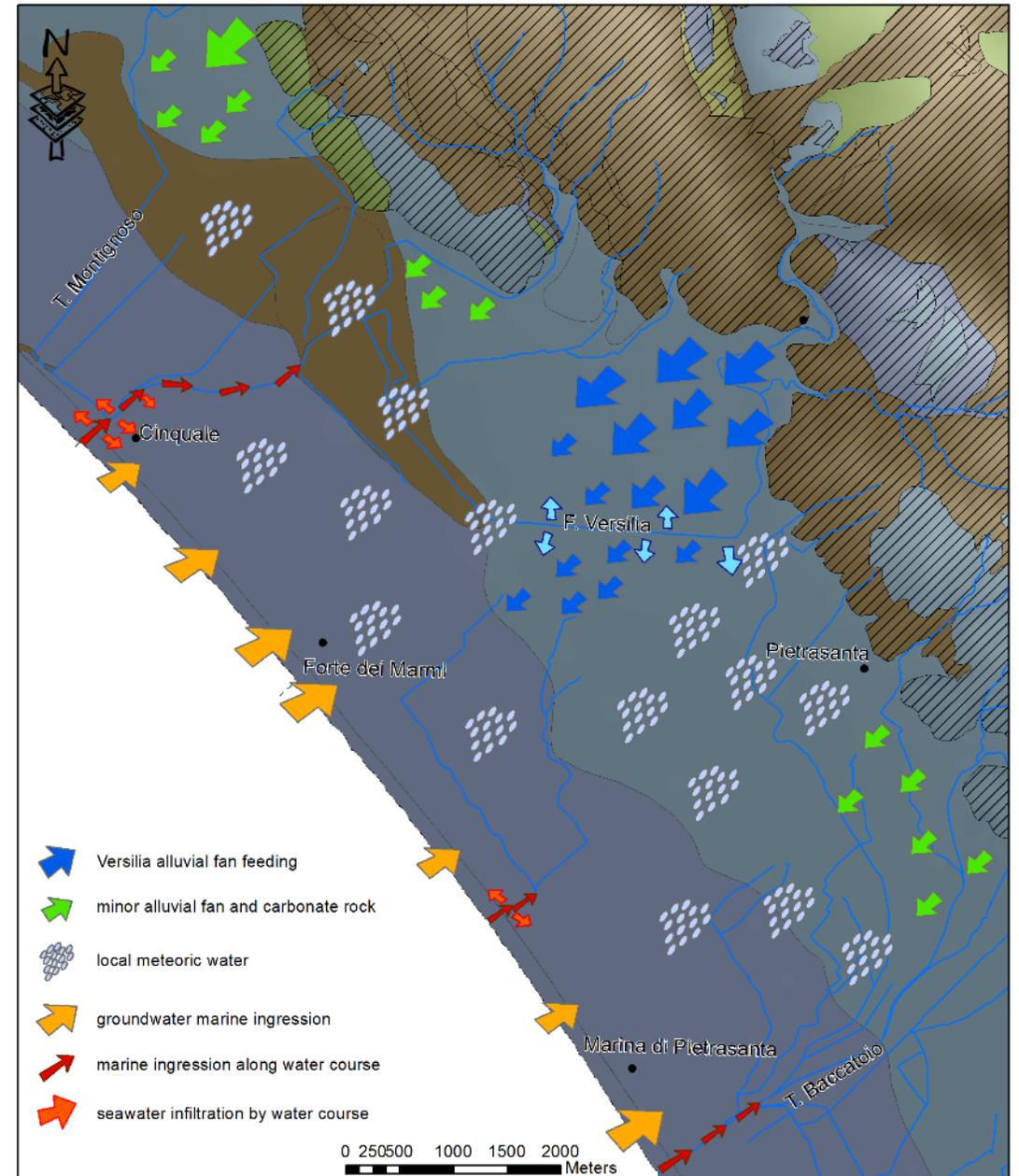


- Componente alimentazione F. Versilia-conoide
- Alimentazione da alveo F. Versilia
- Alimentazione da formazioni rocciose permeabili
- Intrusione salina**
- Dalla linea di costa
- Lungo reticolo idrografico
- Per infiltrazione dall'alveo dei corsi d'acqua

+

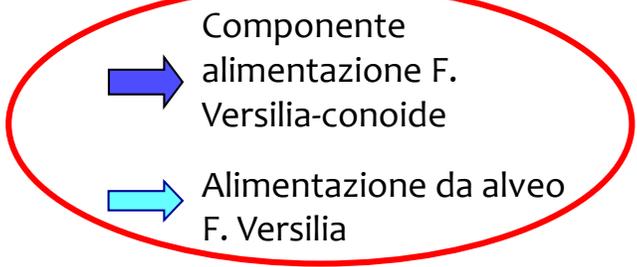
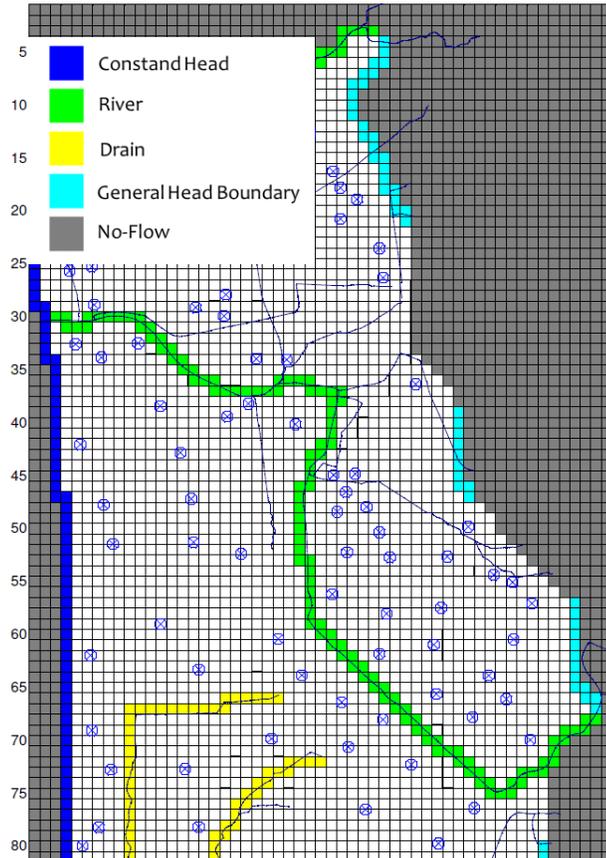
Infiltrazione acque meteoriche locali

Menichini, 2012



Effetti in zone montane-pedemontane *es. zona versiliese-apuana*

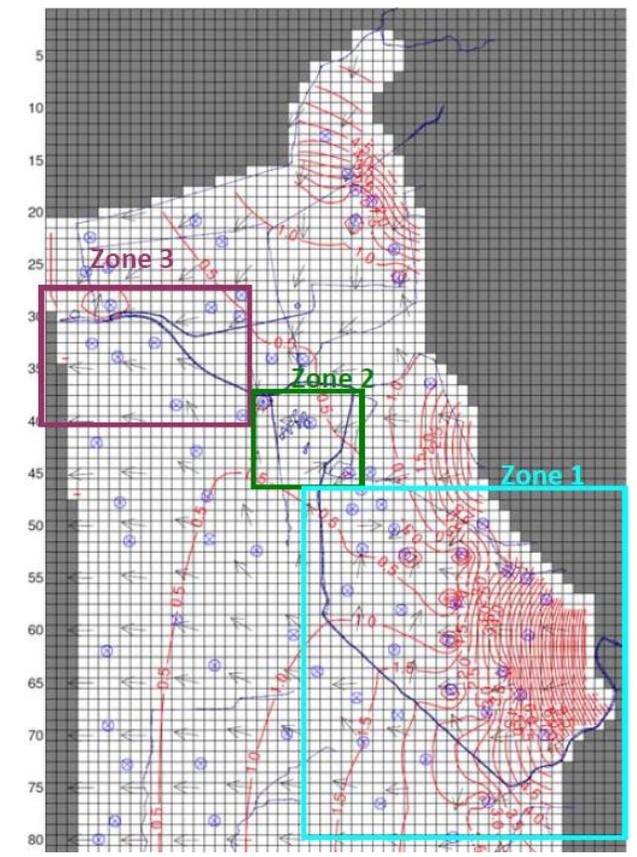
QUANTITATIVI IDRICI MEDI ANNUI TRASFERITI DAL FIUME ALLA FALDA ACQUIFERA DA MODELLO NUMERICO (Menichini, 2012)



