



Foto aerea del ghiacciaio Sveabreen che si tuffa nel ghiaccio marino che ricopre il Nordfjorden - ph Anna Baldo

Sulle tracce del nuovo Artico

Ricerca italiana alla base "Dirigibile Italia", Ny Ålesund, Svalbard

Anna Baldo⁽¹⁾⁽²⁾

1. Istituto di Scienze Polari (ISP) del CNR
2. Sezione CAI di Marostica

Riassunto

Questo articolo offre una panoramica completa delle attività scientifiche svolte durante tutto l'anno presso la stazione artica italiana "Dirigibile Italia" a Ny-Ålesund, nelle isole Svalbard (79° N). Gestita dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), la base funge da polo internazionale per il monitoraggio ambientale a lungo termine e per la scienza del sistema Terra in un'area dell'Alto Artico soggetta a un rapido riscaldamento. Le attività di ricerca seguono un preciso ciclo stagionale dettato dalla luce polare e dalle condizioni climatiche. Le attività invernali si concentrano sulla chimica degli aerosol atmosferici, sulla termodinamica dello strato limite e sul trasporto a lunga distanza di inquinanti, avvalendosi di strutture permanenti quali l'Osservatorio Gruvebadet e la Torre Amundsen-Nobile per lo studio dei cambiamenti climatici (CCT).

La ricerca primaverile verte su idrologia della neve, glaciologia, contaminanti emergenti (come PFAS e black carbon) e sul degrado delle informazioni paleoclimatiche contenute nelle carote di ghiaccio a causa della percolazione dell'acqua di fusione. La stagione estiva vede uno spostamento dell'interesse verso l'ecologia terrestre, le dinamiche dello strato attivo del permafrost, la modellazione dei flussi di CO₂, le reti trofiche delle acque dolci e il monitoraggio oceanografico nel Kongsfjorden. Infine, in autunno, i ricercatori sfruttano la notte polare per studiare la fisica dell'alta atmosfera, la scintillazione ionosferica, le dinamiche aurorali e i flussi di raggi cosmici. Nel loro insieme, questi dataset multidisciplinari e relativi a diverse stagioni evidenziano come l'amplificazione artica e il riscaldamento invernale stiano trasformando l'ambiente polare, rendendo Ny-Ålesund un sito cruciale per comprendere le future traiettorie del cambiamento climatico globale.

Abstract: On the trail of the new Arctic

This article provides a comprehensive overview of the year-round scientific activities conducted at the Italian Arctic station "Dirigibile Italia" in Ny-Ålesund, Svalbard (79° N). Managed by the National Research Council of Italy (CNR), the base operates as an international hub for long-term environmental monitoring and Earth system science in a rapidly warming High Arctic. Research operations follow a distinct seasonal cycle driven by polar light and climate conditions. Winter activities focus on atmospheric aerosol chemistry, boundary-layer thermodynamics, and long-range transport of pollutants via permanent facilities such as the Gruvebadet Observatory and the Amundsen-Nobile Climate Change Tower (CCT). Spring research centers on snow hydrology, glaciology, emerging contaminants (e.g., PFAS, black carbon), and the degradation of paleoclimate records in ice cores due to meltwater percolation. The summer season brings a shift toward terrestrial ecology, active-layer permafrost dynamics, CO₂ flux modeling, freshwater trophic webs, and oceanographic monitoring in Kongsfjorden. Finally, researchers in autumn leverage the polar night to investigate upper-atmosphere physics, ionospheric scintillation, auroral dynamics, and cosmic ray fluxes. Collectively, these multi-seasonal and interdisciplinary datasets highlight how Arctic amplification and winter warming are reshaping the polar environment, positioning Ny-Ålesund as a critical site for understanding the future trajectories of global climate change.

Ny Ålesund e la base Dirigibile Italia

La parola Artico è intimamente connessa al significato di settentrione. La sua etimologia risale al greco antico e al significato letterale di "dell'Orsa", motivo per cui tutt'oggi indica i territori a Nord, nella direzione astrale indicata dall'Orsa Minore. Più precisamente, l'Artico include tutte quelle terre e quei mari posti al di sopra di una linea immaginaria che si attesta alla latitudine di 66° 34' N, ovvero il Circolo Polare Artico.

