

Rapporto mondiale delle Nazioni Unite sullo sviluppo delle risorse idriche 2025

Montagne e ghiacciai Torri d'acqua

Fatti e cifre



Tendenze della domanda e della disponibilità di acqua

Secondo le più recenti stime a livello mondiale, datate 2021, il settore agricolo si colloca in prima posizione per il totale dei prelievi di acqua (72%), seguito dal settore industriale (15%) e dagli utilizzi domestici o civili (13%). Nel periodo 2000-2021 i prelievi mondiali di acqua dolce sono cresciuti del 14% (da 3.500 chilometri cubi nel 2000 a poco meno di 4.000 chilometri cubi nel 2021), con un incremento medio annuo pari allo 0,7% (FAO, s.d.).

I paesi a più alto reddito utilizzano maggiori quantitativi di acqua per il settore industriale, mentre nei paesi a più basso reddito il 90% (o anche percentuali superiori) dell'acqua viene utilizzato per l'irrigazione delle colture agricole (Kashiwase e Fujs, 2023).

Venticinque paesi che ospitano un quarto della popolazione mondiale sono soggetti ogni anno ad uno stress idrico estremamente elevato (Kuzma et al., 2023).

Circa quattro miliardi di persone, pari alla metà della popolazione mondiale, devono far fronte a una scarsità idrica grave almeno per parte dell'anno (IPCC, 2023a).

Progressi verso il conseguimento dell'Obiettivo di sviluppo sostenibile 6

Traguardo 6.1: Acqua potabile sicura

Si stima che 2,2 miliardi di persone (pari al 27% della popolazione mondiale) non avessero accesso ad acqua potabile gestita in sicurezza nel 2022. Di queste, quattro persone su cinque vivevano in zone rurali, sprovviste persino di servizi essenziali di fornitura di acqua potabile (Nazioni Unite, s.d.a).

Traguardo 6.2: Accesso ai servizi igienico-sanitari

Nel 2022, 3,5 miliardi di persone in tutto il mondo non avevano accesso a servizi igienico-sanitari gestiti in sicurezza (UNICEF/OMS, 2023). La situazione risultava particolarmente grave nell'Africa subsahariana, dove appena il 24% della popolazione disponeva di servizi igienico-sanitari gestiti in sicurezza. Queste limitazioni si registrano anche in altre regioni, tra cui America Latina e Caraibi, Asia centrale e meridionale, dove appena il 50% della popolazione aveva accesso a tali servizi (Nazioni Unite, s.d.b).

Traguardo 6.3: Qualità dell'acqua

Nel 2023, i dati relativi a 91.000 corpi idrici di 120 paesi hanno evidenziato una buona qualità dell'acqua nel 56% dei casi (Nazioni Unite, 2024).

Traguardo 6.4: Efficienza nell'utilizzo dell'acqua

In tutto il mondo circa il 58% dei paesi presenta ancora una scarsa efficienza nell'utilizzo dell'acqua (meno di 20 dollari per m³; Nazioni Unite, 2024).

Traguardo 6.5: Cooperazione in materia di risorse idriche transfrontaliere

Dei 153 paesi che condividono fiumi, acquiferi e laghi transfrontalieri, solo 43 hanno accordi operativi sul 90% o più delle relative acque transfrontaliere. Sono appena 26 i paesi in cui tutte le acque transfrontaliere sono oggetto di accordi di questa natura (UNECE/UNESCO/UN-Water, 2024).

Traguardo 6.6: Ecosistemi legati all'acqua

Le tendenze dei dati evidenziano come gli ecosistemi legati all'acqua continuano ad essere interessati da significativi livelli di degrado, causato principalmente da inquinamento, dighe, conversione dei terreni, prelievi eccessivi e cambiamenti climatici (UNEP, 2024a).

Traguardo 6.a: Cooperazione internazionale su acqua e servizi igienico-sanitari

Gli aiuti pubblici allo sviluppo destinati al settore idrico si sono costantemente ridotti tra il 2018 e il 2020, con un successivo incremento dell'11% nel 2021, quando hanno raggiunto i 9,1 miliardi di dollari (Nazioni Unite, s.d.c).

Traguardo 6.b: Gestione partecipativa dell'acqua e dei servizi igienico-sanitari

Nel periodo 2021-2022, più del 90% dei paesi ha dichiarato di disporre di procedure per la partecipazione definite nelle norme di legge o nelle politiche relative all'acqua potabile e alla gestione delle risorse idriche nelle zone rurali. Tuttavia, meno di un terzo dei paesi ha registrato livelli di partecipazione delle comunità elevati o molto elevati nei processi di pianificazione e di gestione (OMS, 2022).

Le regioni montane del mondo

Le regioni montane coprono circa 33 milioni di chilometri quadrati, pari al 24% del totale della superficie mondiale, Antartide esclusa (Romeo et al., 2020). Circa 1,1 miliardi di persone (quasi il 15% della popolazione mondiale) risiedevano in regioni montane nel 2015 (Adler et al., 2022), una cifra pari a circa il doppio rispetto ai 575 milioni del 1975 (Thornton et al., 2022). A titolo di confronto, nel 2020 circa 900 milioni di persone vivevano nei delta e nelle regioni costiere a bassa quota, ivi comprese le isole (Glavovic et al., 2022).