ZONA	Milioni m ³ /anno
1	2
2	0.01
3	0.73

TOTALE 2.74

A FRONTE DI UN'ALIMENTAZIONE TOTALE (da fiume, infiltrazione pioggia, ecc.) VERSO L'ACQUIFERO DI CIRCA 8.5 MILIONI DI m³



SULL'ANNO MEDIO, IL 33% DEI CONTRIBUTI ALL'ACQUIFERO DERIVA DALLE ACQUE FLUVIALI

Effetti in zone montane-pedemontane *es. zona versiliese-apuana*

QUANTITATIVI IDRICI MEDI ANNUI
TRASFERITI ALLA FALDA ACQUIFERA

*Acquifero Versilia
(tra T.Canalmagro e T.Baccatoio)*

Alimentazione totale sull'anno medio

8.5 Milioni m³

di cui

2.7 Milioni m³

per alimentazione da fiume

**CONSIDERAZIONI VERSO
EVENTI CLIMATICI ESTREMI**

Evento Carrara Nov'14



9 Milioni di m³ d'acqua
di precipitazione in un giorno
in gran parte «persi a mare»

EVENTI METEORICI ESTREMI → PERDITA A MARE DI COSPICUI QUANTITATIVI IDRICI,

SOTTRATTI ALL'ALIMENTAZIONE DEGLI ACQUIFERI

Effetti in zone montane-pedemontane *es. zona versiliese-apuana*

QUANTITATIVI IDRICI IN FALDA ACQUIFERA

CONSIDERAZIONI VERSO EVENTI CLIMATICI ESTREMI

Evento Carrara Nov'14



Acqua precipitata in un giorno
e in gran parte «**persa a mare**»

9 Milioni di m³

= 4% di

Acquifero Versilia
(tra T.Canalmagro e T.Baccatoio)

Stima volumi idrici totali
(«risorse+riserve»)
immagazzinati in acquifero

243 Milioni di m³

SUL MEDIO LUNGO PERIODO, LA PERSISTENZA DI EVENTI ESTREMI

RIDUCE L'IMMAGAZZINAMENTO TOTALE IN ACQUIFERO



CONSEGUENZE ANCHE SULLA QUALITA' ACQUE SOTTERRANEE (e.g. intrusione marina)

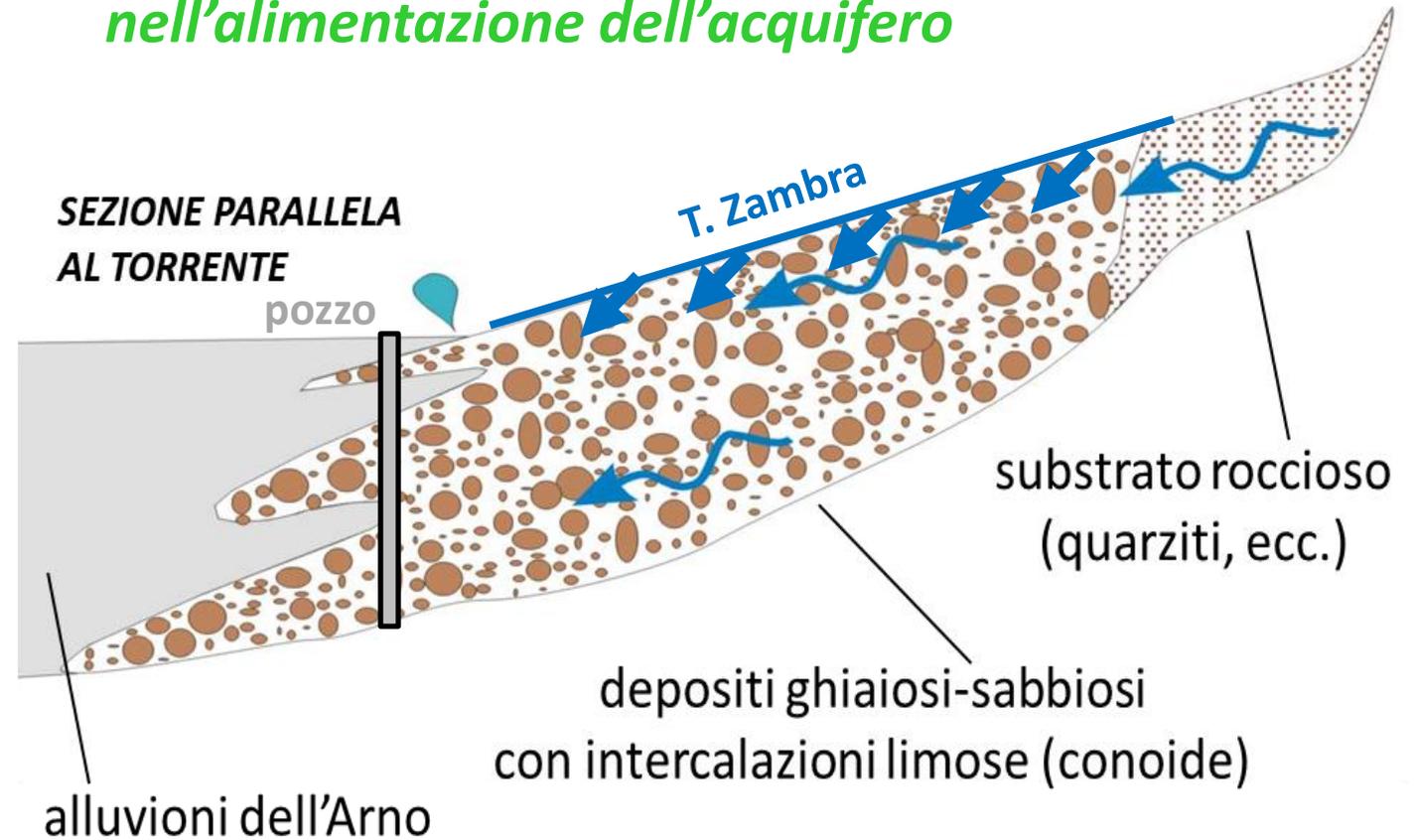
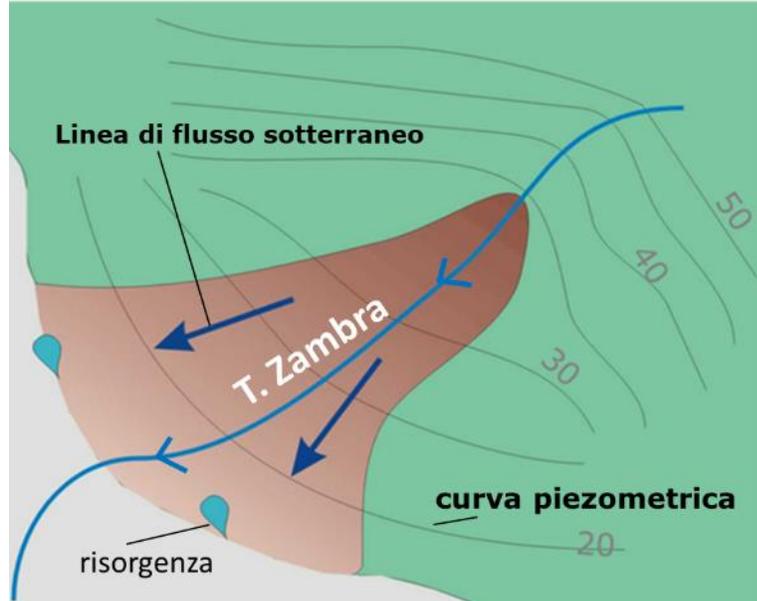
Effetti in zone montane-pedemontane