Al fine di studiare queste aree apparentemente remote del mondo, le cui caratteristiche influenzano

direttamente la vita alle medie latitudini, l'Italia gestisce una base di ricerca scientifica in uno degli arcipelaghi artici. La stazione italiana si trova a Ny Ålesund, un insediamento situato a ridosso del 79° parallelo Nord, nell'arcipelago delle Svalbard. Il villaggio sorge sulla penisola Brøggerhalvøya, affacciata sul Kongsfjorden e attraversata da una linea montuosa popolata di ghiacciai vallivi. Ny Ålesund si trova ai piedi del monte Zeppelinfjellet, poco a Est della piana formata dal fiume Bayelva nella sua corsa verso il mare a partire dalle fronti

glaciali dell'Austre e Vestre Brøggerbreen. Nato all'inizio del Novecento come villaggio minerario fondato dalla *Kings Bay Coal Company* per lo sfruttamento dei giacimenti di carbone nelle vicinanze, il sito si è distinto fin da subito come punto di appoggio strategico per le grandi esplorazioni polari. Da qui, Roald Amundsen partì per due storiche spedizioni aeree verso il Polo Nord: la prima nel 1925, a bordo degli idrovolanti N-24 e N-25, e la seconda nel 1926 con il dirigibile Norge. Proprio da Ny Ålesund, nel giugno del 1928, lo stesso Amundsen decollò per un'estrema missione di soccorso alla ricerca dell'equipaggio del dirigibile Italia, comandato da Umberto Nobile, un volo dal quale l'esploratore norvegese non fece più ritorno. Oggi tale impresa viene ricordata mediante un busto di Amundsen posto al centro del villaggio di fronte alla base norvegese e nel nome scelto per la base artica italiana: Dirigibile Italia.

Dopo l'evacuazione del villaggio durante la Seconda Guerra Mondiale, le attività estrattive ripresero fino al tragico incidente minerario del 1962, che portò alla chiusura definitiva dei giacimenti di carbone. A partire dagli anni Settanta, il villaggio ha vissuto una progressiva riconversione, trasformandosi in un centro di riferimento per la ricerca scientifica internazionale. Le vecchie case dei minatori sono state gradualmente ristrutturate e ampliate per ospitare laboratori e alloggi e nuove

sedi di ricerca sono state costruite nel rispetto del patrimonio culturale del luogo, sotto la direzione dell'autorità norvegese sull'arcipelago rappresentata dal Governatore delle Svalbard.

A oggi, il villaggio intero costituisce una stazione di ricerca la cui logistica e operazioni sono tuttora gestite da *Kings Bay*, i cui impiegati risiedono nel villaggio al pari del personale tecnico delle stazioni e dei ricercatori.

Nel villaggio sono presenti istituzioni di dieci paesi: oltre all'Italia e alla Norvegia, il cui personale tecnico lavora alla *Sverdrup Station*, sono presenti la Germania e la Francia con svariate strutture per accogliere i ricercatori e l'Osservatorio situato ai margini del villaggio, il Giappone con la *Japanese Research Station*, il Regno Unito con la *UK Arctic Research Station*, i Paesi Bassi con la *Arctic Station* dell'Università di Groningen, la Corea del Sud con la *Dasan Station*, la Cina con la *Yellow River Station* e l'India con la stazione *Himadri*.

In questo contesto si inserisce la base Dirigibile Italia, costruita nel 1997. La struttura è gestita dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e le attività scientifiche sono coordinate dal Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente, in particolare attraverso l'Istituto di Scienze Polari (ISP).