Nel 2015, il 34% della popolazione montana a livello globale viveva in città con più di 50.000 abitanti, il 31% in città meno popolate e aree a media densità abitativa e il 35% in aree rurali (Ehrlich et al., 2021).

Nel 2017, la maggior parte della popolazione mondiale residente in aree montane (circa il 91%) viveva nei paesi in via di sviluppo. Circa il 90% del totale della popolazione delle aree montane risiedeva ad altitudini comprese tra i 1.500 e i 2.500 metri sul livello del mare, mentre circa 75 milioni di persone vivevano ad altitudini superiori ai 2.500 metri (Tremblay e Ainslie, 2021).

Uso di acque montane e dipendenza da esse

Le montagne garantiscono un maggiore ruscellamento superficiale per unità di superficie rispetto alle pianure, fornendo tra il 55% e il 60% dei flussi annui mondiali di acqua dolce. Tuttavia, i valori specifici variano considerevolmente – dal 40% fino a oltre il 90% – a seconda delle aree del mondo (Viviroli et al., 2020).

Tra i principali fiumi che dipendono in larga misura da fonti di acqua provenienti dalle montagne (più del 90% del flusso annuo medio) citiamo Amu Darya, Colorado, Nilo, Orange e Rio Negro. I fiumi che dipendono per oltre il 70% del proprio flusso da acque montane includono Eufrate, Indo, São Francisco, Senegal e Tigri (Viviroli et al., 2020).

A livello globale, quasi i due terzi delle attività irrigue dipendono dalle acque montane; il numero di persone che vivono nelle pianure e che dipendono in larga misura da queste acque è cresciuto in tutto il mondo, passando da 600 milioni negli anni '60 a circa 1,8 miliardi negli anni 2000. Inoltre, circa un miliardo di persone che abita nelle pianure usufruisce dell'importante contributo del deflusso delle montagne (Viviroli et al., 2020).

Cambiamenti della criosfera e impatti sull'acqua

Secondo un dato ormai ben noto, circa due miliardi di persone dipendono dalle montagne – e quindi dal contributo dello scioglimento della criosfera – per l'approvvigionamento idrico. Tale cifra deriva dalla stima in base alla quale due miliardi di persone vivrebbero presso bacini di drenaggio alimentati da acque di montagna (Immerzeel et al., 2020; Viviroli et al., 2020).

Tendenze della criosfera delle montagne

Le attuali tendenze dei bacini montani evidenziano una maggiore percentuale di precipitazioni sotto forma di pioggia piuttosto che di neve, una riduzione della redistribuzione della neve e delle aree coperte da manti nevosi e lo scioglimento anticipato della neve stessa.

La recessione e la perdita dei ghiacciai procedono ormai dall'inizio del XX secolo in buona parte del mondo (DeBeer et al., 2020; IPCC, 2023b), e negli ultimi decenni si è verificata un'accelerazione di questi processi (Zemp et al., 2019). Nella maggior parte dei ghiacciai montani del mondo si registra una rapida riduzione dello spessore (Hugonnet et al., 2021), il che evidenzia una situazione di squilibrio rispetto al contesto climatico attuale. Ciò significa che i ghiacciai continueranno a ritirarsi indipendentemente dalle riduzioni delle emissioni di gas serra (Cook et al., 2023). Un ulteriore riscaldamento dell'atmosfera aggraverà ancora di più questo squilibrio a livello mondiale; in un contesto caratterizzato da un aumento delle temperature globali compreso tra 1,5°C e 4°C, secondo le previsioni entro il 2100 i ghiacciai delle zone montane potrebbero perdere tra il 26% e il 41% della massa totale che avevano nel 2015. Il numero di singoli ghiacciai che scompariranno del tutto risulta particolarmente elevato e molte delle sorgenti montane ad oggi coperte di ghiaccio saranno presto totalmente prive di tale copertura (Rounce et al., 2023).

Secondo Buytaert et al. (2017), nelle Ande tropicali la superficie massima mensile di terreni irrigui che attingono almeno il 25% dell'acqua dallo scioglimento dei ghiacciai è raddoppiata durante gli anni di siccità.

La superficie totale e il numero dei laghi glaciali sono cresciuti in misura significativa a partire dagli anni '90 a seguito della recessione dei ghiacciai. Nel corso dei prossimi decenni si formeranno altri laghi di questo tipo; ciò creerà nuove aree potenzialmente esposte al rischio e al pericolo di inondazioni da collasso di laghi glaciali (GLOF nell'acronimo inglese; Adler et al., 2022).

Sebbene non limitate ai rischi geologici della criosfera, secondo Stäubli et al. (2018) le perdite economiche delle regioni montane a seguito di 713 eventi registrati tra il 1985 e il 2014 avrebbero superato i 56 miliardi di dollari e colpito oltre 258 milioni di persone, con un totale di oltre 39.000 decessi.

