



REGIONE AUTONOMA  
FRIULI VENEZIA GIULIA

arpa **FVG**

agenzia regionale per la  
PROTEZIONE DELL'AMBIENTE  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA



# STUDIO CONOSCITIVO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI E DI ALCUNI LORO IMPATTI IN FRIULI VENEZIA GIULIA

**PRIMO REPORT – marzo 2018**

Supporto alla predisposizione di una strategia  
regionale di adattamento ai cambiamenti climatici  
e per le azioni di mitigazione

in collaborazione con



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE



The Abdus Salam  
International Centre  
for Theoretical Physics



ISTITUTO NAZIONALE  
DI OCEANOGRAFIA e DI GEOFISICA SPERIMENTALE



# Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia

## Informazioni legali

L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

La presente pubblicazione è stata realizzata da:

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG)

Tutti i diritti riservati agli autori. Riproduzione vietata.

Immagini fornite dagli autori dei diversi contributi o tratte da:

<https://commons.wikimedia.org/>

<https://pixabay.com/en/>

## ARPA FVG

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)

Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626

[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)

<https://twitter.com/arpafvg>

## ARPA FVG

OSMER - Osservatorio Meteorologico Regionale

Settore Meteo del CFD di Protezione Civile FVG

via Natisone, 43 - 33057 Palmanova – Fraz. Jalmicco (UD)

tel.: +39 0432 926831

[www.meteo.fvg.it](http://www.meteo.fvg.it)

<https://www.facebook.com/meteo.fvg>

[https://twitter.com/meteo\\_fvg](https://twitter.com/meteo_fvg)

<https://www.youtube.com/c/meteofvgitosmer>

<https://vimeo.com/meteofvg>



# STUDIO CONOSCITIVO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI E DI ALCUNI LORO IMPATTI IN FRIULI VENEZIA GIULIA

PRIMO REPORT – marzo 2018

Supporto alla predisposizione di una strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici e per le azioni di mitigazione

a cura di

ARPA FVG

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente  
del Friuli Venezia Giulia

in collaborazione con

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

ICTP International Centre for Theoretical Physics

CNR – ISMAR Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine

OGS Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

Università degli Studi di Trieste

Università degli Studi di Udine

Marzo 2018

Coordinamento generale:

Federica Flapp, Stefano Micheletti

Coordinamento editoriale:

Renato R. Colucci, Federica Flapp, Valentina Gallina, Arianna Peron

Elaborazione grafica:

Federica Flapp, Valentina Gallina, Michela Mauro

Autori dei contributi tecnico-scientifici delle sezioni dell'opera:

#### **parte 1 – I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN FVG**

Andrea Cicogna, Renato R. Colucci, Federica Flapp, Valentina Gallina, Filippo Giorgi, Stefano Micheletti, Fabio Raicich, Stefano Salon, Cosimo Solidoro

#### **parte 2 – RICOGNIZIONE DEGLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI: dai documenti nazionali alle prime considerazioni per il FVG**

Alessandro Acquavita, Giorgio Alberti, Giovanni Bacaro, Franca Battigelli, Nicola Bettoso, Massimo Buccheri, Ivonne Caliz, Anna Carpanelli, Marco Carpona, Andrea Cicogna, Flavio Cimenti, Luca Della Vedova, Federica Flapp, Valentina Gallina, Paolo Glerean, Arianna Macor, Francesco Marangon, Stefano Martellos, Claudia Meloni, Rossella Napolitano, Andrea Peresson, Lucia Piani, Gabriele Piazza, Erica Rancati, Luca Scoria, Nicola Skert, Alessandra Sinesi, Paolo Sivilotti, Francesca Tassan, Enrico Tordoni, Marco Valecic, Giada Venier, Sandro Venturini, Pierluigi Verardo, Damiano Virgilio, Elisa Zanut, Raffaella Zorza

#### **parte 3 – CASI STUDIO SUGLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN FVG**

Giorgio Alberti, Stefano Barbieri, Francesco Boscutti, Enrico Braidot, Valentino Casolo, Andrea Cicogna, Mattia Cleva, Francesco Danuso, Paola Del Negro, Annalisa Falace, Valentina Gallina, Dario Giaiotti, Elena Giancesini, Filippo Giorgi, Daniela Iervolino, Andrea Nardini, Paolo Olivo, Arturo Pucillo, Fabio Raicich, Stefano Salon, Cosimo Solidoro, Mauro Spanghero, Fulvio Stel, Emilio Tibaldi, Francesca Tulli, Marco Zancani, Michele Zuppichin

Questo studio è stato promosso dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia - Assessorato all'ambiente ed energia e finanziato con deliberazione della Giunta regionale n. 1890 del 7.10.2016.