es. acquifero pedemontano del «Conoide di Calci» (Monti Pisani)

rappresentazione schematica della circolazione idrica



ruolo importante del torrente nell'alimentazione dell'acquifero

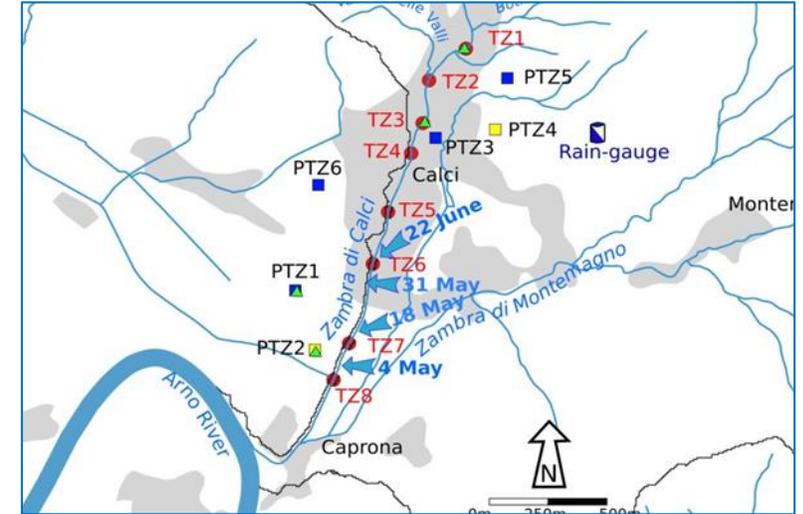


Effetti in zone montane-pedemontane

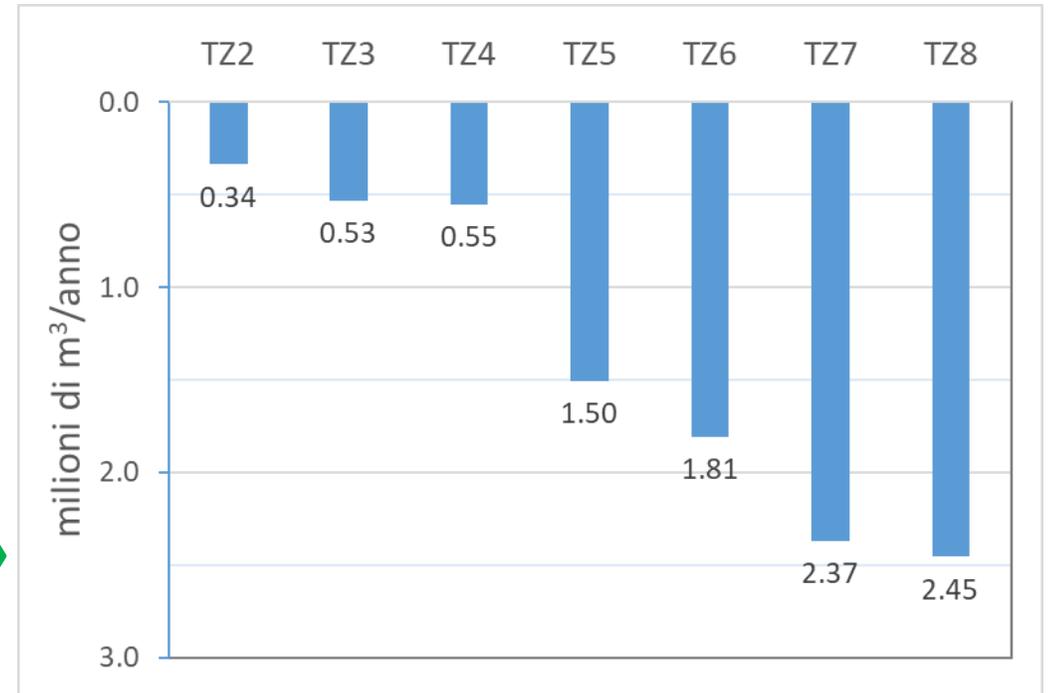
es. acquifero pedemontano del «Conoide di Calci» (Monti Pisani)



MISURE DI PORTATA CON
FLUSSIMETRO AD ULTRASUONI



infiltrazione di acqua del torrente in acquifero



Da Feb. 2018 a Feb. 2019 sono state valutate **perdite di acqua dal torrente a favore della falda idrica sotterranea** di circa **2.5 Milioni di m³**

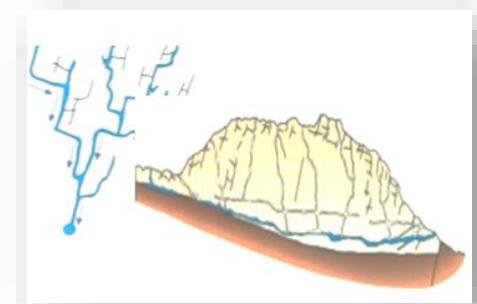
PARI A CIRCA 35mila «IDRO-ABITANTI EQUIVALENTI»



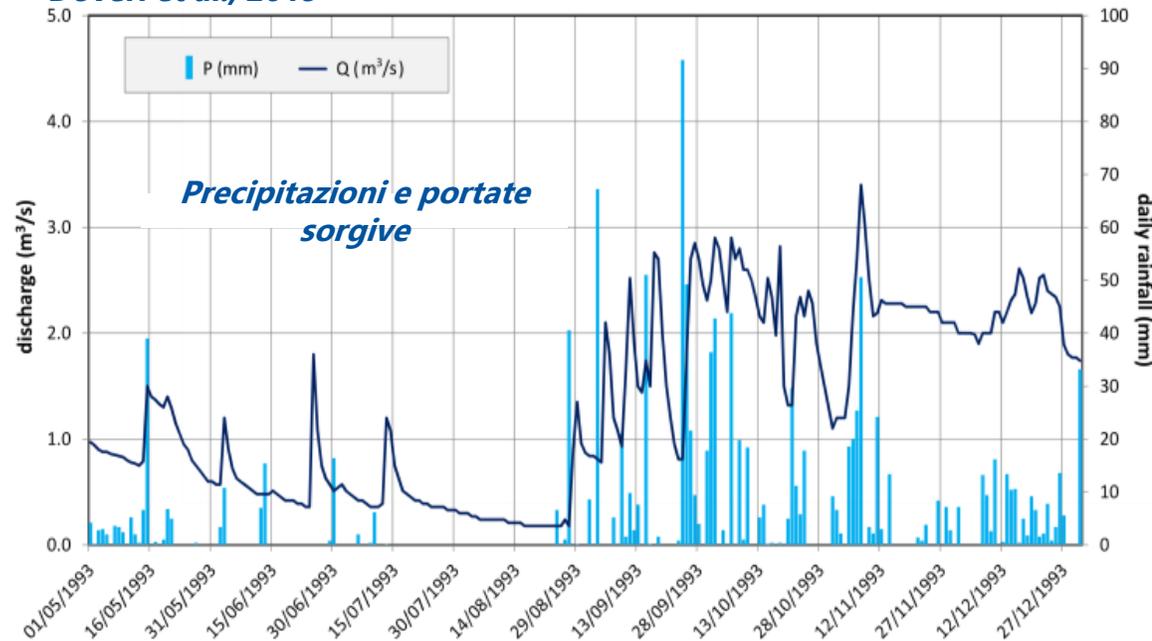
Effetti su acquiferi carbonatici/carsici – es. sistema Alpi Apuane



Regime carsico delle sorgenti



Doveri et al., 2019



- picchi di piena molto ripidi con **bruschi aumenti di portata (più del 300%)** in occasione di eventi piovosi significativi
- **deciso decremento delle portate in periodi non piovosi.**

Elevato Indice di Variabilità e Significativo Tasso di Rinnovamento.
Circolazione rapida, condotti carsici ben sviluppati, alta permeabilità,
bassa capacità di immagazzinamento.