Alimentazione e agricoltura

L'agricoltura e la pastorizia costituiscono fonti essenziali di sostentamento per le popolazioni delle zone montane (FAO, 2019), dove si stima vivano 1,1 miliardi di persone. Sempre secondo le stime, nei paesi in via di sviluppo 648 milioni di persone vivono in aree montane rurali, dove la maggior parte della popolazione pratica attività agricole e pastorizia per il proprio sostentamento.

La sicurezza alimentare e nutrizionale nelle regioni montane risulta inferiore rispetto alle pianure: una percentuale compresa tra il 35% e il 40% delle popolazioni montane è soggetta a insicurezza alimentare, mentre la metà di queste soffre di fame cronica (Romeo et al., 2020).

Si stima che il 45% delle aree montane di tutto il mondo sia inadatto – o solo parzialmente adatto – alla coltivazione, alla pastorizia e alla silvicoltura (Romeo et al., 2020).

Sempre secondo le stime, le foreste coprono circa il 40% delle aree di montagna, svolgendo così una funzione di protezione contro le calamità naturali grazie alla stabilizzazione dei pendii più ripidi, alla regolazione dei flussi verso gli acquiferi, alla riduzione del deflusso superficiale e dell'erosione del suolo e alla mitigazione del rischio di frane e inondazioni (Romeo et al., 2021; FAO, 2022).

Tra il 2003 e il 2013 il settore agricolo nei paesi in via di sviluppo è stato interessato dal 25% dei pericoli derivanti dai cambiamenti climatici, che hanno causato l'80% dei danni e delle perdite del bestiame e della produzione agricola nelle zone montane (Romeo et al., 2020).

Insedimenti umani e riduzione del rischio di disastri

Le regioni montane costituiscono importanti torri d'acqua che forniscono sostentamento agli insediamenti umani, dove si concentra il 14% della popolazione mondiale (Ehrlich et al., 2021).

Tra il 1975 e il 2015, circa il 35% delle regioni montane ha visto quantomeno raddoppiare la propria popolazione (Thornton et al., 2022). Nel medesimo periodo, la percentuale di residenti urbani delle stesse aree montane variava tra il 6% e il 39% (Ehrlich et al., 2021; Thornton et al., 2022).

Circa 1,1 miliardi di persone vivono in regioni montane. Sebbene il tasso di urbanizzazione vari considerevolmente a seconda delle zone, circa il 34% della popolazione delle montagne vive in grandi città, il 31% vive in città meno popolose e aree a media densità abitativa e il 35% in aree rurali. Il tasso di urbanizzazione delle montagne (66%) risulta inferiore rispetto a quello delle zone di pianura (78%; Ehrlich et al., 2021).

Dall'850 al 2022, si sono registrati 3.151 eventi GLOF nelle principali regioni glaciali di tutto il mondo (Lützw et al., 2023).

L'acqua, i servizi igienico-sanitari e la gestione delle catastrofi sono ambiti prioritari per i paesi montani in via di sviluppo. Si stima che i finanziamenti necessari a sostenere le misure di adattamento specifico in tali paesi siano pari a 187 miliardi di dollari all'anno (a prezzi del 2021), il che equivale all'1,3% del loro prodotto interno lordo per il decennio attuale. Il fabbisogno di finanziamenti destinati alle misure di adattamento con riferimento alla sanità e agli impianti igienico-sanitari, alla fornitura di acqua e alla riduzione del rischio di disastri è pari a quasi il 20% del totale dei finanziamenti necessari per le misure di adattamento di tutti i paesi montani in via di sviluppo. Tuttavia, in questi paesi nel 2022 il flusso di finanziamenti pubblici disponibili a livello

internazionale per le misure di adattamento è stato pari ad appena 13,8 miliardi di dollari; ciò denota una consistente mancanza di finanziamenti per queste misure, incluse quelle relative alla fornitura di risorse idriche, alla riduzione del rischio di disastri, alla sanità e ai servizi igienico-sanitari. Nonostante i considerevoli divari nel finanziamento delle misure di adattamento, questi settori raccolgono nell'insieme quasi il 30% dell'attuale flusso di erogazioni finanziarie per le misure di adattamento dei paesi montani in via di sviluppo (UNEP, 2024b).

Industria ed energia

L'area che si estende dal sud-ovest dello Stato plurinazionale della Bolivia al nord dell'Argentina e del Cile ospita il 56% del totale delle risorse mondiali di litio. La produzione di una tonnellata di litio richiede all'incirca 2.000 m³ di acqua (UNECLAC, 2023).

In ragione dell'espansione globale di settori industriali dipendenti dall'acqua, è probabile che l'utilizzo dell'acqua da parte delle industrie aumenterà anche nelle zone montane. Ad esempio, a livello globale entro il 2060 l'estrazione delle materie prime potrebbe crescere del 60% rispetto al livello del 2020 (UNEP, 2024c).

Il *cryptomining* è una procedura necessaria all'emissione di criptovalute attraverso l'utilizzo di risorse informatiche specifiche che richiedono notevoli quantitativi di energia a basso costo. Il carbone rappresenta la principale fonte di energia utilizzata, con una quota pari al 45%, mentre l'energia idroelettrica costituisce la fonte principale di energia rinnovabile, con una percentuale pari al 16% (Chamanara e Madani, 2023). Spesso entrambe queste fonti vengono prodotte nelle aree montane, con un impatto significativo sulla quantità e sulla qualità delle risorse idriche.

