I TEMI E GLI ARTICOLI 2026
in breve



Segnali dal clima in FVG

Segnali dal clima in FVG è una pubblicazione divulgativa nata per rispondere, un'edizione dopo l'altra, a interrogativi cruciali per il territorio e la popolazione del Friuli Venezia Giulia:

- Come sta evolvendo il clima in FVG e quali scenari ci attendono in futuro?
- Quali sono le conseguenze reali su ambiente, società ed economia della regione?
- Di quali strumenti e conoscenze disponiamo per contrastare le cause del riscaldamento globale e attenuarne gli effetti locali? E come si stanno muovendo istituzioni, mondo della ricerca e comunità?

CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI sono quindi tre prospettive complementari per raccontare la crisi climatica da un'ottica vicina a chi vive la regione.

Gli articoli nascono dal contributo volontario di decine autori degli enti del **Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG**. Grazie a questa sinergia, temi generali e focus specifici si rinnovano ogni anno, offrendo nuove informazioni e chiavi di lettura per comprendere i "segnali" del clima che cambia in Friuli Venezia Giulia.

Nelle pagine di questa rassegna, gli esperti mettono le proprie competenze a disposizione della cittadinanza, rendendo questo tema, così vasto e complesso, accessibile e coinvolgente per tutti. Le informazioni tecnico-scientifiche sono tradotte in un linguaggio chiaro e immediato, supportato da esempi pratici, immagini e infografiche. Semplificare concetti complessi non significa però banalizzarli: la lettura permette infatti di cogliere le interconnessioni tra i mutamenti climatici, le loro ricadute sui sistemi naturali e socio-economici e le risposte da attuare, mostrando come il contesto locale sia collegato alle dinamiche globali.

I temi e i focus dell'edizione 2026

Il 2025 è stato il terzo anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia, come anche a livello globale: un dato che si inserisce in una tendenza climatica ben evidenziata dalle osservazioni degli ultimi decenni e che proseguirà in futuro. Per far fronte ai cambiamenti del clima e alle loro molteplici implicazioni, nel 2025 la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha avviato il percorso per elaborare LA STRATEGIA E IL PIANO CLIMA FVG: gli strumenti per pianificare, con un approccio integrato e innovativo, le azioni regionali di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. L'edizione 2026 dei *Segnali* si apre quindi con una sezione che fa il punto su questo percorso, sviluppato con la partecipazione dei diversi attori territoriali e della cittadinanza, che ha portato anche al primo *Inventario regionale dei gas serra* realizzato da Arpa FVG.

Ritroviamo poi alcuni "classici", come gli aggiornamenti annuali sui trend meteo climatici atmosferici e marini. La sezione IL METEO E IL CLIMA include anche alcuni contributi specifici sull'evento estremo che ha colpito Versa e Brazzano di Cormons nel novembre 2025, sul fenomeno "isola di calore urbano" e sulle cause del riscaldamento globale. La sezione IL MARE contiene un approfondimento sulle ondate di calore marine, particolarmente rilevanti nel Nord Adriatico. La sezione I GHIACCI E LA MONTAGNA esplora due aspetti meno noti, ma di grande rilievo per il territorio del FVG: la criosfera sotterranea e il dissesto idrogeologico nei piccoli bacini montani.

Accanto a queste tematiche, la peculiarità dell'edizione 2026 è uno "speciale" interamente dedicata a LA COSTA E LA LAGUNA. Questo ampio focus esplora l'evoluzione morfologica del litorale, dalla costa rocciosa alle sabbiose isole barriera della laguna, delineando poi gli scenari futuri di innalzamento del mare e i conseguenti rischi per città e beni culturali di inestimabile valore come Grado e Aquileia. Esperti e ricercatori guidano infine il lettore alla scoperta degli ecosistemi marini, costieri e lagunari che subiscono gli effetti dei cambiamenti climatici, ma rappresentano anche un formidabile alleato per agire sulle cause del riscaldamento globale, assorbendo il carbonio dall'atmosfera e immagazzinandolo.

Dall'insieme degli articoli emerge come la chiave per comprendere gli impatti e trovare le soluzioni per affrontare i cambiamenti climatici risieda in un approccio partecipativo e interdisciplinare, capace di produrre conoscenza e innovazione integrando diversi saperi, tecnologie e metodologie di ricerca.

La ricchezza dei contenuti di *Segnali dal clima in FVG* non "invecchia" rapidamente: per questo tutte le edizioni precedenti restano accessibili online, pronte per essere consultate, su: https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg/

VERSO LA STRATEGIA E IL PIANO CLIMA FVG

Un percorso integrato tra norma, conoscenza e partecipazione.



Affrontare la crisi climatica su scala regionale richiede una visione d'insieme capace di tradurre le grandi indicazioni internazionali per la mitigazione e i principi generali per l'adattamento in azioni concrete sul territorio. Questa sezione accompagna il lettore dietro le quinte del percorso che la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha intrapreso per dotarsi dei suoi due strumenti fondamentali di risposta al riscaldamento globale e alle sue conseguenze locali: la *Strategia* e il *Piano Clima Regionale*, con il traguardo ambizioso della neutralità climatica entro il 2045.

Il percorso di lettura si sviluppa attraverso tre tappe complementari:

- La cornice istituzionale e le prossime fasi: il primo contributo delinea l'architettura normativa della legge FVGreen. Viene spiegato come il percorso stia entrando in una fase cruciale attraverso l'avvio della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e della consultazione pubblica, due passaggi chiave per garantire decisioni condivise e trasparenti.
- Il lavoro sul campo e la partecipazione: il secondo articolo traccia il bilancio del primo intenso anno di attività (giugno 2025 – maggio 2026). Qui si scopre il dietro le quinte metodologico: come i tavoli tecnici, i momenti formativi e gli incontri con i cittadini abbiano permesso di mappare le vulnerabilità del territorio, tenendo fermo il principio della giustizia climatica per proteggere i contesti più fragili.
- I dati scientifici di partenza: per pianificare il futuro, infine, è indispensabile misurare accuratamente il presente. L'ultimo contributo presenta il primo inventario regionale dei gas serra realizzato da ARPA FVG. Uno strumento scientifico fondamentale che quantifica le emissioni e gli assorbimenti della regione, identificando nei trasporti e nei combustibili fossili i nodi principali su cui intervenire.