Oggi Ny Ålesund rappresenta un laboratorio a cielo aperto di primario interesse per l'osservazione



Figura 1 - Tracce del passato minerario di Ny Ålesund; il trenino che trasportava il carbone fino alle rive del fiordo giace ora immobile all'entrata del villaggio - ph Anna Baldo



Figura 2 - Estratto di Toposvalbard, la mappa interattiva delle Svalbard gestita e aggiornata dal Norwegian Polar Institute: veduta della penisola Brøggerhalvøya affacciata sul Kongsfjorden (in alto) e ingrandimento su Ny Ålesund e la piana formata dal fiume Bayelva (in basso).

dei cambiamenti climatici, per il monitoraggio ambientale e per lo studio delle scienze naturali nell'Artico. Nonostante la collocazione remota, la località vanta un'accessibilità logistica favorevole in quanto è connessa alla città principale dell'arcipelago da tratte marine con cadenza bimestrale, e tratte aeree che raggiungono il villaggio una

volta a settimana nei mesi invernali e due nei mesi estivi. Inoltre, Ny Ålesund offre una rete infrastrutturale avanzata che supporta oltre venti istituti di ricerca internazionali impegnati in programmi di monitoraggio a lungo termine. La base Dirigibile Italia è da qualche anno operativa senza interruzioni per tutti i dodici mesi dell'anno. L'edificio



Figura 3 - Ny Ålesund dall'alto durante l'atterraggio, veduta verso nord-ovest, primavera 2025 - ph Anna Baldo



Figura 4 - Volo settimanale di collegamento per Longyearbyen, il Dornier 228 della Lufttransport in atterraggio sulla pista di Ny Ålesund - ph Anna Baldo

unisce sotto lo stesso tetto la zona di lavoro e l'area abitativa: la prima comprende l'ufficio del capostazione, uno spazio di lavoro condiviso per i ricercatori, magazzini per l'attrezzatura scientifica, il vestiario per l'ambiente artico e diversi laboratori (umido, tecnico, officina e chimico con camera pulita); la seconda ospita le camere da letto e una zona giorno con cucina e salotto.

L'affluenza dei ricercatori segue la stagionalità polare. Con il ritorno della luce al termine della notte polare a metà febbraio, la base comincia ad animarsi e ospita per otto mesi l'avvicinarsi di team scientifici che sostano mediamente per una o due settimane. La frequenza delle spedizioni raggiunge il picco nei mesi estivi (giugno, luglio e agosto), per poi ridursi progressivamente in



Figura 5 - La base artica Dirigibile Italia in primavera, con una delle motoslitte utilizzate dei glaciologi e relativa slitta per il traino dei campioni - ph Mauro Mazzola

autunno, fino allo svuotamento quasi totale entro ottobre all'arrivo della successiva notte polare. Ad assicurare la continuità operativa durante tutto l'anno è il capostazione, unico residente per-

manente all'interno della struttura, i cui compiti comprendono il proseguimento di alcune serie di campionamento anche nei mesi invernali.

Il ruolo del capostazione

Le mansioni del capostazione si articolano su tre fronti principali:

- **Continuità scientifica:** assicura il proseguimento delle serie storiche di dati e delle campagne di campionamento continuative a beneficio dei vari gruppi di ricerca nazionali e internazionali durante l'intero arco dell'anno, compresi i mesi invernali. Le principali serie storiche sono quelle di composizione atmosferica, stratigrafia e chimica del manto nevoso mediante *snowpit* (buca di neve) e campionamento superficiale dell'acqua del fiordo.
- **Supporto logistico e sicurezza:** coordina le uscite sul campo (*fieldwork*), ne supervisiona la pianificazione strategica e garantisce il costante contatto radio con i team operativi. Gestisce inoltre supporto in termini di sicurezza relativi nel caso di incontro con l'orso polare, per cui è debitamente addestrato all'uso del fucile e della pistola di segnalazione secondo le linee guida delineate dal Governatore delle Svalbard.
- **Rappresentanza e relazioni istituzionali:** funge da punto di riferimento per la comunità scientifica

locale e la società di gestione *Kings Bay*, partecipando al coordinamento tra i responsabili delle differenti stazioni e rappresentando l'Italia nei rapporti con le altre nazioni presenti a Ny Ålesund.