Le centrali idroelettriche di pompaggio (PSH nell'acronimo inglese) sfruttano l'elettricità in eccesso generata al di fuori delle ore di massimo consumo per pompare nuovamente l'acqua in un serbatoio, consentendo così lo stoccaggio dell'acqua e potenzialmente di energia. Le PSH concentrano il 95% della capacità di stoccaggio di elettricità a livello mondiale, principalmente nelle aree montane (IRENA, 2023).

Ambiente

Di norma i sistemi montani sono caratterizzati da temperature più basse e da livelli di precipitazioni superiori rispetto ad altri contesti (FAO, 2022); inoltre, ospitano 25 delle 34 zone di interesse relative alla biodiversità mondiale (FAO/UNEP, 2023).

Negli ecosistemi di montagna le foreste rappresentano circa il 40% del totale della superficie. Ad altitudini maggiori le foreste lasciano spazio alle praterie e alla tundra alpina, come pure a permafrost e ghiacciai (FAO/UNEP, 2023).

Nel 2020, il 57% delle superfici montane a livello mondiale risultava soggetto ad una forte pressione, nonché interessato da un degrado ecosistemico che si concentrava alle altitudini inferiori, ovvero nelle zone dove si svolge buona parte delle attività umane (Elsen et al., 2020).

Prospettive regionali

Africa subsahariana

L'Africa possiede l'11% della superficie montuosa del mondo, che copre un'area pari a circa 1,5 milioni di chilometri quadrati (Alweny et al., 2014). Il 20% della superficie dell'Africa continentale è caratterizzato da montagne di altitudine superiore ai 1.000 metri sul livello del mare, mentre il 5% registra un'altitudine superiore ai 1.500 metri (FAO, 2015). L'Africa orientale è la regione più montuosa di tutto il continente.

Si stima che nel 2017 le montagne africane ospitassero 252 milioni di persone, pari al 18% della popolazione del continente e al 23% della popolazione montana di tutto il mondo (Romeo et al., 2020).

Nel 2017, circa 132 milioni di abitanti delle zone rurali di montagna erano vulnerabili all'insicurezza alimentare, ovvero due abitanti su tre delle zone rurali (Romeo et al., 2020).

Del totale delle persone vulnerabili all'insicurezza alimentare che nel 2017 vivevano in zone rurali di montagna, 86 milioni risiedevano in aree in cui il degrado dei terreni influenzava negativamente le attività agricole necessarie al loro sostentamento (Romeo et al., 2020).

Secondo le previsioni, i ghiacciai del Monte Kenya e della catena Rwenzori potrebbero scomparire entro il 2030, mentre quelli del Monte Kilimangiaro potrebbero subire la stessa sorte entro il 2040 (Trisos et al., 2022).

Europa e Asia centrale

Si prevede che entro il 2100 gli effetti dei cambiamenti climatici sulla criosfera e sull'idrosfera delle Alpi determineranno una riduzione della portata annuale dei fiumi; in questo contesto, il deflusso proveniente dalle aree ricoperte di ghiaccio si ridurrà del 45% rispetto ai livelli del 2006, e il deflusso totale del 35% (Laurent et al., 2020).

I Carpazi ospitano circa il 30% della flora europea, oltre alle popolazioni più consistenti in Europa di orsi bruni, lupi, linci, bisonti europei e specie volatili rare (UNEP, 2023).

America Latina e Caraibi

Le torri d'acqua dell'America Latina e dei Caraibi occupano circa un terzo del territorio della regione (FAO, 2000) e producono un flusso di acqua per unità di superficie maggiore rispetto a qualunque altro continente (Bretas et al., 2020).

La Cordigliera delle Ande (la catena montuosa più lunga al mondo, con un'estensione superiore ai 7.000 chilometri) alimenta la maggior parte dei corsi d'acqua della regione (FAO, 2000) e contribuisce ad alimentare il flusso del Rio delle Amazzoni al 50% (Bretas et al., 2020).

Nel 2017 circa il 25% (167 milioni di persone) della popolazione dell'America Latina e dei Caraibi viveva nelle aree montane; di queste persone, 112 milioni risiedevano in zone urbane, mentre circa 17 milioni vivevano in zone di montagna spesso vulnerabili alla notevole variabilità climatica e al degrado dei suoli (Romeo et al., 2020).

Secondo i dati del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico, il riscaldamento globale ha causato una perdita della superficie dei ghiacciai delle Ande compresa tra il 30% e il 50% a partire dagli anni '80, una delle riduzioni più consistenti a livello mondiale (IPCC, 2022).

Nel 2013, l'85% dell'energia idroelettrica dell'America Latina proveniva da fonti montane (Mountain Partnership, 2013).