Tre letture che, insieme, offrono una panoramica completa di come la conoscenza scientifica, il coinvolgimento delle comunità e l'azione politica si stiano integrando per ridisegnare il futuro climatico del Friuli Venezia Giulia.

*****

IL PERCORSO VERSO LA STRATEGIA E IL PIANO CLIMA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA: INTEGRAZIONE TRA NORMA, CONOSCENZA E PARTECIPAZIONE

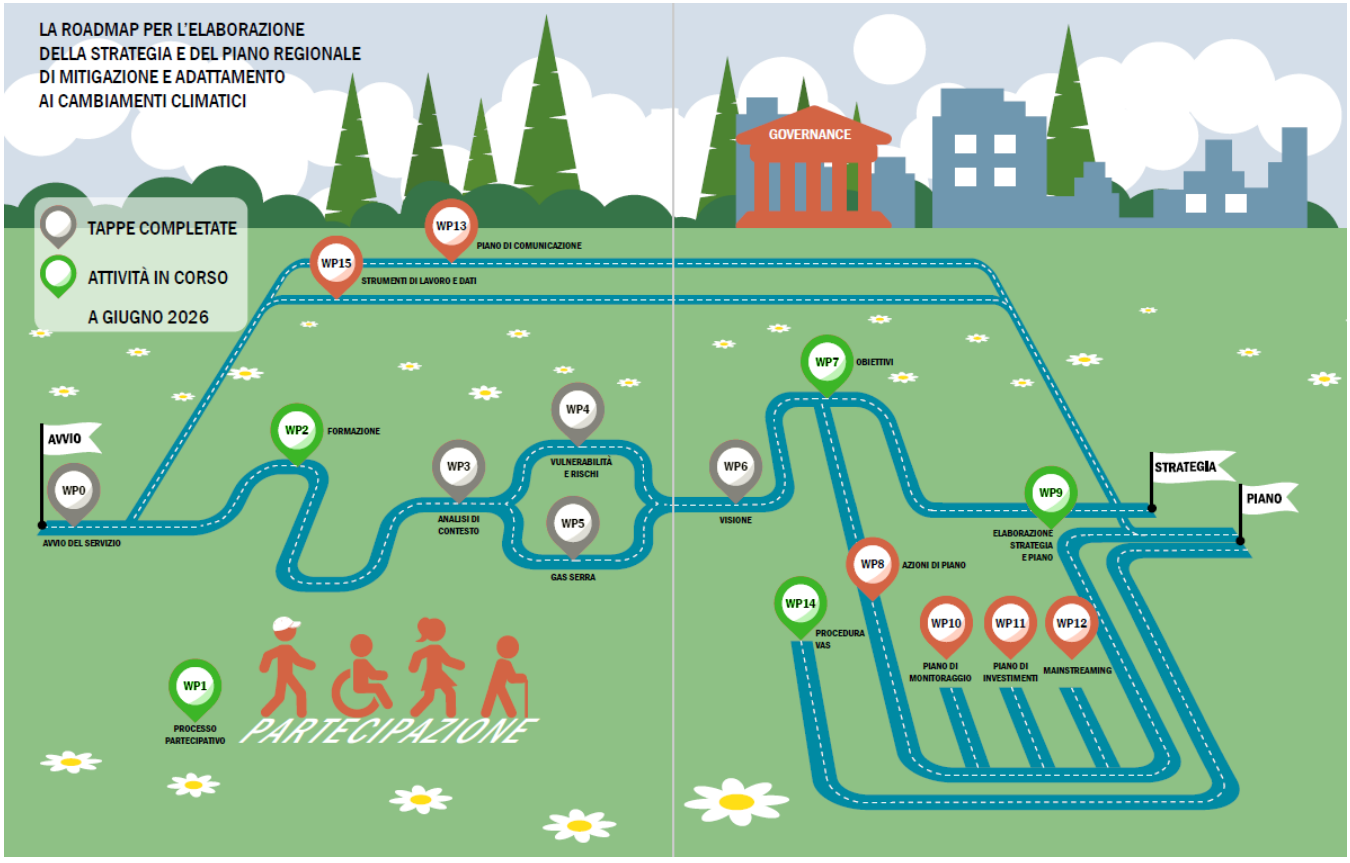
La Regione Friuli Venezia Giulia sta elaborando la Strategia e il Piano clima per raggiungere la neutralità climatica entro il 2045, come previsto dalla legge FVGreen. Il percorso, avviato nel 2025 con termine nel 2027, integra mitigazione e adattamento e si sviluppa attraverso un approccio partecipativo. L'approvazione della Proposta preliminare di Piano avvia ora la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e la consultazione pubblica, passaggi chiave per definire le azioni territoriali e garantire la trasparenza.

IL PERCORSO DI COSTRUZIONE DEL PIANO CLIMA REGIONALE DEL FRIULI VENEZIA GIULIA: giugno 2025 – maggio 2026

Il primo anno di lavoro per redigere il Piano clima FVG ha coinvolto amministrazione regionale, esperti esterni, attori territoriali e cittadinanza in un percorso intenso e partecipato. Attività formative, analisi tecnico-scientifiche, tavoli di lavoro, incontri sul territorio hanno consentito di consolidare il quadro conoscitivo territoriale, analizzare i rischi climatici per il FVG nei diversi sistemi esposti e intercettare criticità e bisogni in un'ottica di giustizia climatica, ponendo le basi per la pianificazione delle azioni.

REALIZZATO DA ARPA FVG IL PRIMO INVENTARIO REGIONALE DEI GAS SERRA

Le catene Per scegliere le azioni di "mitigazione" dei cambiamenti climatici più adatte e monitorare nel tempo la loro l'efficacia è necessario contabilizzare le emissioni dei gas climalteranti. Perciò, per il Friuli Venezia Giulia, ARPA FVG ha realizzato l'inventario regionale dei gas serra, che quantifica sia le emissioni prodotte che gli assorbimenti dall'atmosfera nella nostra regione". La gran parte delle emissioni regionali derivano dall'uso di combustibili fossili, con un significativo contributo dei trasporti.