Nell'ambito del monitoraggio a lungo termine, tra le mansioni principali del capostazione rientrano la manutenzione della strumentazione scientifica e la conduzione dei campionamenti presso le infrastrutture gestite dall'Italia all'esterno del centro abitato. Nello specifico, il CNR coordina le attività di due osservatori chiave situati nei dintorni di Ny Ålesund:

- **Osservatorio di Gruvebadet:** situato a circa un chilometro a sud del villaggio all'interno dell'ex edificio destinato alle docce dei minatori, è attivo dal 2010 ed è dedicato allo studio della composizione atmosferica. Gestito dal CNR in collaborazione con diversi atenei italiani e partner internazionali, tra cui il *Korea Polar Research Institute* (KOPRI), gli istituti polari francese e tedesco operanti nella stazione artica congiunta (AWIPEV), il *Norwegian Polar Institute* (NPI) e l'Università di Helsinki, l'edificio è dotato di un tetto calpestabile per l'alloggiamento di

teste di prelievo e campionatori atmosferici. Le ricerche supportate dall'osservatorio spaziano dalla caratterizzazione chimica e dimensionale del particolato atmosferico allo studio della formazione delle nubi e delle proprietà di diffusione della radiazione. Le indagini si sono inoltre estese all'analisi del manto nevoso superficiale nelle aree limitrofe all'osservatorio e alle interazioni atmosfera-neve, con particolare attenzione agli effetti della deposizione di particolato sui processi di fusione.

- *Amundsen-Nobile Climate Change Tower (CCT)*: collocata a 1,2 km a Ovest del villaggio e inaugurata nel 2009, la torre consiste in un traliccio metallico alto 34 metri progettato per lo studio dello strato limite atmosferico e degli scambi di energia e massa con la superficie.

La torre è equipaggiata con sensori disposti a quattro differenti altezze per il rilevamento continuo dei parametri meteorologici standard (temperatura, umidità, direzione e velocità del vento) ed equipaggiamenti dedicati al monitoraggio delle proprietà fisiche e termiche del suolo e della neve nelle aree limitrofe. Oltre a gestire tali stazioni di monitoraggio permanente, il capostazione accoglie presso la base i ricercatori affiliati a diversi enti di ricerca i cui progetti hanno ottenuto l'approvazione operativa. L'ambiente artico vanta un'ampia eterogeneità nelle tematiche d'indagine, ma la fattibilità e la pianificazione di ogni attività di ricerca è strettamente vincolata alla stagionalità artica e, di conseguenza, anche la base ospita diversi team di ricercatori a seconda della stagione.



Figura 6 - L'osservatorio atmosferico Gruvebadet in primavera, con il monte Zeppelinfjellet sullo sfondo e il relativo osservatorio Zeppelin gestito da NPI - ph Marco Casula



Figura 7 - Amundsen-Nobile Climate Change Tower (CCT), fotografata sulla via del ritorno da un campionamento di neve nei pressi del fiume Bayelva, primavera 2025 - ph Marek Levray

Inverno

Durante la notte polare, l'assenza di irraggiamento solare diretto, le temperature che possono raggiungere i -30°C e le perturbazioni artiche, che abbassano ancora di più la temperatura percepita mediante l'effetto del *windchill*, rendono difficoltosi campionamenti in campo aperto e a grande distanza dalla base, per cui la Dirigibile Italia offre ospitalità a ricercatori che operano all'interno degli osservatori permanenti o in aree limitrofe al villaggio, come per esempio nell'ambito del monitoraggio atmosferico. I primi gruppi raggiungono la base solitamente nel mese di febbraio, quando nelle ore adiacenti al mezzogiorno la luce comincia a trapelare oltre l'orizzonte durante il crepuscolo civile. In questo periodo le attività si concentrano sulla manutenzione profonda degli strumenti adibiti alle serie storiche o all'ampliamento di tali serie con campagne complementari di breve durata.