Asia e Pacifico

L'altopiano tibetano, le circostanti catene montuose del Pamir e dell'Hindu Kush Himalaya e i monti Hengduan, Tien Shan e Qilian coprono una superficie di alta montagna pari a 5 milioni di chilometri quadrati e presentano 100.000 chilometri quadrati di ghiacciai. Il cosiddetto Terzo Polo – talvolta anche definito come la torre d'acqua dell'Asia – conserva più ghiaccio e neve rispetto a qualunque altra regione, ad esclusione dell'Antartide e dell'Artide (UNEP, 2022). Il Terzo Polo è all'origine di oltre dieci sistemi fluviali che svolgono un ruolo essenziale per il sostentamento di quasi due miliardi di persone nei bacini idrografici dell'Asia centrale, nordorientale, meridionale e sudorientale (ICIMOD, 2023).

I ghiacciai della regione dell'Hindu Kush Himalaya stanno scomparendo ad una velocità allarmante, del 65% superiore nel periodo 2011-2020 rispetto al decennio precedente (ICIMOD, 2023). Questi ghiacciai registrano inoltre un tasso di fusione più elevato rispetto alla media globale (Mani, 2021), con le perdite più significative che si concentrano nella parte orientale di questa regione (ESCAP/UNEP/OIL/ UNFCCC RCC Asia-Pacific/UNIDO, 2023).

Secondo le previsioni, in uno scenario in cui il riscaldamento globale determinerà un incremento delle temperature compreso tra 1,5°C e 2°C, il volume dei ghiacciai nella regione dell'Hindu Kush Himalaya potrebbe ridursi tra il 30% e il 50% entro il 2100. Qualora il riscaldamento dell'atmosfera dovesse superare i 2°C, questi ghiacciai potrebbero perdere il 20-45% del volume che avevano nel 2020 (ICIMOD, 2023).

Il ritiro dei ghiacciai è stato riscontrato anche nelle Alpi meridionali della Nuova Zelanda; secondo le previsioni, entro il 2100 il paese potrebbe perdere l'88% dei ghiacciai che aveva nel 2011 (Frazier e Brewington, 2020).

La regione araba

Circa un terzo della popolazione che vive nella regione araba risiede ad un'altitudine di circa 600 metri sul livello del mare (ESCWA, 2022).

Si stima che la neve contribuisca ad una percentuale compresa tra il 50% e il 60% del volume di acqua delle sorgenti e dei fiumi del Libano, i quali alimentano gli acquiferi (Shaban, 2020).

Riferimenti bibliografici

- Adler, C., Wester, P., Bhatt, I., Huggel, C., Insarov, G., Morecroft, M., Muccione, V. e Prakash, A. 2022. Mountains. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem e B. Rama (a cura di), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contributo del Gruppo di lavoro II al Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico. Cambridge, Regno Unito/New York, Cambridge University Press, pagg. 2273-2318. doi.org/10.1017/9781009325844.022.
- Alweny, S., Nsengiyumva, P. e Gatarabirwa, W. 2014. *Africa Sustainable Mountain Development Technical Report No. 1*. Kampala/Cambridge, Regno Unito, Albertine Rift Conservation Society (ARCOS). doi.org/10.13140/RG.2.2.11656.16640.
- Bretas, F., Casanova, G., Crisman, T., Embid, A., Martin, L., Miralles, F. e Muñoz, R. 2020. *Agua para el Futuro: Estrategia de Seguridad Hídrica para América Latina y el Caribe*. Banca interamericana di sviluppo (BIS). doi.org/10.18235/0002816. (In spagnolo).