IL METEO E IL CLIMA

Il surriscaldamento locale e globale, gli eventi estremi, il fenomeno “isola di calore urbana”



Tenendo come sempre ben presente la distinzione tra “meteo” e “clima”, in questa sezione partiamo dal racconto delle condizioni atmosferiche che hanno caratterizzato il 2025 in FVG (meteo), confrontandole con la norma (clima) ed analizzando poi le tendenze nel lungo periodo (cambiamenti climatici): si evidenzia così come il 2025 sia stato il terzo anno più caldo finora registrato in Friuli Venezia Giulia, con piogge annuali nella norma, ma non sono mancati eventi intensi. All’evento estremo del novembre 2025 che ha causato l’alluvione a Versa e la frana letale a Brazzano di Cormons è dedicato un articolo di approfondimento che ne spiega la dinamica meteorologica.

Due contributi ci consentono poi di allargare lo sguardo a ciò che accade a livello globale. Temperature elevatissime ed eventi estremi hanno caratterizzato il 2025 anche a scala planetaria. Sono fenomeni collegati al riscaldamento globale, sulla cui “attribuzione” gli scienziati sono concordi: la causa principale sono le emissioni di gas serra dall’uso di combustibili fossili.

Altri due articoli ci accompagnano a comprendere il fenomeno dell’isola di calore urbana e le modalità con cui viene studiato in FVG. A Gorizia viene affrontato tramite la cooperazione transfrontaliera con il progetto Interreg talia-Slovenija HeatIslad Adapt, su cui facciamo il punto a un anno dall’avvio. A Trieste, uno studio ricostruisce questo fenomeno a partire dai dati climatici extraurbani grazie ai nuovi strumenti della modellistica. Conclude questa sezione un contributo sul meteo.FVG Report, un bollettino mensile che documenta la meteorologia e la variabilità climatica regionale, che nel 2026 ha compiuto 20 anni.

*****

DATI METEO DEL 2025: IN FVG IL TERZO ANNO PIÙ CALDO CON PIOGGE NELLA MEDIA

Nel 2025 sulla pianura regionale la temperatura dell’aria è risultata la terza più elevata dal 1901, superata soltanto dai valori del 2024 e 2022. Anche la temperatura del mare misurata a Trieste è stata eccezionalmente alta, inferiore solo a quella del 2024. Questi sono chiari segnali del riscaldamento globale che interessa anche il FVG. Le piogge totali sono risultate nella norma rispetto alla media climatica. Gli eventi degni di nota sono stati principalmente di natura convettiva e hanno generato precipitazioni intense e fenomeni grandinigeni tra marzo e novembre.

12 ORE DI PIOGGIA CONCENTRATA SUL BACINO DELLO JUDRIO: LA SPIEGAZIONE METEO DEGLI EVENTI DI VERSA E BRAZZANO DI CORMONS

Tra il 16 e il 17 novembre 2025 un temporale autorigenerante e stazionario ha colpito il Friuli Venezia Giulia sud-orientale, scaricando oltre 200 mm di pioggia in 12 ore e causando allagamenti diffusi, l’esondazione dello Judrio a Versa e una frana mortale a Brazzano. L’evento, non previsto dai modelli meteorologici che stimavano piogge concentrate sulle Prealpi, ha battuto i record storici di accumulo a Cormòns. Si è trattato di un episodio eccezionale, legato a una sfortunata e imprevedibile combinazione di fattori locali.

2025: IL TERZO ANNO PIÙ CALDO A LIVELLO GLOBALE. ANOMALIE CLIMATICHE ED EVENTI ESTREMI NEL MONDO

Il triennio 2023-2025 segna un punto di svolta critico: per la prima volta il riscaldamento medio globale ha superato la soglia di +1,5 °C fissata dall'Accordo di Parigi. Nonostante il fenomeno raffreddante de La Niña, il 2025 si è confermato il terzo anno più caldo di sempre, con eventi estremi in tutto il mondo: cicloni tropicali e forti tempeste con con-seguenti estese alluvioni, ghiacci polari ai minimi storici e ondate di calore marine e terrestri senza precedenti, con incendi che hanno colpito duramente anche l'Europa.

LE CAUSE DEL RISCALDAMENTO GLOBALE: IL PROBLEMA DELL'ATTRIBUZIONE E LE CONCLUSIONI DELLA COMUNITÀ SCIENTIFICA

Quali sono le cause del riscaldamento globale in atto dall'inizio del XX secolo? Il confronto tra dati reali e simulazioni ottenute dai modelli climatici indica che i fattori naturali, come l'attività solare, non spiegano il trend degli ultimi 70 anni, che si può riprodur-re solo includendo le attività antropiche. La velocità del riscaldamento osservato non ha precedenti negli ultimi 11.300 anni, quindi non può essere attribuito ai cicli naturali: la causa principale sono le emissioni di gas serra dall'uso di combustibili fossili.

UN ANNO DI ATTIVITÀ DEL PROGETTO TRANSFRONTALIERO HEATISLAND ADAPT SULLE ISOLE DI CALORE URBANE

Lo studio delle isole di calore nelle zone di confine tra Italia e Slovenia è al centro del progetto HeatIslands Adapt. L'integrazione di dati provenienti da diverse fonti consente di analizzare il fenomeno nel passato e nel presente, valutare lo stress termico sulla popolazione e individuare le aree più a rischio. Su queste basi è possibile definire strategie di adattamento mirate per migliorare la resilienza urbana. A un anno dall'avvio del progetto vengono presentati i primi risultati e le prossime sfide.

SIMULARE L'ISOLA DI CALORE URBANA PER PROGETTARE EDIFICI TENENDO CONTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'effetto "isola di calore urbana" (UHI) aumenta le temperature in città rispetto alla campagna, incidendo su benessere e consumi energetici. Uno studio su Trieste ha analizzato questo fenomeno unendo i dati meteo in campo libero, attuali e futuri, al software Urban Weather Generator per ricavare il microclima cittadino. I dati mostrano un forte rialzo termico notturno, che peggiorerà in futuro. Simulando un edificio con un modello biofisico, emerge che la combinazione di UHI e clima futuro accrescerà lo stress termico dei residenti.

20 ANNI DI METEO.FVG REPORT: L'INFORMAZIONE METEO-CLIMATICA PER I CITTADINI DEL FVG

Dal 2006 l'Osservatorio meteorologico di Arpa FVG pubblica meteo.FVG Report, un bollettino mensile che documenta la meteorologia e la variabilità climatica regionale. Il report offre un'analisi dettagliata di temperature, precipitazioni ed eventi estremi, combinando rigore scientifico e accessibilità divulgativa, grazie a grafici e tabelle di rapida consultazione. Con oltre 260 numeri, l'archivio di meteo.fvg rappresenta la memoria storica delle condizioni atmosferiche sul FVG: una risorsa preziosa per ricercatori e cittadini.