Il campionamento sistematico condotto a Gruevbadet permette di caratterizzare la provenienza, le proprietà fisiche e la distribuzione dimensionale del particolato artico, integrando le misurazioni di assorbimento e diffusione della radiazione (Lupi *et al.*, 2016). Sul fronte chimico, le analisi ioniche ed elementari consentono di tracciare le sorgenti dei componenti dell'aerosol, dai contributi marini e biogenici ai traccianti di combustione, e di ricostruire i meccanismi di trasporto a lunga distanza dalle medie latitudini durante la stagione invernale e primaverile (Giardi *et al.*, 2016). A queste indagini si affianca lo studio dei contaminanti organici e

della materia organica dell'aerosol, esteso anche all'analisi dei processi di deposizione e all'interazione con il manto nevoso durante gli eventi di pioggia su neve (*rain-on-snow*) (Barbaro *et al.*, 2026). Nello stesso periodo, la base ospita ricercatori che si occupano dello strato limite planetario e degli scambi di energia tra superficie e atmosfera presso la CCT. La struttura consente di monitorare continuamente i profili verticali di temperatura, umidità e vento su quattro livelli, misurando direttamente i flussi di calore sensibile e latente e il bilancio radiativo, fornendo parametri essenziali per comprendere l'accoppiamento termico tra il suolo innevato e la bassa atmosfera artica durante la notte polare (Mazzola *et al.* 2016).

Per entrambi questi osservatori, la cooperazione con NPI è fondamentale in quanto il centro di ricerca norvegese gestisce un osservatorio meteorologico e di composizione atmosferica situato sulla cresta sommitale dello Zeppelinfjellet (556 m), il monte situato a Sud del villaggio.

L'interazione tra i team di ricercatori italiani e norvegesi permette di confrontare il comportamento dell'atmosfera a livello del mare e in quota, un confronto importante soprattutto nei mesi invernali dove, in assenza di venti dominanti, l'atmosfera può separarsi in uno strato limite planetario estremamente stabile e atmosfera libera al di sopra, inibendo flussi tra i due strati con conseguenze meteorologiche e sulla distribuzione degli inquinanti (Markowski and Richardson 2011).



Figura 8 - La capostazione (Anna Baldo) di ritorno dalla visita giornaliera a Gruvebadet, raggiunto con gli sci attorno alle 12:00 locali, inizio febbraio 2025 - ph Lukas Monrad-Krohn

Primavera

L'arrivo della primavera svela l'arcipelago coperto da un bianco manto nevoso, sopra il quale le giornate si allungano rapidamente fino a raggiungere il giorno polare verso la metà di aprile. La neve e i ghiacciai delle Svalbard diventano quindi raggiungibili mediante l'utilizzo di motoslitte e la base offre ospitalità principalmente a nivologi e glaciologi.

Per studiare l'evoluzione del manto nevoso attorno a Ny Ålesund sia durante il singolo anno idrologico che da un anno all'altro, nei pressi di Gruvebadet è stato implementato un sistema automatico di monitoraggio continuo, la *Automated Snow Station*, in grado di rilevare in tempo reale le proprietà fisico-chimiche e stratigrafiche del manto nevoso e le variabili climatiche essenziali (Scoto *et al.*, 2023). Su questo strato stagionale si concentrano diverse indagini chimiche: per esempio, lo studio delle fragranze a uso personale e degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ha dimostrato l'azione congiunta del trasporto atmosferico a lunga distanza e dell'impatto umano locale (Vecchiato *et al.*, 2018). Tra questi spiccano alti livelli di

retene, direttamente legati alla polvere di carbone rimasta sul sito dopo i passati decenni di attività mineraria. In questo contesto si inseriscono anche altri progetti in corso in questi stessi anni, quali per esempio analisi sulla presenza di sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sia note che sconosciute, volte a chiarire la trasformazione fotochimica e la mobilitazione dovuta agli eventi di pioggia su neve. Parallelamente, gli studi sulla deposizione di *black carbon* da combustibili fossili si propongono di stimare l'effetto di inscurimento della superficie glaciale, processo che accelera l'assorbimento di radiazione e la fusione, mentre la ricerca su additivi delle plastiche, residui di pneumatici e anticorrosivi mira a estendere il monitoraggio ai contaminanti emergenti presenti su neve, suolo e permafrost.