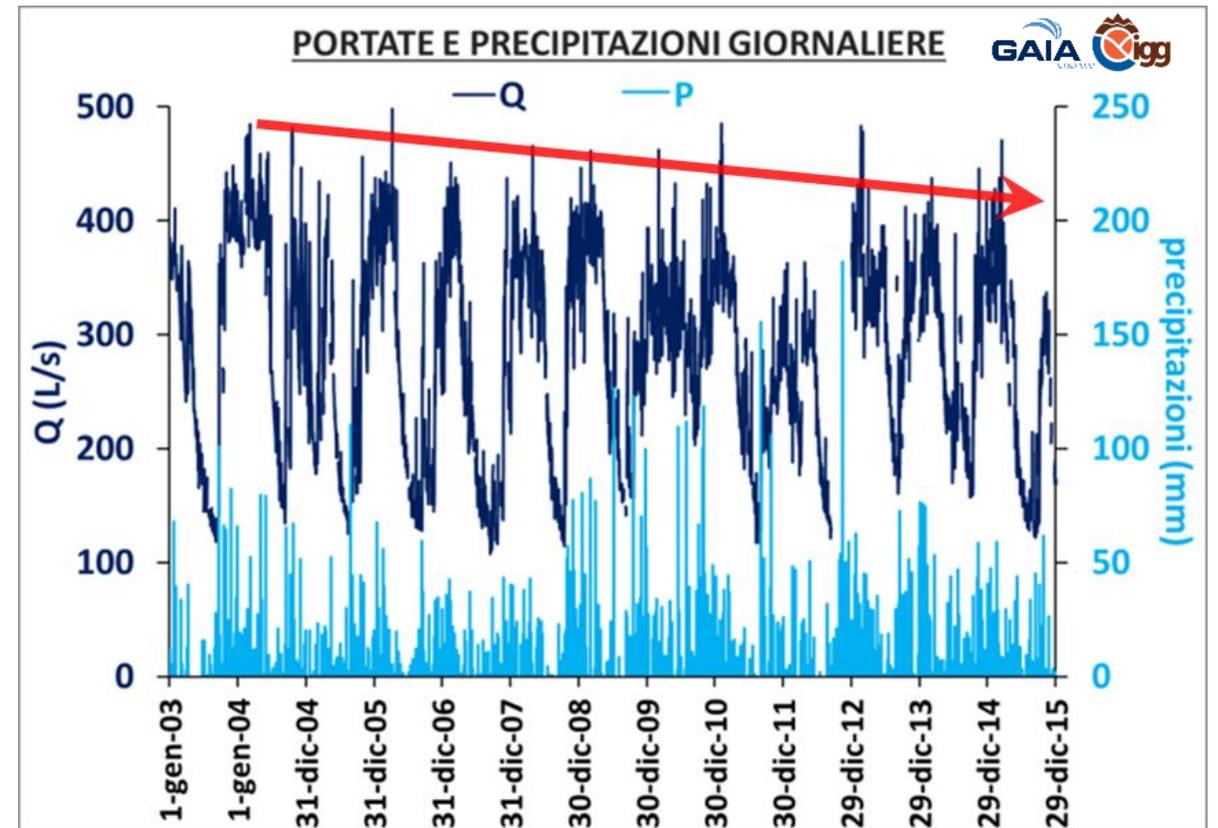
Effetti su acquiferi carbonatici/carsici – es. sistema Alpi Apuane

*Sistemi fortemente sensibili
ai quantitativi e
al regime delle precipitazioni*

*TREND DI DECREMENTO DELLE PIOGGE
ANNUE E REGIMI IDROLOGICI PIU' ESTREMI*

- *Sensibile decremento delle portate nel tempo*
- *Relativo incremento degli eventi di piena*

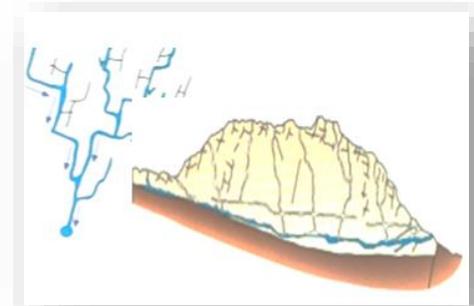
Es. Sorgente del Cartaro (Massa)



Effetti su acquiferi carbonatici/carsici – es. sistema Alpi Apuane



Regime carsico delle sorgenti



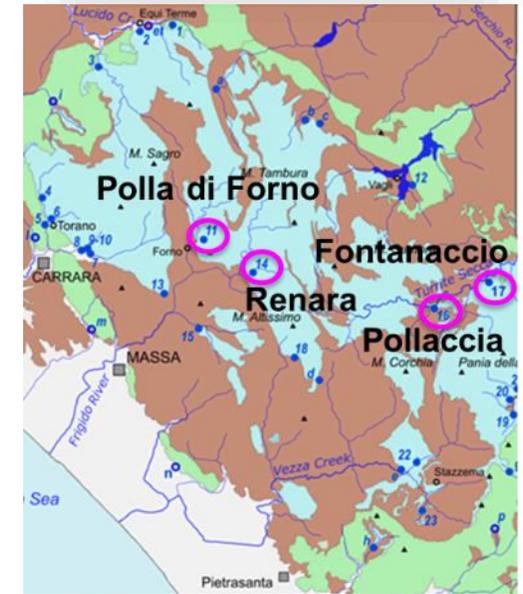
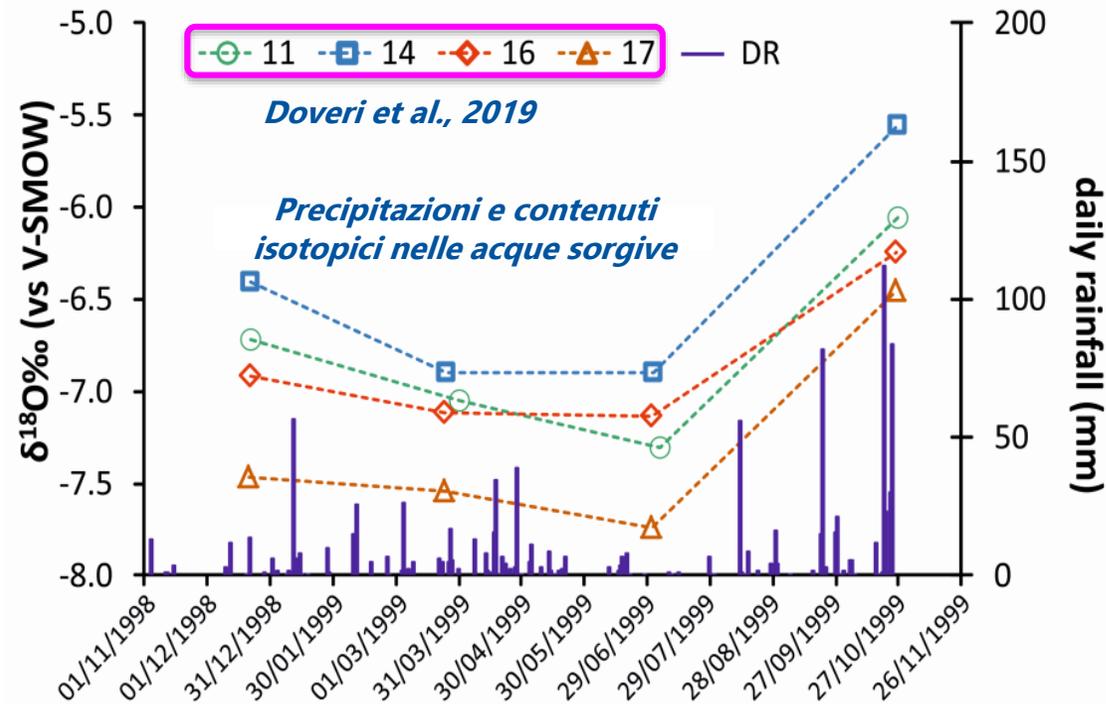
variazione isotopica stagionale nelle acque sorgive