- Buytaert, W., Moulds, S., Acosta, L., De Bièvre, B., Olmos, C., Villacis, M., Tovar, C. e Verbist, K. M. 2017. Glacial melt content of water use in the tropical Andes. *Environmental Research Letters*, vol. 12, N. 11, articolo 114014. doi.org/10.1088/1748-9326/aa926c.
- Chamanara, S. e Madani, K. 2023. *The Hidden Environmental Cost of Cryptocurrency: How Bitcoin Mining Impacts Climate, Water and Land*. Hamilton, Canada, United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU-INWEH). doi.org/10.53328/INR23ASC02.
- Cook, S. J., Jouvét, G., Millan, R., Rabatel, A., Zekollari, H. e Dussailant, I. 2023. Committed ice loss in the European Alps until 2050 using a deep-learning-aided 3D ice-flow model with data assimilation. *Geophysical Research Letters*, vol. 50, N. 23, articolo e2023GL105029. doi.org/10.1029/2023GL105029.
- DeBeer, C. M., Sharp, M. e Schuster-Wallace, C. 2020. Glaciers and ice sheets. M. I. Goldstein e D. A. DellaSala (a cura di), *Encyclopedia of the World's Biomes*. Amsterdam/Oxford, Regno Unito/Cambridge, USA, Elsevier, pagg. 182-194. doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12441-8.
- Ehrlich, D., Melchiorri, M. e Capitani, C. 2021. Population trends and urbanisation in mountain ranges of the world. *Land*, vol. 10, N. 3, articolo 255. doi.org/10.3390/land10030255.
- Elsen, P. R., Monahan, W. B. e Merenlender, A. M. 2020. Topography and human pressure in mountain ranges alter expected species responses to climate change. *Nature Communications*, vol. 11, articolo 1974. doi.org/10.1038/s41467-020-15881-x.
- ESCAP/UNEP/OIL/UNFCCC RCC Asia-Pacific/UNIDO (Commissione economica e sociale per l'Asia e il Pacifico/Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente/Organizzazione internazionale del lavoro/Centro di collaborazione regionale per l'Asia-Pacifico del Segretariato della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici/Organizzazione delle Nazioni Unite per lo sviluppo industriale). 2023. *2023 Review of Climate Ambition in Asia and the Pacific: Just Transition Towards Regional Net-Zero Climate Resilient Development*. Nazioni Unite. www.unescap.org/kp/2023/2023-review-climate-ambition-asia-and-pacific-just-transition-towards-regional-net-zero.
- ESCWA (Commissione economica e sociale delle Nazioni Unite per l'Asia occidentale). 2022. *Groundwater in the Arab Region – ESCWA Water Development Report 9*. Beirut, Nazioni Unite. www.unescwa.org/publications/water-development-report-9.
- FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura). 2000. Ventiseiesima Conferenza Regionale della FAO per l'America Latina e i Caraibi, Mérida, Messico, 10-14 aprile 2000. Sustainable Development in Mountain Areas. www.fao.org/4/x4442e/x4442e.htm.
- . 2015. *Mapping the Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity*. Roma, FAO. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i5175e.
- . 2019. *Mountain Agriculture: Opportunities for Harnessing Zero Hunger in Asia*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/ca5561en/ca5561en.pdf.
- . 2022. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021: Systems at Breaking Point*. Rapporto principale. Roma, FAO. doi.org/10.4060/cb9910en.
- . s.d. AQUASTAT Dissemination System. Sito web della FAO. https://data.apps.fao.org/aquastat/?lang=en. (Consultato il 2 dicembre 2024.)
- FAO/UNEP (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura/Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente). 2023. *Restoring Mountain Ecosystems: Challenges, Case Studies and Recommendations for Implementing the UN Decade Principles for Mountain Ecosystem Restoration*. Roma/Nairobi, FAO/UNEP. doi.org/10.4060/cc9044en.
- Frazier, A. G. e Brewington, L. 2020. Current changes in alpine ecosystems of Pacific Islands. *Encyclopedia of the World's Biomes*, pagg. 607-619. Elsevier. doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11881-0.
- Glavovic, B. C., Dawson, R., Chow, W., Garschagen, M., Haasnoot, M., Singh, C. e Thomas, A. 2022. Cities and settlements by the sea. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem e B. Rama (a cura di), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contributo del Gruppo di lavoro II al Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico. Cambridge, Regno Unito/New York, Cambridge University Press, pagg. 2163-2194. doi.org/10.1017/9781009325844.019.
- Hugonnet, R., McNabb, R., Berthier, E., Menounos, B., Nuth, C., Girod, L., Farinotti, D., Huss, M., Dussailant, I., Brun, F. e Kääb, A. 2021. Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*, vol. 592, pagg. 726-731. doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z.
- ICIMOD (Centro internazionale per lo sviluppo integrato della montagna). 2023. *Water, Ice, Society, and Ecosystems in the Hindu Kush Himalaya: An Outlook* [P. Wester, S. Chaudhary, N. Chettri, M. Jackson, A. Maharjan, S. Nepal e J. F. Steiner (a cura di)]. Kathmandu, ICIMOD. doi.org/10.53055/ICIMOD.1028.
- Immerzeel, W. W., Lutz, A. F., Andrade, M., Bahl, A., Biemans, H., Bolch, T., Hyde, Brumby, S., Davies, B. J., Elmore, A. C., Emmer, A., Feng, M., Fernández, A., Haritashya, U., Kargel, J. S., Koppes, M., Kraaijenbrink, P. D. A., Kulkarni, A. V., Mayewski, P. A., Nepal, S., Pacheco, P., Painter, T.