Spostandosi negli *icefield* interni dell'arcipelago, le grandi masse nate dall'unione di vari flussi glaciali sovrastanti la topografia, le analisi della chimica della neve e del ghiaccio offrono tradizionalmente indicatori paleoclimatici utili per ricostruire le variazioni del clima del passato. Tuttavia, il rapido aumento delle temperature legato al cambiamento



Figura 9 - Analisi della stratigrafia del manto nevoso durante una snowpit sul Midtre Lovénbreen, aprile 2025 - ph Marek Levray

climatico e rinforzato dall'amplificazione artica sta mettendo a rischio la conservazione stessa di queste informazioni registrate nel ghiaccio. Un recente studio condotto su carote di ghiaccio estratte dall'Holtedahlfonna, un ghiacciaio nell'entroterra dell'arcipelago, ha evidenziato come l'intensificarsi della fusione estiva provochi la percolazione dell'acqua attraverso gli strati di neve, dilavando

i segnali chimici e isotopici accumulati negli ultimi decenni e degradando velocemente l'archivio paleoclimatico (Spolaor *et al.*, 2024). In continuità con queste indagini, le attuali ricerche sul campo puntano a colmare le lacune nei dati storici causate da questi processi di fusione e a comprendere l'evoluzione della composizione isotopica dell'ossigeno nei nuclei glaciali residui.

Estate

Con l'arrivo dei mesi estivi e la scomparsa del manto nevoso, le attività si spostano sul terreno al di fuori del villaggio, nei bacini d'acqua dolce e nel fiordo su cui si affaccia Ny Ålesund, il Kongsfjorden o Fiordo del Re. L'estate rappresenta il picco operativo per le indagini biologiche, ecologiche e oceanografiche e il periodo di massima occupazione della stazione artica.

Sulla terraferma, lo sgelto estivo riattiva la vegetazione polare. Tra le varie attività di ricerca, il monitoraggio ecofisiologico della flora (per esempio delle specie *Dryas octopetala* e *Saxifraga oppositifolia*) mediante indicatori di flussi gassosi ed emissioni di composti organici volatili (VOC) analizza come il riscaldamento globale e l'inverdimento (*greening*) modifichino le risposte funzionali delle piante artiche (Volterrani *et al.*, 2025). Al contempo,

lo sgelto stagionale dello strato attivo del permafrost, ovvero lo strato superficiale del terreno che annualmente attraversa cicli di gelo e disgelo, guida le dinamiche dell'idrologia superficiale e sotterranea e degli scambi gassosi tra l'atmosfera e la superficie. Nello specifico, le variazioni locali nell'umidità del suolo e nella vegetazione introducono un'ulteriore sorgente di variabilità nei bilanci di scambio di CO₂ all'interfaccia suolo-vegetazione-atmosfera (Magnani *et al.*, 2022). Di conseguenza, questi studi su scala locale mirano a ridurre le incertezze nei modelli previsionali e valutare se la tundra artica, sottoposta a rapido riscaldamento, agirà come serbatoio o sorgente di carbonio nei prossimi decenni.

Nei bacini d'acqua dolce attorno al villaggio, invece, le ricerche analizzano la struttura delle reti



Figura 10 - Veduta sulla piana del fiume Bayelva e il Vestre Brøggerbreen, di ritorno da un campionamento di suolo superficiale, agosto 2025 - ph Anna Baldo

trofiche lacustri. Lo studio degli isotopi stabili (per esempio di carbonio e azoto) sulla fauna invertebrata e sui pesci di lago ha rivelato una forte variabilità spaziale e temporale nelle catene alimentari, evidenziando la vulnerabilità delle comunità lacustri artiche di fronte all'alterazione delle risorse trofiche primarie causata da variazioni climatiche (Calizza *et al.*, 2016).