tempi brevi di percorrenza

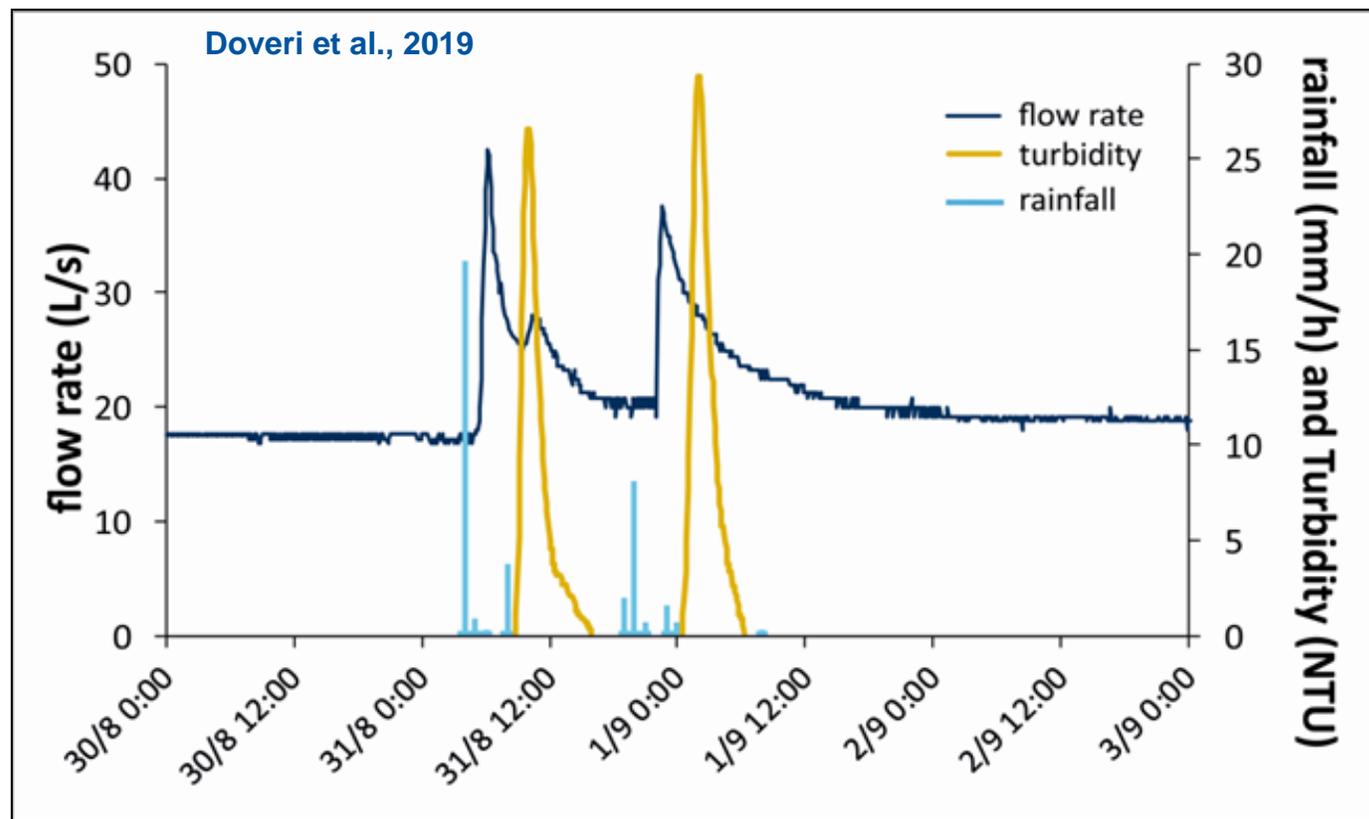
ALTA

VULNERABILITA'



Effetti su acquiferi carbonatici/carsici – es. sistema Alpi Apuane

relazioni regimi idrologici
qualità acque sorgive



INCREMENTO PIOGGE INTENSE



INCREMENTO % DEI VOLUMI IDRICI NON UTILIZZABILI

Effetti su acquiferi carbonatici/carsici – es. sistema Alpi Apuane

relazioni regimi idrologici qualità acque sorgive

Ghezzi et al., 2019

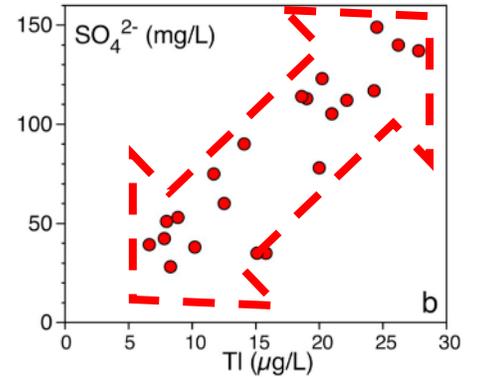
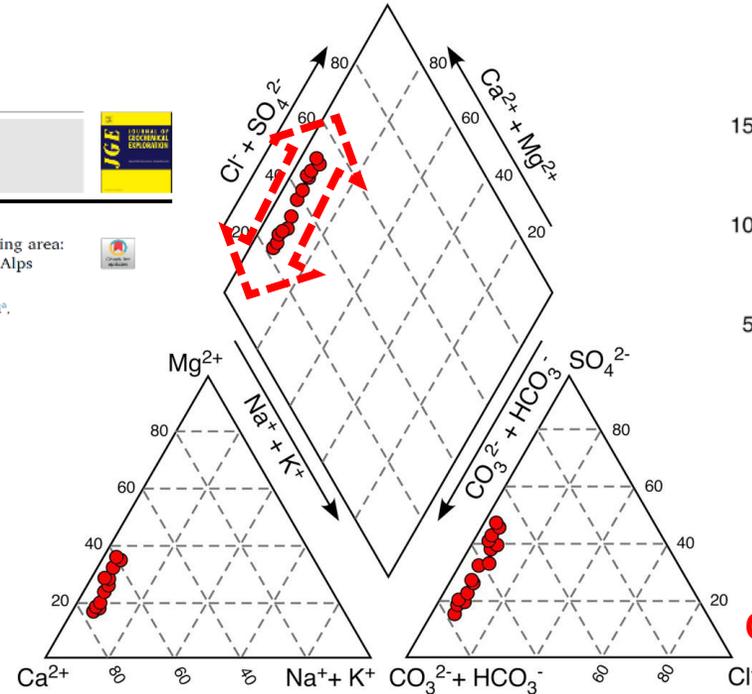
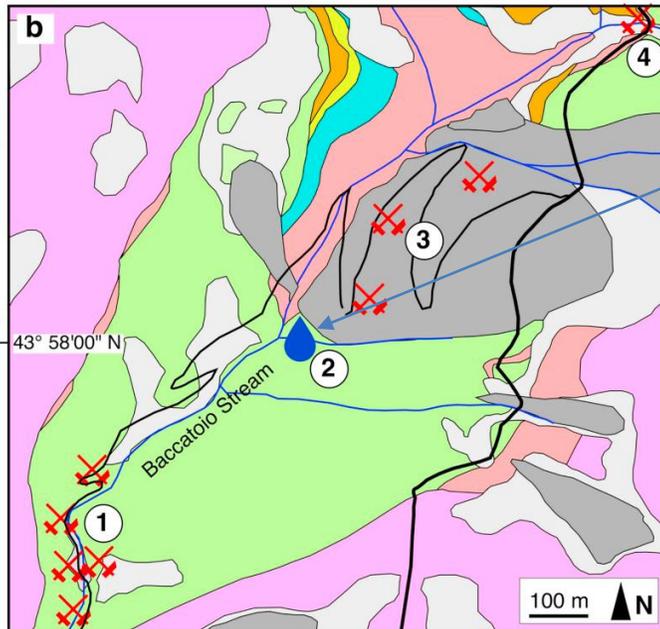


Groundwater and potentially toxic elements in a dismissed mining area: Thallium contamination of drinking spring water in the Apuan Alps (Tuscany, Italy)
 Lisa Ghezzi^{a,*}, Massimo D'Orazio^b, Marco Doveri^b, Matteo Lelli^b, Riccardo Petrini^b, Roberto Gianacchini^c