I GHIACCIAI E LA MONTAGNA

La criosfera sotterranea e il dissesto idrogeologico nei piccoli bacini montani



Le terre alte sono tra gli ambienti più sensibili e reattivi alle sollecitazioni del riscaldamento globale, vere e proprie sentinelle in grado di mostrare in anticipo gli effetti visibili della crisi climatica.

Questa sezione esplora la vulnerabilità del territorio montano del Friuli Venezia Giulia attraverso due prospettive complementari, mostrando come l'integrazione di diverse tecnologie e il contributo della *citizen science* siano elementi chiave della ricerca scientifica in FVG.

Il percorso di lettura si snoda tra profondità sotterranee e versanti montani:

- il primo articolo ci porta nel cuore delle grotte regionali, alla scoperta della criosfera sotterranea, con il progetto *CryoKarst*. Viene presentato un protocollo innovativo per monitorare i ghiacci sotterranei attraverso rilievi 3D ad alta risoluzione, unendo la ricerca d'avanguardia alla *citizen science* grazie al coinvolgimento attivo degli speleologi.
- Il secondo contributo sposta lo sguardo in superficie, sui piccoli bacini montani esposti a piogge intense e localizzate che generano fenomeni di dissesto idrogeologico rapidi e improvvisi. Qui si spiega come il telerilevamento tramite droni e laser permetta di mappare i fenomeni erosivi in zone inaccessibili, creando "gemelli digitali" (*Digital Twins*) del territorio per pianificare opere di difesa mirate.

Due contributi che dimostrano come l'innovazione tecnologica e il monitoraggio costante siano oggi gli strumenti indispensabili per leggere le trasformazioni della montagna e difenderne la stabilità.

*****

LA CRIOSFERA SOTTERRANEA, NICCHIA DI STUDIO E SENTINELLA DEL CLIMA CHE CAMBIA

Con il progetto CryoKarst, nato dalla collaborazione tra Regione FVG e CNR-ISP, è stato definito il primo protocollo di rilevamento del ghiaccio di grotta: fondato su tecniche di rilievo innovative e su un approccio multidisciplinare, è applicabile dalla comunità speleologica in un'ottica di citizen science. Grazie a CryoKarst è stato aggiornato il Catasto Speleologico Regionale e sono stati sperimentati rilievi 3D ad alta risoluzione per monitorare nel tempo la risposta del ghiaccio sotterraneo ai cambiamenti climatici.

PICCOLI BACINI MONTANI, GRANDI FENOMENI DI DISSESTO: COME LA TECNOLOGIA AIUTA A LEGGERE GLI EFFETTI DEL CLIMA CHE CAMBIA

I piccoli bacini montani – vere sentinelle dei cambiamenti climatici – sono i più vulnerabili a piogge intense e localizzate, che generano fenomeni erosivi rapidi e imprevedibili, rendendo necessari monitoraggi tempestivi e frequenti. Il telerilevamento (con droni, sensori laser ecc.) consente di mappare i dissesti in zone poco accessibili, identificando le aree di erosione e deposito e creando "Digital Twins" del territorio che supportano la prioritizzazione, valutazione e progettazione delle opere di difesa.



IL MARE

Il nostro mare: sempre più alto e sempre più caldo, anche in profondità



Il bacino dell'Alto Adriatico è un ecosistema tanto unico quanto delicato, che sta reagendo in modo visibile e accelerato alle sollecitazioni del riscaldamento globale.

Questa sezione raccoglie tre contributi fondamentali per comprendere lo stato di salute del nostro mare, analizzando attraverso i dati storici e le più moderne tecnologie di monitoraggio due parametri cruciali: l'innalzamento del livello delle acque e l'aumento delle temperature.

Il percorso di lettura si snoda attraverso l'analisi di tre fenomeni rilevanti:

- Il trend del livello marino: il primo articolo fotografa la situazione delle nostre coste, evidenziando come anche il 2025 abbia confermato livelli medi ben superiori alla media del secolo scorso, con un ritmo di crescita quasi raddoppiato negli ultimi trent'anni e proiezioni che richiedono grande attenzione per il futuro.
- Le anomalie termiche nel Golfo di Trieste: il secondo contributo si focalizza sulle temperature locali, rivelando che il 2025 ha fatto registrare la seconda media annua più alta di sempre per il Golfo, all'interno di un trend di riscaldamento che ha subìto una netta impennata a partire dal 2000.
- Le ondate di calore marine: l'ultimo articolo approfondisce questo tema, spiegando come le ondate di calore marine non colpiscano più solo la superficie ma si propaghino fino al fondale dell'Adriatico settentrionale. Misurare questi fenomeni attraverso diversi strumenti di osservazione e utilizzare complessi modelli numerici per simularli, consente di monitorare e prevedere gli effetti di questi estremi termici sugli ecosistemi sommersi.

Un quadro scientifico rigoroso che ci aiuta a decodificare le trasformazioni in atto in un ambiente vitale per la biodiversità e l'economia della nostra regione.