# INDICE

INTRODUZIONE GENERALE	Pag. 7
<b>Parte 1 – I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN FVG</b>	Pag. 15
<b>1.1. Variabilità climatica passata e presente</b>	Pag. 16
I fattori che influenzano il clima regionale	Pag. 16
Fonti dei dati	Pag. 17
Stato delle principali grandezze climatiche	Pag. 17
<b>Temperatura</b>	Pag. 17
<b>Precipitazioni</b>	Pag. 18
Tendenza delle principali grandezze climatiche	Pag. 20
<b>Temperatura</b>	Pag. 20
<b>Precipitazioni</b>	Pag. 21
<b>Eventi estremi</b>	Pag. 24
<b>Criosfera</b>	Pag. 25
Ghiacciai relitti	Pag. 26
Ghiaccio sotterraneo permanente	Pag. 29
Permafrost	Pag. 31
<b>Mare</b>	Pag. 31
Temperatura e salinità	Pag. 35
Livello medio del mare ed eventi estremi	Pag. 37
<b>1.2. Variabilità climatica futura</b>	Pag. 40
Proiezioni climatiche in FVG	Pag. 40
<b>Introduzione metodologica</b>	Pag. 40
<b>Risultati e commenti</b>	Pag. 42
<b>Il data set: struttura e utilizzo</b>	Pag. 42
<b>Temperatura</b>	Pag. 44
<b>Precipitazioni</b>	Pag. 47

Eventi estremi	Pag. 50
Criosfera	Pag. 56
Mare	Pag. 57
Temperatura, salinità e altre variabili oceanografiche	Pag. 57
Livello medio del mare ed eventi estremi	Pag. 60
Conclusioni	Pag. 62
<b>1.3 Studio preliminare per una classificazione bioclimatica del Friuli Venezia Giulia e sua possibile variazione futura a seguito dei cambiamenti climatici</b>	Pag. 63
Introduzione	Pag. 63
Materiali e metodi	Pag. 64
Fonte dei dati	Pag. 64
Modalità di elaborazione	Pag. 64
Risultati	Pag. 66
L'indice di Köppen: classificazione attuale del territorio e possibili variazioni future	Pag. 66
Indice di Pavari: classificazione attuale del territorio e possibili variazioni future	Pag. 69
Conclusioni	Pag. 72
<b>Parte 2 - RICOGNIZIONE DEGLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI: dai documenti nazionali alle prime considerazioni per il FVG</b>	Pag. 75
<b>2.1 Gli impatti dei cambiamenti climatici descritti a livello nazionale come base di partenza per analisi regionali condivise</b>	Pag. 76
Fonti e documenti nazionali sugli impatti dei cambiamenti climatici: SNACC, PNACC, indicatori SNPA	Pag. 76
I settori di impatto: ricognizione e allineamento dello studio regionale rispetto ai documenti nazionali	Pag. 77
Impostazione dei capitoli tematici	Pag. 78
<b>2.2 Quantità e qualità delle risorse idriche</b>	Pag. 80
<b>2.3 Desertificazione, degrado del territorio e siccità</b>	Pag. 83
FOCUS: I cambiamenti climatici come minaccia della biodiversità nei suoli	Pag. 85
<b>2.4 Dissesto idrogeologico</b>	Pag. 87
FOCUS: Formazione di sinkhole e cambiamenti climatici	Pag. 91
<b>2.5 Ecosistemi terrestri</b>	Pag. 93



FOCUS: Cambiamenti climatici e specie aliene invasive	Pag. 102
FOCUS: Come monitorare gli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi alpini: l'esempio del progetto Climaparks	Pag. 109
FOCUS: Pollini primaverili-estivi e conseguenze di inverni sempre più miti	Pag. 114
FOCUS: I pollini di Ambrosia in relazione ai cambiamenti climatici	Pag. 122
FOCUS: I Servizi Ecosistemici e la loro valutazione economica	Pag. 125
<b>2.6 Ecosistemi marini</b>	Pag. 131
FOCUS: Cambiamenti climatici e ambiente marino-costiero	Pag. 134
<b>2.7 Ecosistemi di acque interne e di transizione</b>	Pag. 137
FOCUS: Effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi delle acque interne	Pag. 141
<b>2.8 Salute</b>	Pag. 144
<b>2.9 Foreste</b>	Pag. 151
FOCUS: Servizi ecosistemici forniti dalle foreste	Pag. 157
FOCUS: Evoluzione del fenomeno degli incendi boschivi nell'area montana del Friuli Venezia Giulia come conseguenza dei cambiamenti climatici in corso	Pag. 158
<b>2.10 Agricoltura e produzione alimentare</b>	Pag. 164
FOCUS: Effetti dei cambiamenti climatici sulla vite	Pag. 169
<b>2.11 Pesca marittima</b>	Pag. 172
<b>2.12 Acquacoltura</b>	Pag. 174
<b>2.13 Energia</b>	Pag. 176
<b>2.14 Zone costiere</b>	Pag. 180
<b>2.15 Turismo</b>	Pag. 184
<b>2.16 Insediamenti urbani</b>	Pag. 189
FOCUS: L'isola di calore urbano	Pag. 192
FOCUS: Valutazione dei Servizi Ecosistemici in ambiente urbano come strumento per l'adattamento ai Cambiamenti Climatici	Pag. 194
<b>2.17 Patrimonio culturale</b>	Pag. 204
<b>2.18 Trasporti e infrastrutture</b>	Pag. 208
<b>2.19 Industrie e infrastrutture pericolose</b>	Pag. 211
<b>Parte 3 – CASI STUDIO SUGLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN FVG</b>	Pag. 215
<b>3.1 Effetti dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di risorsa idrica</b>	Pag. 216