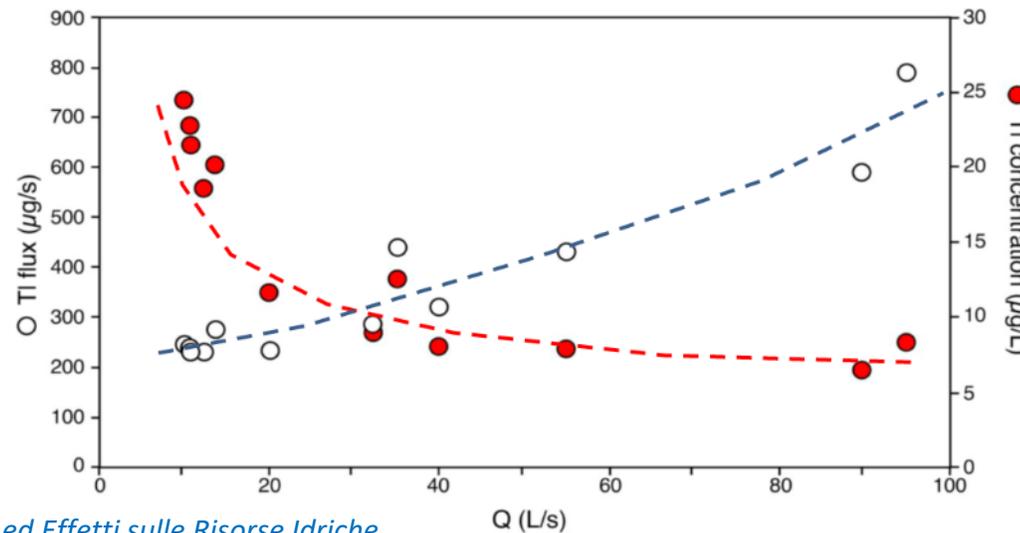


sorgente Molini di S. Anna (bacino T. Baccatoio)

- | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------------|--|
| | slope debris | | limestone and dolomitic limestone (Upper Triassic) |
| | active and quiescent landslides | Metamorphic Units | |
| | abandoned mining works | | meta-arenite (Oligocene?-Miocene) |
| | streams | | marble, calc-schist (Eocene?-Oligocene) |
| | roads | | marble (Lias) |
| | | | metadolomite (Upper Triassic) |
| | | | schist, quartzite, metarhyolite (Paleozoic) |



2 COMPONENTI
Ca-HCO3 + Ca(Mg)-SO4[Tl]



PICCHI DI PORTATA

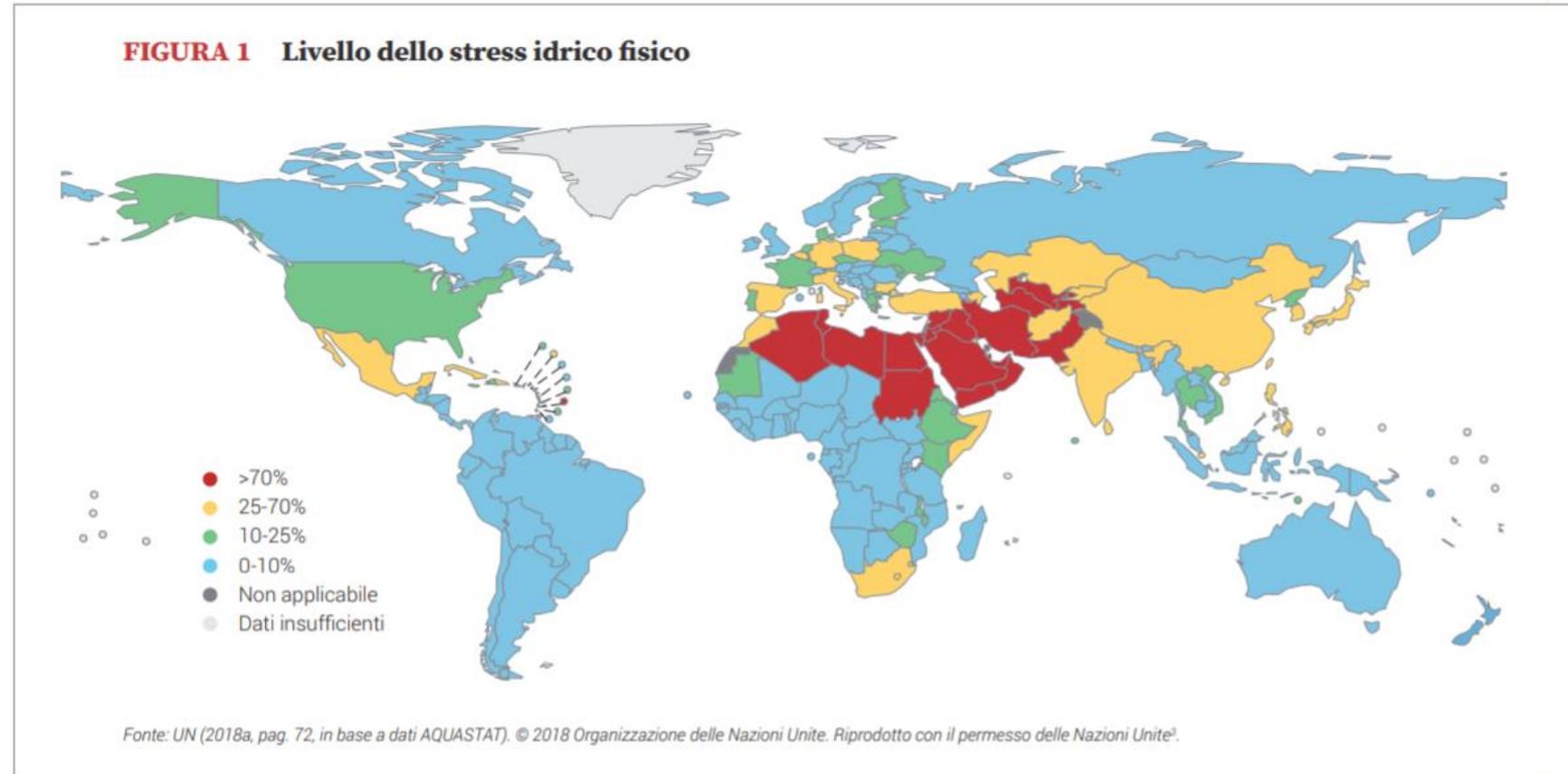
Diminuisce la concentrazione ma

INCREMENTA IL FLUSSO DI

TALLIO

VALORI DI ≈1 mg/s

CONDIZIONI DI STRESS IDRICO



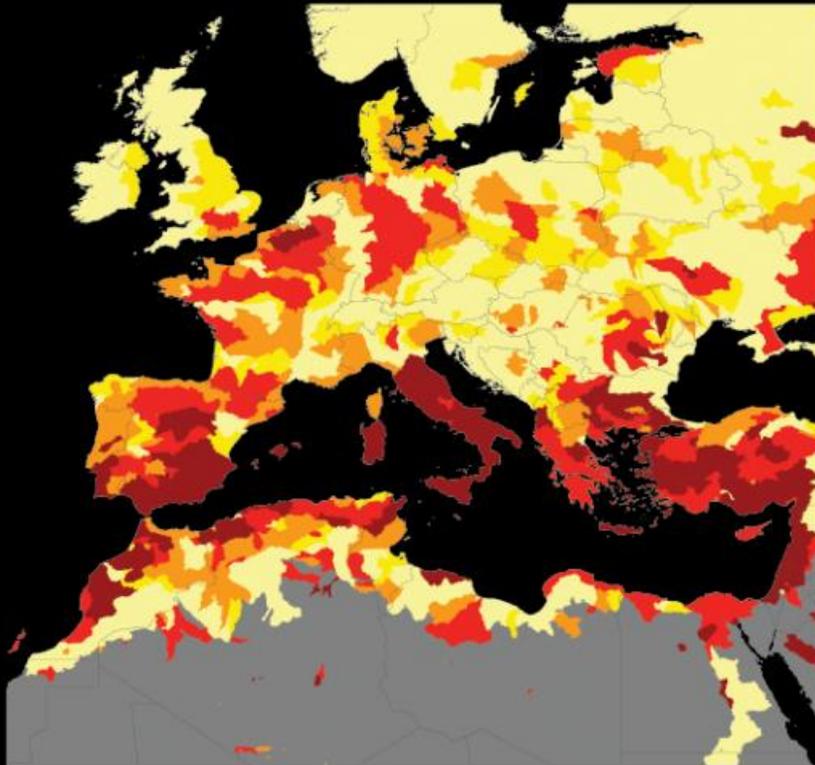
- ✓ +1% di consumo idrico all'anno (dagli anni '80, trend confermato fino al 2050)
- ✓ 4 miliardi di persone sono soggetti a scarsità idrica grave almeno un mese l'anno
- ✓ Oltre 50 paesi presentano uno stress idrico superiore al 25%