*****

ANCHE NEL 2025 IL LIVELLO MEDIO DEL MARE È STATO UNO DEI PIÙ ALTI MAI REGISTRATI

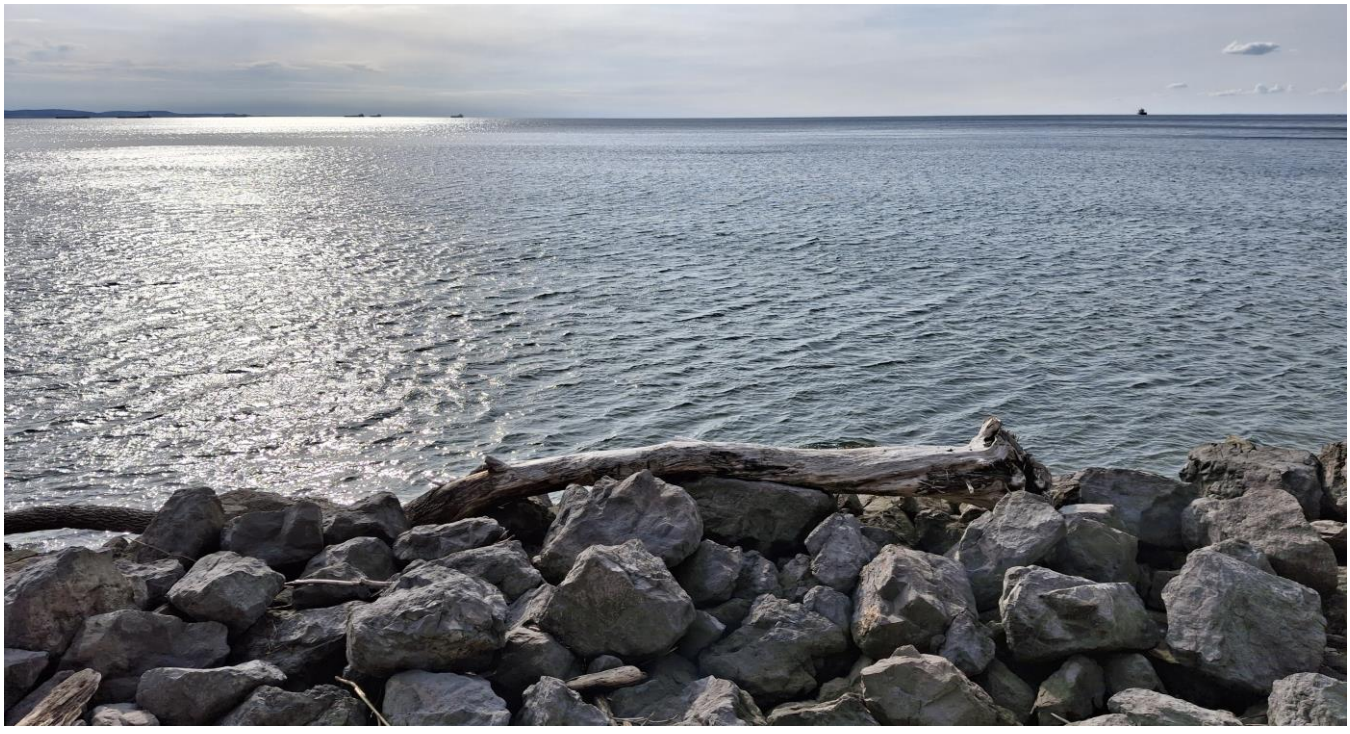
Nel 2025 è proseguita la sequenza di livelli medi annui del mare superiori alla media del secolo scorso. Dal 1993 la velocità di aumento del livello medio è 3.1 mm/ anno, quasi doppia rispetto a quella stimata per il 20° secolo. Come nel 2024, a Trieste non sono state osservati episodi di tracimazione sopra il Molo Sartorio, ma la loro frequenza rimane mediamente in aumento e in futuro si incrementerà, soprattutto nello scenario climatico collegato a emissioni crescenti di gas serra.

NEL 2025 LA SECONDA PIÙ ALTA TEMPERATURA MEDIA ANNUA PER IL GOLFO DI TRIESTE

La temperatura del mare si è attestata sopra la norma climatologica anche nel 2025. La temperatura media annua è stata leggermente inferiore al massimo storico del 2024, e rappresenta la seconda più alta dell'intera serie osservativa. Tutti i mesi sono stati più caldi della norma. Le osservazioni evidenziano un notevole riscaldamento del mare soprattutto dopo il 2000.

UN MARE SEMPRE PIU' CALDO, IN SUPERFICIE E IN PROFONDITÀ

In 30 anni la temperatura superficiale del Mediterraneo è cresciuta di oltre 1 °C. Aumentano anche le ondate di calore marine, che nel Nord Adriatico si propagano fino al fondo, danneggiando gli ecosistemi. Dati satellitari integrati con misure locali su tutta la colonna d'acqua monitorano questi eventi e la crescita del contenuto di calore degli oceani. I modelli numerici evidenziano inoltre per le nostre coste un'ampia variabilità termica, che si accentuerà in futuro con eventi di caldo estremo sempre più marcati.



Speciale

LA COSTA E LA LAGUNA

La fascia costiera e lagunare del Friuli Venezia Giulia rappresenta un sistema di transizione unico, dove le dinamiche terrestri e marine si fondono in un equilibrio delicato. All'interno di Segnali dal clima in FVG 2026, abbiamo scelto di riunire in questo "speciale" quattro ambiti di ricerca specifici per offrire una visione d'insieme su come il litorale regionale stia rispondendo alle sollecitazioni del riscaldamento globale.

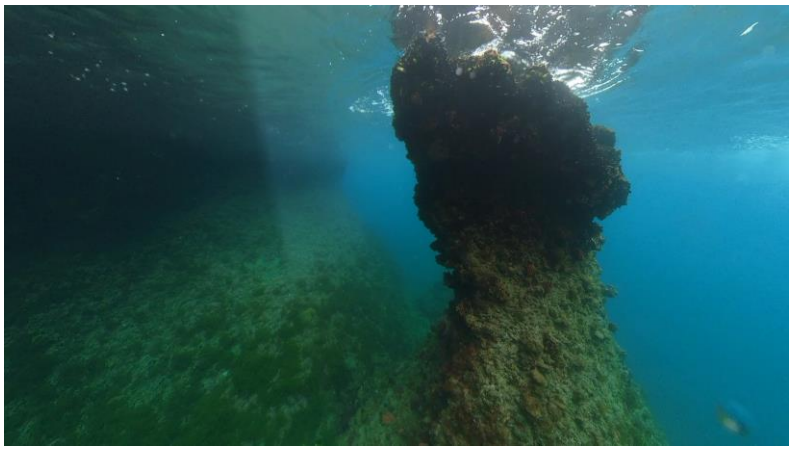
L'innalzamento del livello del mare e l'aumento delle temperature non sono infatti fenomeni isolati, ma fattori che intervengono contemporaneamente sulla geologia, sulla biologia e sul tessuto antropico della costa. Il percorso di questo focus è strutturato per descrivere tali interazioni attraverso quattro sezioni complementari:

- LE COSTE ROCCIOSE: l'analisi parte dalla struttura fisica del Golfo di Trieste, dove le falesie calcaree e a flysch conservano le tracce delle variazioni marine del passato e oggi affrontano un'accelerazione dell'innalzamento del mare, che agisce sulle formazioni rocciose e altera i peculiari ecosistemi di scogliera.
- LE DUNE E LE ISOLE BARRIERA: lo sguardo si sposta sui sistemi sabbiosi delle lagune di Marano e Grado. Questi ambienti, se correttamente gestiti, mostrano una naturale dinamicità e capacità di adattamento all'innalzamento del mare, offrendo spunti importanti per strategie di ripristino basate sulla natura.
- SCENARI FUTURI PER CITTÀ COSTIERE E BENI CULTURALI: la terza sezione illustra come attraverso analisi attuali, proiezioni future e strumenti modellistici si possano valutare i rischi collegati all'innalzamento marino che interessano i centri urbani costieri e le aree archeologiche retrostanti, delineando possibili scenari futuri basati su diversi livelli di riscaldamento globale.
- LA VITA VEGETALE NELLA LAGUNA E SUI FONDALI: il focus biologico esplora lo stato di salute della flora sommersa e costiera, dalle praterie marine ai canneti lagunari. Si tratta di ecosistemi essenziali per la biodiversità e per il sequestro del carbonio, la cui distribuzione sta cambiando a causa della progressiva salinizzazione della laguna e del riscaldamento delle acque marine, che si sommano ad altre pressioni antropiche.