- H., Pellicciotti, F., Rajaram, H., Rupper, S., Sinisalo, A., Shrestha, A. B., Viviroli, D., Wada, Y., Xiao, C., Yao, T. e Baillie, J. E. M. 2020. Importance and vulnerability of the world's water towers. *Nature*, vol. 577, pagg. 364-369. doi.org/10.1038/s41586-019-1822-y.
- IPCC (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico). 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contributo del Gruppo di lavoro II al Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem e B. Rama (a cura di)]. Cambridge, Regno Unito/New York, Cambridge University Press. doi.org/10.1017/9781009325844.
- . 2023a. Summary for policymakers. H. Lee e J. Romero (a cura di), *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contributo dei Gruppi di lavoro I, II e III al Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico. Ginevra, IPCC, pagg. 1-34. www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.
- . 2023b. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contributo dei Gruppi di lavoro I, II e III al Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico [Core Writing Team, H. Lee e J. Romero (a cura di)]. Ginevra, IPCC. doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.
- IRENA (Agenzia internazionale per le energie rinnovabili). 2023. *The Changing Role of Hydropower: Challenges and Opportunities*. Abu Dhabi, IRENA. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA_Changing_role_of_hydropower_2023.pdf.
- Kashiwase, H. e Fujs, T. 2023. Strains on freshwater resources. A. F. Pirlea, U. Serajuddin, A. Thudt, D. Wadhwa e M. Welch (a cura di), *Atlas of Sustainable Development Goals 2023*. Washington DC, Banca mondiale. doi.org/10.60616/93he-j512.
- Kuzma, S., Saccoccia, L. e Chertock, M. 2023. 25 Countries, Housing One-quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress. Sito web del World Resources Institute. www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries.
- Laurent, L., Buoncristiani, J.-F., Pohl, B., Zekollari, H., Farinotti, D., Huss, M., Mugnier, J.-L. e Pergaud, J. 2020. The impact of climate change and glacier mass loss on the hydrology in the Mont-Blanc massif. *Scientific Reports*, vol. 10, articolo 10420. doi.org/10.1038/s41598-020-67379-7.
- Lützw, N., Veh, G. e Korup, O. 2023. A global database of historic glacier lake outburst floods. *Earth System Science Data*, vol. 15, N. 7, pagg. 2983-3000. doi.org/10.5194/essd-15-2983-2023.
- Mani, M. (ed.). 2021. *Glaciers of the Himalayas: Climate Change, Black Carbon, and Regional Resilience*. South Asia Development Forum. Washington DC, Banca internazionale per la ricostruzione e lo sviluppo/Banca mondiale. https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/ff8b1264-d631-5d3d-814f-80f509c82aa9/content.
- Mountain Partnership. 2013. *Why Mountains Matter for Energy: A Call for Action on the Sustainable Development Goals (SDGs)*. Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO). www.fao.org/fileadmin/templates/mountain_partnership/doc/POLICY_BRIEFS/SDGs_and_mountains_energy_en.pdf.
- Nazioni Unite. 2024. *The Sustainable Development Goals Report 2024*. New York, Nazioni Unite. https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/.
- . s.d.a. Progress on Drinking Water (Target 6.1 SDG). Sito web delle Nazioni Unite. www.sdg6data.org/en/indicator/6.1.1. (Consultato il 2 dicembre 2024.)
- . s.d.b. Progress on Sanitation (Target 6.2 SDG). Sito web delle Nazioni Unite. www.sdg6data.org/en/indicator/6.2.1a. (Consultato il 4 dicembre 2024.)
- . s.d.c. Progress on International Water Cooperation (Target 6.a SDG). Sito web delle Nazioni Unite. www.sdg6data.org/en/indicator/6.a.1. (Consultato il 2 dicembre 2024.)
- OMS (Organizzazione mondiale della sanità). 2022. *Strong Systems and Sound Investments: Evidence on and Key Insights into Accelerating Progress on Sanitation, Drinking-Water and Hygiene. UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS) 2022 Report*. Ginevra, OMS. https://iris.who.int/handle/10665/365297.
- Romeo, R., Grita, F., Parisi, F. e Russo, L. 2020. *Vulnerability of Mountain Peoples to Food Insecurity: Updated Data and Analysis of Drivers*. Roma, Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO)/Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione (UNCCD). doi.org/10.4060/cb2409en.
- Romeo, R., Manuelli, S. R., Geringer, M. e Barchiesi, V. (a cura di). 2021. *Mountain Farming Systems – Seeds for the Future: Sustainable Agricultural Practices for Resilient Mountain Livelihoods*. Roma, Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO). doi.org/10.4060/cb5349en.
- Rounce, D. R., Hock, R., Maussion, F., Hugonnet, R., Kochtitzky, W., Huss, M., Berthier, E., Brinkerhoff, D., Compagno, L., Copland, L., Farinotti, D., Menounos, B. e McNabb, R. W. 2023. Global glacier change in the 21st century: Every increase in temperature matters. *Science*, vol. 379, N. 6627, pagg. 78-83. doi.org/10.1126/science.abo1324.