- ✓ 80 % delle acque reflue viene scaricato senza essere trattato

CONDIZIONI DI STRESS IDRICO

THE MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA IS THE MOST WATER-STRESSED REGION ON EARTH

BASELINE WATER STRESS



Source: wri.org/aqueduct

AQUEDUCT

WORLD RESOURCES INSTITUTE



National Water Stress Rankings

EXTREMELY HIGH BASELINE WATER STRESS

- | | | | |
|------------|-----------------|--------------------------|------------------|
| 1. Qatar | 6. Libya | 10. United Arab Emirates | 14. Pakistan |
| 2. Israel | 7. Kuwait | 11. San Marino | 15. Turkmenistan |
| 3. Lebanon | 8. Saudi Arabia | 12. Bahrain | 16. Oman |
| 4. Iran | 9. Eritrea | 13. India | 17. Botswana |
| 5. Jordan | | | |

HIGH BASELINE WATER STRESS

- | | | | |
|-------------|-----------------|------------------|--------------|
| 18. Chile | 25. Uzbekistan | 32. Turkey | 39. Niger |
| 19. Cyprus | 26. Greece | 33. Albania | 40. Nepal |
| 20. Yemen | 27. Afghanistan | 34. Armenia | 41. Portugal |
| 21. Andorra | 28. Spain | 35. Burkina Faso | 42. Iraq |
| 22. Morocco | 29. Algeria | 36. Djibouti | 43. Egypt |
| 23. Belgium | 30. Tunisia | 37. Namibia | 44. Italy |
| 24. Mexico | 31. Syria | 38. Kyrgyzstan | |

MEDIUM-HIGH BASELINE WATER STRESS

- | | | | |
|------------------|-----------------|----------------|---------------|
| 45. Thailand | 51. Tajikistan | 57. Guatemala | 63. Lesotho |
| 46. Azerbaijan | 52. Macedonia | 58. Estonia | 64. Denmark |
| 47. Sudan | 53. South Korea | 59. France | 65. Indonesia |
| 48. South Africa | 54. Bulgaria | 60. Kazakhstan | 66. Peru |
| 49. Luxembourg | 55. Mongolia | 61. Mauritania | 67. Venezuela |
| 50. Australia | 56. China | 62. Germany | 68. Cuba |



Marco Doveri - Cambiamenti Climatici ed Effetti sulle Risorse Idriche

ARTICLE OPEN

Threatening levels of cumulative stress due to hydroclimatic extremes in the 21st century

Filippo Giorgi¹, Erika Coppola¹ and Francesca Raffaele¹

Hydroclimatic extremes, such as very intense precipitation and drought, are expected to increase with global warming, with their cumulative effects potentially posing severe threats for human and natural systems. We introduce a new metric of potential cumulative stress due to hydroclimatic extremes, the Cumulative Hydroclimatic Stress Index (CHS), expressed in "equivalent reference stress years (ERSY)" (i.e., the mean annual stress during a present day reference period). The CHS is calculated for wet and dry extremes in an ensemble of 21st century Global Climate Model projections under the RCP8.5 and RCP2.6 greenhouse gas scenarios. Under the high-end RCP8.5 scenario, by 2100, increases in wet and dry extremes add ~155 ERSY averaged over global land areas (~125 for wet and ~30 for dry extremes), with wet hotspots (>250 added ERSY) throughout regions of Asia, Eastern Africa and the Americas, and dry hotspots (>100 added ERSY) throughout Central and South America, Europe, West Africa, and coastal Australia. Inclusion of population exposure in the stress index definition generates a maximum total (dry + wet) potential stress level exceeding 400 added ERSY over Africa, North America, and Australia, which are thus projected to be extremely vulnerable to increases in hydroclimatic extremes. Under the RCP2.6 scenario, which is close to the 2 °C global warming stabilization target set in the Paris agreement, the total hydroclimatic stress is considerably reduced.

npj Climate and Atmospheric Science (2018)1:18 | doi:10.1038/s41612-018-0028-6

INTRODUCTION

Hydroclimatic extremes can have severe impacts on different socio-economic sectors, such as agriculture, water resources, health, ecosystem services, urban infrastructure, etc.^{1,2} This issue is especially important within the global change context because different generations of twenty-first century global and regional climate model projections have consistently indicated a predominant increase of precipitation intensity and wet extremes, along with a decrease in the frequency of precipitation events, and thus a lengthening of dry periods.^{3–11}

While the occurrence of individual extremes can have devastating impacts at a given time, the cumulative effect of events over time may be a dominant factor in determining the overall stress for a natural or socio-economic system, thereby challenging its resilience.^{1,2} For example, there might be thresholds of cumulative stress leading to the collapse of the system or to impacts that are beyond sustainable adaptation options. Also, the cumulative stress is an integrator over time and, since it accounts for the temporal trajectory of changes in extremes, it can be an optimal measure of related risks.

Here we introduce a new metric of the cumulative potential stress due to hydroclimatic extremes, the Cumulative Hydroclimatic Stress Index (CHS), which is described in the Methods section. We calculate the CHS for two types of events that can be expected to produce damage to economic activities and infrastructure: extreme daily precipitation (the 99.9 percentile of the daily precipitation intensity distribution, or R99.9) and severe precipitation deficits (defined as a sequence of at least three consecutive months with negative precipitation anomalies, or precipitation deficits, greater than 25%, or D25). The CHS is

expressed in units of "Equivalent Reference Stress Year (ERSY)", where the ERSY is a measure of the average annual potential stress due to extreme wet or dry events for a reference period representing present day conditions (see Methods). If for a certain period in the future the cumulative number of ERSY is larger than the value that would be obtained by cumulating the ERSY found for the reference period, then the excess number of ERSY is a measure of the additional potential stress induced by climate change.

We emphasize that here the CHS is calculated from a physical quantity, namely precipitation, assuming that the stress itself is proportional to the amount of extreme or deficit precipitation. As such, it is a measure of potential stress, or risk, and not of actual damage associated with the events, because clearly not all events described by the R99 and D25 metrics will necessarily result in damaging flood or drought. The index could however be generalized to become an Integrated Cumulative Hydroclimatic Stress Index (ICHS) by including socio-economic information, for example population exposed to, and/or cost and damage associated with, the event. As an illustration of this point, here we calculate the ICHS by including population information as a measure of exposure (see Methods), which again results in a metric of potential stress rather than actual impact.

The values of the CHS and ICHS are calculated for an ensemble of 9 Global Climate Model (GCM) projections from the Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5 (CMIP5,¹² supplementary Table S1), covering the period 1981–2100, where 1981–2010 is our reference period. Two greenhouse gas (GHG) concentration pathways are considered, the high-end RCP8.5 and the low end RCP2.6, which cover the overall CMIP5 range.¹³ Population data are from the set of IIASA Shared Socioeconomic Pathways (SSPs,¹⁴)

¹Earth System Physics Section, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 34151 Trieste, Italy
Correspondence: Filippo Giorgi (giorgi@ictp.it)

Received: 2 August 2017 Revised: 23 February 2018 Accepted: 26 March 2018

Recenti ricerche confermano previsioni di incremento delle condizioni idrologiche estreme, con possibili **conseguenze gravi** in varie regioni del mondo e sui relativi abitanti **entro questo secolo**.