Raggruppare questi contributi in un unico speciale consente di osservare la costa e la laguna della nostra regione non come una serie di elementi separati, ma come un sistema integrato. La comprensione di queste connessioni è il presupposto necessario per supportare le scelte di gestione e pianificazione adattativa che attendono il nostro territorio nei prossimi anni, ma anche per promuovere scelte e comportamenti consapevoli da parte della cittadinanza.

LE COSTE ROCCIOSE

Dalle testimonianze del passato ai cambiamenti di oggi



Il litorale roccioso del Friuli Venezia Giulia è un eccezionale archivio naturale: un complesso susseguirsi di diverse strutture, dalle falesie alle piattaforme costiere, che custodisce la memoria geologica e storica del nostro mare. Questa sezione invita a esplorare i bastioni del Golfo di Trieste attraverso tre prospettive complementari, che collegano i mutamenti del passato alle sfide ecologiche e strutturali del presente.

Il percorso di lettura ci accompagna nell'esplorazione di tre aspetti della costa rocciosa tra Muggia e Duino:

- Il primo articolo analizza la geomorfologia della costa, dai versanti a flysch alle falesie calcaree, spiegando come queste forme, apparentemente resistenti, siano anch'esse vulnerabili agli effetti dell'innalzamento del livello marino, che oggi sta accelerando i processi erosivi, con conseguenti rischi per infrastrutture e biodiversità.
- Il secondo contributo ricostruisce le spettacolari variazioni dell'Adriatico dall'era glaciale a oggi. Attraverso reperti archeologici e sedimenti, si scopre come l'antico golfo si sia trasformato nel tempo, offrendo un prezioso contesto storico per comprendere la risalita attuale delle acque.
- L'ultimo studio sposta il focus sulla biologia marina, esaminando lo stato ecologico degli organismi che popolano le scogliere triestine, nella "casa della marea". Sebbene il quadro generale sia buono, emergono importanti segnali d'allarme, come la scomparsa di specie chiave legata al riscaldamento delle acque.

Tre sguardi complementari che rivelano la complessa interazione tra geologia, storia e biologia in una delle fasce più affascinanti e minacciate del nostro territorio.

*****

LE COSTE ROCCIOSE DEL FVG, TESTIMONI RESISTENTI DELLE VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

Le coste rocciose del Golfo di Trieste sono archivi naturali che conservano tracce di antichi livelli marini, come i solchi sommersi e i resti archeologici. Il litorale varia dalle formazioni a Flysch con piattaforme costiere di Muggia alle falesie calcaree di Duino. Ciascun tratto è modellato da diversi agenti: onde, frane, organismi, acque dolci. L'innalzamento del mare accelera l'erosione di questi "bastioni", aumentando il rischio di crolli improvvisi, con impatti significativi su ecosistemi e infrastrutture costiere.

VIAGGIO NEL TEMPO: IL LIVELLO DEL MARE ADRIATICO DALLA PREISTORIA AD OGGI

Dall'ultimo massimo glaciale a oggi, le variazioni del livello marino hanno ridisegnato l'Adriatico. Circa 20.000 anni fa, con il mare più basso di 120 metri, la parte settentrionale era una pianura emersa. La successiva fusione dei ghiacci provocò una rapida risalita delle acque verso nord. Negli ultimi millenni il fenomeno è proseguito più lentamente. 2000 anni fa il livello del mare era più basso di 160 cm. Testimonianze archeologiche e sedimenti permettono di ricostruire questa evoluzione nel Golfo di Trieste.

LA "CASA DELLA MAREA": VITA E STATO DELL'AMBIENTE SULLE NOSTRE SCOGLIERE

L'habitat costiero del Golfo di Trieste, tipico per l'ampia escursione di marea, si articola in tre piani. Recenti studi (progetto CASCADE) evidenziano che lo stato ecologico della fauna sulle scogliere del litorale triestino è buono. Tuttavia emergono anche segnali d'allarme come la scomparsa dell'alga Fucus virsoides e l'impoverimento della comunità algale che influenza quella animale. Oggi le minacce per questo habitat sono: la modificazione della fascia costiera, il riscaldamento delle acque e l'innalzamento del mare.



LE DUNE E LE ISOLE BARRIERA

Sistemi dinamici da tutelare per proteggere le nostre coste



Le forme della costa occidentale del Friuli Venezia Giulia, bassa e sabbiosa, includono ecosistemi straordinariamente dinamici come le isole barriera che delimitano le lagune di Marano e Grado e gli ultimi lembi rimanenti delle dune costiere. Questa sezione ci porta alla scoperta di questi veri e propri baluardi naturali, capaci di adattarsi e proteggere l'entroterra dagli effetti dell'innalzamento del mare, a patto che ne vengano salvaguardati i delicati equilibri.

Il percorso si sviluppa attraverso tre analisi incentrate sulla resilienza della costa:

- La migrazione naturale delle isole: il primo articolo analizza l'evoluzione delle isole barriera nell'arco di 130 anni. Lo studio rivela una sorprendente capacità di risposta all'innalzamento del mare: questi sistemi rispondono spostandosi spontaneamente verso terra e rimodellando le proprie superfici, un meccanismo vitale che richiede una gestione del territorio flessibile e attenta.
- La ricostruzione delle dune: il secondo contributo si focalizza sulle soluzioni basate sulla natura (*Nature-based Solutions*) studiate in un progetto per Lignano Sabbiadoro. Sfruttando le potenzialità del vento di Bora e attraverso l'uso strategico, di barriere frangivento e di piante pioniere, il progetto mostra come sia possibile far rinascere le avandune, ripristinando una difesa naturale efficace contro le mareggiate.
- La tutela della biodiversità dallo spazio: l'ultimo studio unisce il monitoraggio sul campo alla tecnologia satellitare. Le Università di Trieste e di Udine illustrano come il telerilevamento aiuti a mappare la vegetazione dunale per monitorare e proteggere i siti di nidificazione di specie tipiche e vulnerabili, come il Fratino e la Beccaccia di mare.