- Shaban, A. 2020. Snow cover. A. Shabah, *Water Resources of Lebanon*. World Water Resources, vol. 7. Cham, Svizzera, Springer. doi.org/10.1007/978-3-030-48717-1_5.
- Stäubli, A., Nussbaumer, S. U., Allen, S. K., Huggel, C., Arguello, M., Costa, F., Hergarten, C., Martínez, R., Soto, J., Vargas, R., Zambrano, E. e Zimmermann, M. 2018. Analysis of weather-and climate-related disasters in mountain regions using different disaster databases. S. Mal, R. Singh e C. Huggel (a cura di), *Climate Change, Extreme Events and Disaster Risk Reduction: Towards Sustainable Development Goals*. Cham, Svizzera, Springer, pagg. 17-41. doi.org/10.1007/978-3-319-56469-2_2.
- Thornton, J. M., Sneath, M. A., Sayre, R., Urbach, D. R., Viviroli, D., Ehrlich, D., Muccione, V., Wester, P., Insarov, G. e Adler, C. 2022. Human populations in the world's mountains: Spatio-temporal patterns and potential controls. *PLoS ONE*, vol. 17, N. 7, articolo e0271466. doi.org/10.1371/journal.pone.0271466.
- Tremblay, J. C. e Ainslie, P. N. 2021. Global and country-level estimates of human population at high altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 118, N. 18, articolo e2102463118. doi.org/10.1073/pnas.2102463118.
- Trisos, C. H., Adelekan, I. O., Totin, E., Ayanlade, A., Efitre, J., Gemed, A., Kalaba, K., Lennard, C., Masao, C., Mgaya, Y., Ngaruiya, G., Olago, D., Simpson, N. P. e Zakiideen, S. 2022. Africa. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem e B. Rama (a cura di), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contributo del Gruppo di lavoro II al Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico. Cambridge, Regno Unito/New York, Cambridge University Press, pagg. 1285-1455. doi.org/10.1017/9781009325844.011.
- UNECE/UNESCO/UN-Water (Commissione economica delle Nazioni Unite per l'Europa/Organizzazione delle Nazioni Unite per l'educazione, la scienza e la cultura/UN-Water). 2024. *Progress on Transboundary Water Cooperation: Mid-Term Status of SDG Indicator 6.5.2, with a Special Focus on Climate Change*. Ginevra/Parigi, Nazioni Unite/UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391407?posInSet=1&queryId=1951bc54-df3b-44b4-9005-be568735fb16.
- UNECLAC (Commissione economica delle Nazioni Unite per l'America Latina e i Caraibi). 2023. *Lithium Extraction and Industrialization: Opportunities and Challenges for Latin America and the Caribbean*. Santiago, UNECLAC. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/8d505030-7686-44e1-9f60-77ceb0610826/content.
- UNEP (Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente). 2022. *A Scientific Assessment of the Third Pole Environment*. Nairobi, UNEP. www.unep.org/resources/report/scientific-assessment-third-pole-environment.
- . 2023. The Carpathian Convention marks its 20th Anniversary with a New Biodiversity Framework and a Transboundary Protected Wetland. Sito web dell'UNEP, 12 ottobre 2023. www.unep.org/news-and-stories/press-release/carpathian-convention-marks-its-20th-anniversary-new-biodiversity.
- . 2024a. *Progress on Water-Related Ecosystems: Mid-Term Status of SDG Indicator 6.6.1 and Acceleration Needs with a Special Focus on Biodiversity*. Nairobi, UNEP. www.unwater.org/publications/progress-water-related-ecosystems-2024-update.
- . 2024b. *Adaptation Gap Report 2024. Come Hell and High Water: As Fires and Floods Hit the Poor Hardest, It Is Time for the World to Step Up Adaptation Actions*. Nairobi, UNEP. doi.org/10.59117/20.500.11822/46497.
- . 2024c. *Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a Liveable Planet as Resource Use Spikes*. Nairobi, International Resource Panel. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44901.
- UNICEF/OMS (Fondo delle Nazioni Unite per l'infanzia/Organizzazione mondiale della sanità). 2023. *Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000–2022: Special Focus on Gender*. New York, UNICEF/OMS. www.who.int/publications/m/item/progress-on-household-drinking-water--sanitation-and-hygiene-2000-2022---special-focus-on-gender.
- Viviroli, D., Kumm, M., Meybeck, M., Kallio, M. e Wada, Y. 2020. Increasing dependence of lowland populations on mountain water resources. *Nature Sustainability*, vol. 3, pagg. 917-928. doi.org/10.1038/s41893-020-0559-9.
- Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., Barandun, M., Machguth, H., Nussbaumer, S. U., Gärtner-Roer, I., Thomson, L., Paul, F., Maussion, F., Kutuzov, S. e Cogley, J. G. 2019. Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, vol. 568, N. 7752, pagg. 382-386. doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0.

Redatto dall'UNESCO WWAP | Chorong Ahn e Richard Connor

Questa pubblicazione è prodotta dall'UNESCO WWAP per conto di UN-Water.

Illustrazione in copertina di Davide Bonazzi

Progettazione grafica e layout a cura di Marco Tonsini

Traduzione a cura di ITACA Servizi Linguistici; revisione a cura di Martina Favilli e Valentina Abete

© UNESCO 2025

<https://doi.org/10.54679/MTIQ6018>



I contenuti e i materiali della presente pubblicazione non rappresentano in nessun modo l'opinione dell'UNESCO in merito allo status giuridico di qualunque paese, territorio, città o area, o relativamente alle rispettive autorità o ai limiti relativi a frontiere o confini. I concetti e le opinioni espressi nella presente pubblicazione sono quelli degli autori, non riflettono necessariamente le opinioni dell'UNESCO e non impegnano in nessun modo l'Organizzazione.

Per ulteriori informazioni su questioni relative a copyright e licenze, consultare la versione integrale del rapporto disponibile all'indirizzo <https://unesco.org/en/wwap>.

Programma mondiale di valutazione delle risorse idriche dell'UNESCO

Ufficio del programma per la valutazione globale dell'acqua

Divisione Scienze dell'Acqua, UNESCO

06134 Colombella, Perugia, Italia

Email: wwap@unesco.org

<https://unesco.org/en/wwap>



unesco

World Water
Assessment Programme

Si ringraziano il governo della Repubblica italiana e la Regione Umbria per il sostegno finanziario.



Regione Umbria