Spostandosi dalla terraferma al mare, nel Kongsfjorden il continuo apporto di acqua dolce derivante dalla intensa fusione dei ghiacciai e dal deflusso dei fiumi proglaciali impatta sulla salinità, la temperatura e la circolazione delle masse d'acqua, influenzando l'intero ecosistema del fiordo (Aliani *et al.*, 2016). In questo ambiente in rapida trasformazione, i cetacei vengono studiati come vera e propria specie sentinella. Infatti,

l'uso del monitoraggio acustico passivo permette di tracciare i cambiamenti nelle rotte migratorie e nei comportamenti alimentari dei grandi mammiferi marini in risposta al riscaldamento delle acque (Papale *et al.*, 2023). Tra gli ambiti in cui si sono svolti i più recenti campionamenti, è debito menzionare lo studio dell'arrivo, sulla scorta di più miti acque atlantiche, di specie ittiche non autoctone e di cosiddette specie "alla porta" (*door knocker species*), il cui monitoraggio molecolare e morfologico consente di individuare precocemente fenomeni di colonizzazione e alterazione della fauna locale. Infine, recenti campagne si sono focalizzate sullo studio del microbioma dei pesci artici, che permette di valutare come i batteri simbiotici e intestinali rispondano allo stress termico e alle variazioni ambientali.

Autunno

Con il progressivo svanire della luce solare e l'ingresso nella notte polare, le attività sul terreno aperto diminuiscono, lasciando spazio alla base Dirigibile Italia, a ricercatori dediti a sfruttare le condizioni ideali per indagini dedicate all'alta atmosfera e allo spazio vicino. L'assenza dell'irraggiamento solare diretto, infatti, minimizza le interferenze sulla ionosfera e facilita l'osservazione dei fenomeni aurorali e dei raggi cosmici.

Per comprendere gli effetti delle tempeste geomagnetiche e della dinamica solare sulle telecomunicazioni e sui sistemi di navigazione satellitare (GNSS), è in fase di sviluppo una rete coordinata di ricevitori software (SDR) ad alta latitudine, che consentirebbe il monitoraggio continuo in tempo reale della scintillazione ionosferica.

A queste rilevazioni si affiancano le osservazioni del sistema di monitoraggio aurorale coordinato

lungo il traliccio geomagnetico artico tra Svalbard e Groenlandia. L'analisi ottica simultanea dell'ovale aurorale permette infatti di studiare la risposta e la dinamica dei moti di convezione ionosferica durante le sub-tempeste geomagnetiche (Massetti *et al.*, 2002).

Infine, la posizione geografica di Ny Ålesund, collocata a ridosso del Polo Nord magnetico, offre una finestra privilegiata per la fisica delle particelle laddove lo scudo magnetico terrestre è più debole.

A tale campo di studi afferiscono le attività del progetto PolarquEEEst, che, mediante l'installazione di telescopi di tracciamento basati su scintillatori plastici e fotomoltiplicatori al silicio (SiPM), permette la misura ad alta precisione del flusso e dell'asimmetria dei muoni cosmici secondari a latitudini estreme, fornendo dati sulla componente di alta energia delle radiazioni spaziali (Abbrescia *et al.*, 2020).



Figura 11 - L'aurora notturna torna visibile sopra la base Dirigibile Italia all'arrivo della notte polare, ottobre 2025 - ph Anna Baldo

Il nuovo Artico

Questo articolato mosaico di indagini, che spazia dalla chimica della neve e dei ghiacciai allo studio dello strato limite atmosferico, dalle dinamiche degli ecosistemi terrestri e marini fino alla fisica dell'alta atmosfera, restituisce un quadro corale e dettagliato dell'Artico contemporaneo.

Le evidenze raccolte sul campo, in ambiente glaciale, terrestre o marino, mostrano come la regione polare stia cambiando sulla spinta di un riscaldamento globale che, in queste aree, risulta essere amplificato rispetto alle medie latitudini (Previdi *et al.*, 2021). Gli anni più recenti hanno inoltre confermato che tale riscaldamento non si limita a manifestarsi solamente durante i mesi estivi, ma che altera in modo pervasivo anche l'equilibrio della stagione fredda.