Tre contributi che mettono in luce la necessità di un approccio flessibile e adattativo nella gestione, conservazione e ripristino di questi habitat costieri: solo così questi fragili ambienti sabbiosi potranno continuare a rivelarsi alleati efficaci contro gli impatti climatici futuri.

*****

UNA RISPOSTA NATURALE ALL'INNALZAMENTO DEL MARE: L'EVOLUZIONE DELLE ISOLE BARRIERA

Le isole barriera della laguna di Marano e Grado sono sistemi dinamici che reagiscono all'innalzamento del mare. Uno studio su 130 anni analizza gli spostamenti della linea di costa e le variazioni delle superfici emerse nei diversi periodi e tratti del litorale, rilevando anche l'effetto di opere artificiali sul trasporto dei sedimenti. Le isole rispondono all'attuale innalzamento marino migrando verso terra e aumentando la loro superficie emersa. Questo equilibrio richiede una gestione flessibile che tuteli i processi naturali.

DIFENDERE LE NOSTRE COSTE CON SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA: IL RIPRISTINO DELLE DUNE COSTIERE

Le pressioni antropiche hanno deteriorato e ridotto a pochi lembi le dune costiere, baluardo naturale per la difesa di coste e spiagge del Friuli Venezia Giulia. Per contrastare l'innalzamento del mare, si punta oggi su soluzioni basate sulla natura, ricreando questi habitat costieri che forniscono molti benefici. Sfruttando la Bora, a Lignano Sabbiadoro un progetto mira a favorire la nascita spontanea di nuove avandune tramite barriere frangivento, piante pioniere e una gestione sostenibile della fruizione turistica della spiaggia.

UN OCCHIO (SATELLITARE) DI RIGUARDO PER I NIDI DI BECCACCIA, FRATINO E ALTRI UCCELLI SULLE DUNE COSTIERE

Le dune e i banchi sabbiosi della laguna di Marano e Grado sono ambienti fragili e dinamici che ospitano specie di grande interesse conservazionistico, come Beccaccia di mare e Fratino. Grazie ai monitoraggi sul campo e all'analisi di immagini satellitari, le Università di Trieste e di Udine hanno studiato come la vegetazione influenzi la scelta dei siti di nidificazione e come il telerilevamento possa contribuire alla conoscenza e alla tutela degli habitat costieri, particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici.



SCENARI FUTURI PER CITTÀ COSTIERE E BENI CULTURALI

Le proiezioni del livello del mare e i possibili impatti



L'innalzamento del livello dei mari non è un'ipotesi lontana, ma una realtà in evoluzione che richiede modelli predittivi accurati per proteggere le nostre comunità e la nostra storia. Partendo dalle analisi attuali, questa sezione ci proietta nel futuro del litorale del Friuli Venezia Giulia, mostrando come la ricerca scientifica riesca oggi a stimare l'impatto del riscaldamento globale sulle aree urbane più esposte e sui tesori archeologici unici al mondo che sorgono a ridosso delle nostre coste.

Il percorso di lettura si snoda attraverso un inquadramento iniziale e due studi di scenario curati da ARPA FVG:

- Il primo contributo offre uno sguardo d'insieme sugli impatti attesi lungo le coste e le lagune regionali. Basandosi sulle elaborazioni effettuate in due progetti europei, l'articolo illustra come l'innalzamento del livello del mare stia producendo già oggi effetti sugli ambienti costieri, sia naturali che antropizzati, e quali sono i possibili scenari futuri.
- Il secondo articolo stringe l'obiettivo sulla città di Grado, una realtà strutturalmente vulnerabile agli allagamenti costieri. Lo studio, condotto all'interno del progetto *MedSeaRise*, esplora come cambieranno la frequenza e l'estensione degli allagamenti in base ai diversi scenari di aumento delle temperature globali.
- L'ultimo approfondimento ci porta nell'entroterra della laguna, dove il patrimonio del sito UNESCO di Aquileia è insidiato da una complessa interazione tra i livelli del mare, del fiume Natissa e della falda acquifera. Fenomeni che è necessario analizzare e comprendere, nella loro evoluzione attuale e futura, per fronteggiare i rischi per l'area archeologica.

Tre contributi che dimostrano come la pianificazione e la salvaguardia del territorio debbano necessariamente basarsi su scenari scientifici rigorosi per difendere le città e l'identità culturale della regione.

*****

SALE IL LIVELLLO DEL MARE: LE ANALISI DI ARPA SUI POSSIBILI IMPATTI PER COSTE E LAGUNE DEL FVG

Una delle conseguenze del riscaldamento globale è l'aumento del volume dell'acqua degli oceani e di conseguenza l'innalzamento del livello marino. Questo fenomeno è destinato a causare notevoli impatti sia su beni antropici che ecosistemici, facendo arretrare le linee di costa e stravolgendo gli habitat che le popolano. ARPA FVG con diversi progetti europei si è occupata di questi temi indagando quali potrebbero essere gli impatti causati dall'innalzamento del livello marino su coste e lagune del FVG.

GRADO: SCENARI FUTURI DI ALLAGAMENTO COSTIERO SECONDO I LIVELLI DI RISCALDAMENTO GLOBALE

La città di Grado è particolarmente esposta agli episodi di allagamento dovuti ad innalzamenti locali del livello del mare, specialmente con la manifestazione di eventi atmosferici intensi. Nell'ambito del progetto MedSeaRise, ARPA FVG ha studiato come l'innalzamento del livello marino incrementerà le superfici potenzialmente allagabili e la frequenza di tali episodi, anche con eventi atmosferici meno intensi, in diversi scenari di riscaldamento globale.