IL FUTURO DELL'ACQUA DIPENDE DA CAPACITÀ DI ATTUARE AZIONI DI GESTIONE SOSTENIBILE DELLA RISORSA

RIDUZIONE DEI CONSUMI

metodi di irrigazione appropriati
(goccia e subirrigazione)

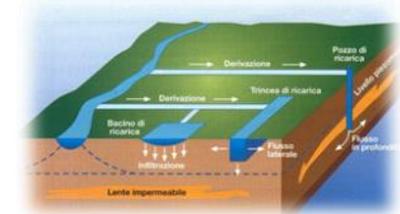
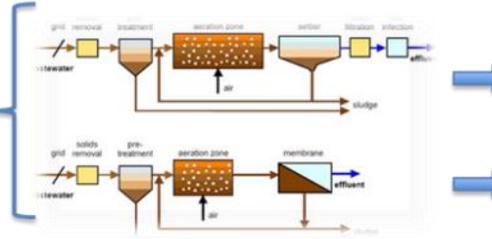


riduzione perdite acquedotto



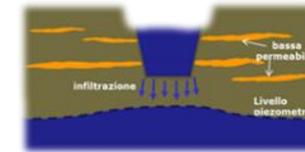
.....

RIUTILIZZO DI ACQUE REFLUE

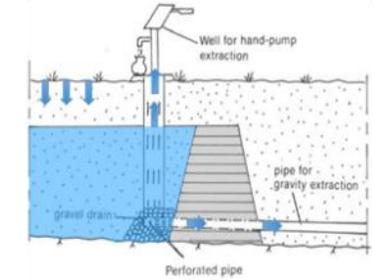


CONSERVAZIONE/STOCCAGGIO

ricarica assistita degli acquiferi



dighe sotterranee



CONSAPEVOLEZZA A TUTTI I LIVELLI

organi di governo



gestori idrici



«utenza» = noi tutti

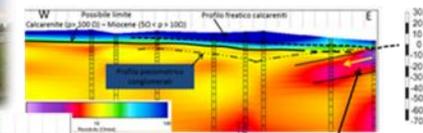


CONOSCENZA APPROPRIATA

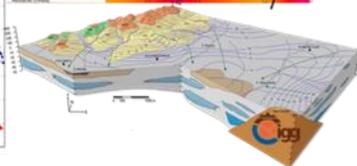
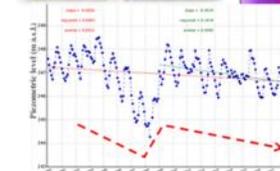
dati consistenti
(attività di monitoraggio)



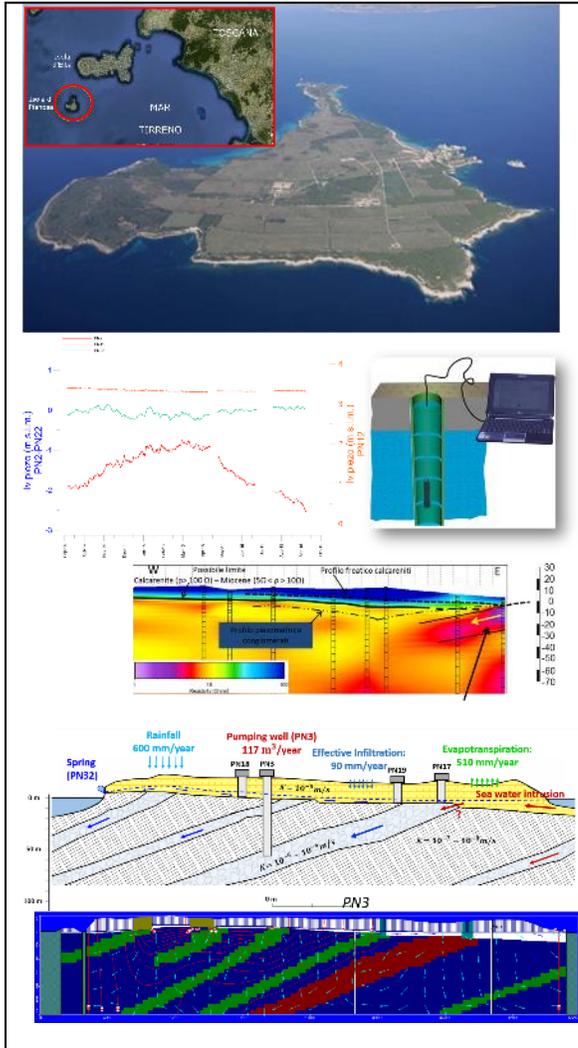
condizioni climatiche
in divenire



effetti climatici e
antropici sulle risorse

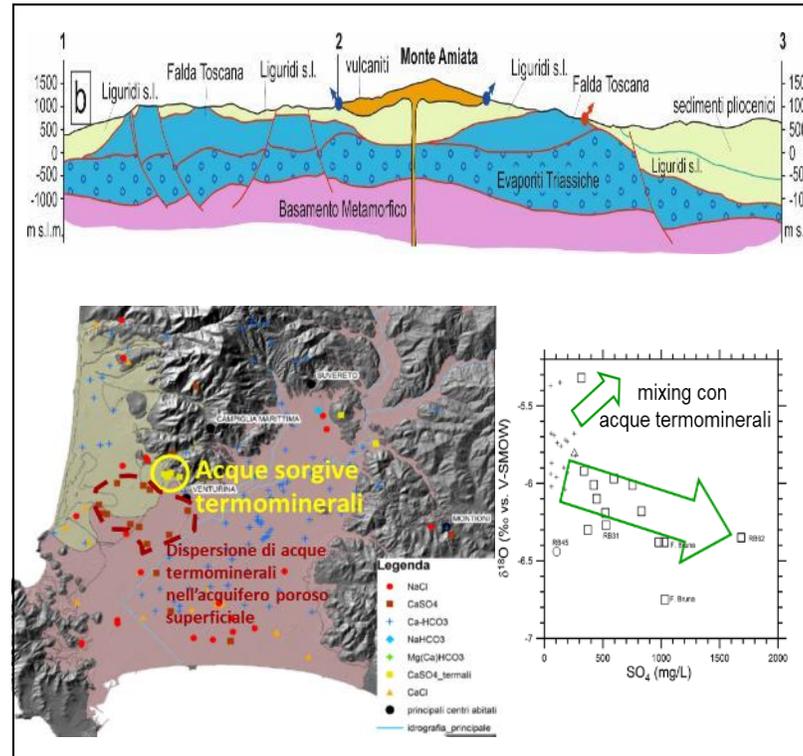


PROCESSI DI SALINIZZAZIONE



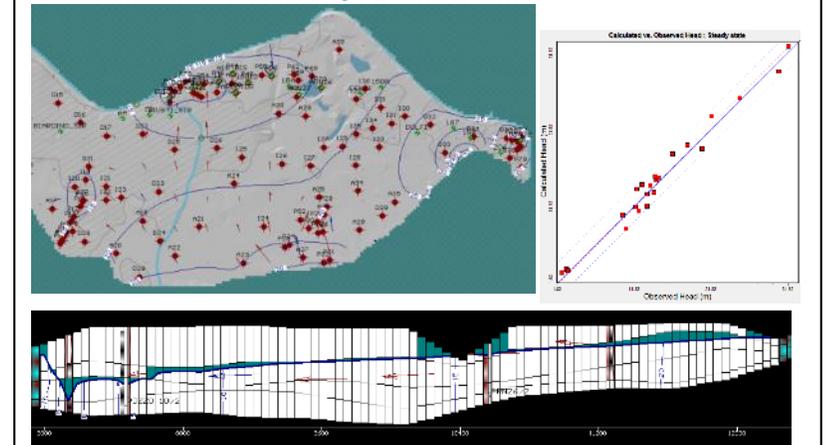
Ad esempio:

RISPOSTA CIRCUITI PROFONDI ALLE VARIAZIONI CLIMATICHE (e relazioni coi superficiali)



MODELLI PREVISIONALI DI DISPONIBILITA' EFFETTIVA RISORSE IDRICHE

Modelli fisicamente basati



Modelli Statistico-Data Driven



**Grazie
per l'attenzione**