Sintesi	Pag. 216
Evidenze attuali	Pag. 217
Metodologia	Pag. 220
<b>Componente di precipitazione</b>	Pag. 221
<b>Componente di evapotraspirazione</b>	Pag. 222
<b>Componente di ruscellamento superficiale</b>	Pag. 222
<b>Componente di infiltrazione</b>	Pag. 223
<b>Componente di risalita di falda</b>	Pag. 223
Impatti futuri	Pag. 224
Considerazioni conclusive	Pag. 230
Appendice	Pag. 230
<b>3.2 Dissesto idrogeologico: la frequenza degli eventi di acqua alta</b>	Pag. 242
Sintesi	Pag. 242
Stato delle conoscenze	Pag. 243
Evidenze attuali	Pag. 244
Metodologia	Pag. 244
<b>Introduzione</b>	Pag. 244
<b>Dati e metodi</b>	Pag. 245
Impatti futuri	Pag. 247
Considerazioni conclusive	Pag. 247
<b>3.3 Dissesto idrogeologico: eventi precipitativi ed eventi alluvionali</b>	Pag. 251
Sintesi	Pag. 251
Evidenze attuali	Pag. 252
Metodologia	Pag. 253
<b>Eventi alluvionali passati</b>	Pag. 253
<b>Dati e metodi</b>	Pag. 256
Risultati	Pag. 257
Considerazioni conclusive	Pag. 263
<b>3.4 L'ecosistema marino del golfo di Trieste</b>	Pag. 265
Introduzione	Pag. 265
Impatti	Pag. 266

<b>3.5 Colture economicamente rilevanti</b>	Pag. 272
Sintesi	Pag. 273
Evidenze attuali	Pag. 273
Metodologia	Pag. 274
Impatti futuri	Pag. 276
<i>Zea Mays</i>	Pag. 276
<i>Vitis vinifera</i>	Pag. 282
Considerazioni conclusive	Pag. 287
<b>3.6 Acquacoltura (mare, acque interne e di transizione)</b>	Pag. 289
Sintesi	Pag. 289
Evidenze attuali	Pag. 289
Metodologia	Pag. 291
Impatti futuri	Pag. 291
Considerazioni conclusive	Pag. 295
<b>3.7 Allevamento: produzione quanti-qualitativa del latte bovino</b>	Pag. 297
Sintesi	Pag. 298
Metodologia	Pag. 298
Evidenze attuali	Pag. 299
Impatti futuri e Considerazioni Conclusive	Pag. 303
<b>3.8 Produzione forestale: impatti dei cambiamenti climatici sulle foreste: effetti sull'accrescimento di piceo-abieteti della val pesarina</b>	Pag. 304
Sintesi	Pag. 304
Metodologia	Pag. 304
Evidenze attuali	Pag. 306
Considerazioni Conclusive e Impatti futuri	Pag. 308
<b>3.9 Impatti dei cambiamenti climatici sulle foreste: eventi di disseccamento e mortalità degli alberi a seguito di episodi di aridità</b>	Pag. 309
Sintesi	Pag. 309
Lo stress idrico causa danni al sistema di trasporto dell'acqua delle piante	Pag. 309
Fenomeni di disseccamento delle chiome e mortalità degli alberi nel Carso	Pag. 310
Considerazioni conclusive e impatti futuri	Pag. 314

<b>3.10 Relazioni tra la crescita degli arbusti-nani e la diversità vegetale ad alta quota: evidenze degli effetti indiretti del riscaldamento climatico nella tundra alpina</b>	Pag. 315
Sintesi	Pag. 316
Metodologia	Pag. 316
Evidenze attuali	Pag. 318
Considerazioni conclusive e impatti futuri	Pag. 319
<b>3.11 Energia: effetti del riscaldamento globale sui consumi energetici per il riscaldamento di civili abitazioni</b>	Pag. 321
Sintesi	Pag. 322
Evidenze attuali	Pag. 322
Metodologia	Pag. 325
Impatti futuri	Pag. 326
Considerazioni conclusive	Pag. 331
<b>Bibliografia (Parte 1 e 3)</b>	Pag. 332