INNALZAMENTO DEL MARE, DELLE FALDE ACQUIFERE, DEL FIUME: SCENARI FUTURI PER AQUILEIA

Ad Aquileia ARPA FVG ha indagato l'innalzamento del livello marino e la sua possibile influenza sull'altezza delle falde superficiali, la cui risalita induce saturazione dei terreni, allagamenti e degrado dei reperti archeologici. Per diversi scenari climatici si è calcolato come aumenteranno in futuro le aree al di sotto del livello del mare. È stata inoltre esplorata la relazione tra le esondazioni del fiume Natissa, il regime di marea e l'esposizione dei siti archeologici alle acque fluviali.



LA VITA VEGETALE NELLA LAGUNA E SUI FONDALI

Canneti, praterie marine, foreste algali: ecosistemi vulnerabili e alleati preziosi per contrastare il cambiamento climatico



Sotto la superficie dell'acqua e lungo i margini costieri e lagunari si sviluppano ecosistemi preziosi del nostro litorale: canneti, praterie marine e foreste algali che regolano l'equilibrio biologico della laguna di Marano e Grado e del Nord Adriatico. Questa sezione esplora lo stato di salute di questi ambienti vegetati marini e costieri, svelando come i cambiamenti climatici stiano ridisegnando la distribuzione delle specie e come la tecnologia ci aiuti a monitorare trasformazioni spesso invisibili a occhio nudo.

Gli esperti ci accompagnano alla scoperta di alcuni ecosistemi particolari e delle metodologie di ricerca con cui vengono studiati:

- La sofferenza dei canneti costieri: il primo articolo analizza il fenomeno della "marinizzazione" della laguna, causato anche dall'innalzamento del mare. Lo studio si concentra sulla foce dello Stella, dove l'aumento della salinità sta mettendo a rischio la sopravvivenza dei canneti, un habitat fondamentale per la biodiversità delle acque di transizione.
- L’espansione delle praterie sommerse osservata col telerilevamento: il secondo contributo sfrutta gli occhi dei satelliti per ricostruire vent'anni di evoluzione delle fanerogame marine. L'analisi rivela un'espansione di ben 14 km^2 di queste praterie: un dato apparentemente positivo che nasconde, tuttavia, una progressiva semplificazione dell'intero ecosistema.
- Tecnologia autonoma per il monitoraggio: il terzo intervento ci porta a bordo del progetto *BRIGANTINE*, un catamarano autonomo hi-tech sviluppato dall'Università di Udine. Grazie a sensori e camere multispettrali, questo strumento innovativo permette di mappare i fondali e valutare lo stato di salute delle praterie sommerse in modo non invasivo.
- Il valore del Blue Carbon: l'ultimo approfondimento mette in luce il ruolo cruciale di questi habitat nella lotta al riscaldamento globale come "serbatoi di carbonio" naturali. L'articolo evidenzia l'urgenza di proteggere e ripristinare la vegetazione sommersa, doppiamente preziosa sia per la tutela della biodiversità sia per la sua capacità di mitigare le emissioni di gas serra.

Quattro sguardi approfonditi che ci ricordano come la tutela degli ecosistemi e il contenimento del riscaldamento globale passino inevitabilmente dalla protezione del patrimonio vegetale “nascosto” nei nostri mari e nelle nostre lagune.

*****

IL DESTINO DEI CANNETI ALLA FOCE DELLO STELLA IN UNA LAGUNA SEMPRE PIÙ MARINIZZATA

La laguna di Grado e Marano sta subendo un processo di marinizzazione, dovuto anche all'innalzamento del livello del mare. La variazione delle caratteristiche delle acque lagunari altera l'equilibrio ecologico all'interno del bacino e lungo le sue coste. Specie tipiche di questi ambienti, come la canna comune (*Phragmites australis*), soffrono l'alta salinità e le lunghe sommersioni, che ne riducono crescita e riproduzione. L'esame della potenziale perdita di habitat causata dall'innalzamento del livello marino è oggetto di studio.

L'ESPANSIONE DELLE FANEROGAME MARINE NELLA LAGUNA DI GRADO-MARANO: DALLO SPAZIO I SEGNALI DI UNA LAGUNA CHE CAMBIA

Le praterie di fanerogame marine sono tra gli habitat più preziosi della laguna di Marano e Grado: ospitano biodiversità, ossigenano le acque e stabilizzano i fondali. Grazie al telerilevamento satellitare, uno studio delle Università di Udine e Trieste ha ricostruito vent'anni di cambiamenti, mostrando un'espansione di circa 14 km². Un segnale solo positivo? Non del tutto: questa crescita potrebbe riflettere anche le trasformazioni in atto e una progressiva semplificazione del sistema lagunare costiero.

A BORDO DEL PROGETTO BRIGANTINE: UN CONCENTRATO DI TECNOLOGIA PER UN MONITORAGGIO COSTIERO SOSTENIBILE

Il progetto di ricerca BRIGANTINE, coordinato dall'Università di Udine, sviluppa un catamarano autonomo equipaggiato con sensori chimico-fisici e camere multispettrali per il monitoraggio dell'Alto Adriatico. Questa nuova tecnologia sostenibile può contribuire alla salvaguardia e alla conservazione della biodiversità delle aree costiere valutando lo stato di salute degli ecosistemi sommersi, come foreste algali e praterie di fanerogame marine, sempre più minacciati da attività umane e cambiamenti climatici.

BLUE CARBON: IL RUOLO NASCOSTO DEGLI ECOSISTEMI MARINI NELLA LOTTA AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Dalle praterie di fanerogame marine del Mediterraneo alle lagune del Nord Adriatico, gli ecosistemi costieri giocano un ruolo cruciale nel sequestro del carbonio: un servizio naturale ancora poco valorizzato, ma fondamentale nella lotta al cambiamento climatico. Praterie di fanerogame marine e foreste macroalgali ne subiscono però gli effetti, sommati a quelli di altre pressioni antropiche. Conservare e ripristinare gli ecosistemi costieri è cruciale per tutelarne la biodiversità e la loro funzione di serbatoi di carbonio.



Segnali dal clima in FVG
download, credits, licenza

Le diverse edizioni di *Segnali dal clima in FVG* sono disponibili online:

https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg/

"Segnali dal Clima in FVG" è realizzato da:

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

nell'ambito dell'attività di coordinamento e segreteria del "Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG" istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022

Questo prodotto è rilasciato con licenza Creative Commons - Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0):
Può essere quindi utilizzato citando la fonte, nel rispetto delle condizioni qui specificate:
informazioni generali https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it
licenza https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it

Come citare questa pubblicazione:
Segnali dal clima in FVG. Notizie dal Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG. (ARPA FVG, 2026)