L'incremento in frequenza e intensità di anomali periodi caldi durante la notte polare, unitamente

al ritiro della criosfera terrestre, alla degradazione della criosfera marina e del permafrost, testimonia la transizione verso un regime climatico e ambientale nuovo per queste latitudini (Bradley *et al.* 2025).

In questa fase di rapida trasformazione, l'Artico manifesta una complessa riorganizzazione interna, in cui le alterazioni nei bilanci d'energia, nella circolazione marina e negli scambi di calore con le medie latitudini ridefiniscono direttamente gli equilibri dell'ecosistema polare.

I rilievi e le serie storiche di dati raccolti a Ny Ålesund rappresentano quindi un archivio fondamentale per provare a comprendere i meccanismi che regolano la regione artica, la sua evoluzione a lungo termine e gli impatti che avrà sul resto del pianeta.



Figura 12 - Campionamento settimanale di neve nei pressi di Gruvebadet, svolto in collaborazione tra CNR, AWIPEV e NPI, tardo febbraio 2025 - ph Fieke Rader

Bibliografia

- ABBRESCIA M., AVANZINI C., BALBI G., et al., (2020) - Results from the PolarquEEEst Missions - Journal of Physics: Conference Series 1561 (1): 012001- <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1561/1/012001>
- ALIANI S., SCIASCIA R., CORNESE I., et al., (2016) - Characterization of Seawater Properties and Ocean Heat Content in Kongsfjorden, Svalbard Archipelago - Rendiconti Lincei 27 (1): 155-62 - <https://doi.org/10.1007/s12210-016-0544-4>
- BARBARO E., ARDINI F., BECAGLI S., et al., (2026) - Drivers of Aerosol Variability in the High Arctic: Insights from Integrated Observations at Gruvebadet and Zeppelin (Ny-Ålesund) - EGUsphere, April 9, 1-37 - <https://doi.org/10.5194/egusphere-2026-1467>
- BRADLEY J.A., MONCAYO MORALES L., GALLO G., et al., (2025) - Svalbard Winter Warming Is Reaching Melting Point - Nature Communications 16 (1): 6409 - <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60926-8>
- CALIZZA E., COSTANTINI M.L., ROSSI D., PASQUALI V., CAREDDU G., ROSSI L. (2016) - Stable Isotopes and Digital Elevation Models to Study Nutrient Inputs in High-Arctic Lakes - Rendiconti Lincei 27 (1): 191-99 - <https://doi.org/10.1007/s12210-016-0515-9>
- GIARDI F., BECAGLI S., TRAVERSI R., et al., (2016) - Size Distribution and Ion Composition of Aerosol Collected at Ny-Ålesund in the Spring-Summer Field Campaign 2013 - Rendiconti Lincei 27 (1): 47-58 - <https://doi.org/10.1007/s12210-016-0529-3>
- LUPI A., BUSETTO M., BECAGLI S., et al., (2016) - Multi-Seasonal Ultrafine Aerosol Particle Number Concentration Measurements at the Gruvebadet Observatory, Ny-Ålesund, Svalbard Islands - Rendiconti Lincei 27 (1): 59-71- <https://doi.org/10.1007/s12210-016-0532-8>
- MAGNANI M., BANESCHI I., GIAMBERINI M.S., RACO B., PROVENZALE A. (2022) - Microscale Drivers of Summer CO₂ Fluxes in the Svalbard High Arctic Tundra - Scientific Reports 12 (1): 763. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04728-0>
- MARKOWSKI P., RICHARDSON Y. (2011) - Mesoscale Meteorology in Midlatitudes - John Wiley & Sons
- MASSETTI S., ORSINI S., CANDIDI M., KAURISTIE K. (2002) - Dayside Pulsed Aurora Intensifications, Observed by ITACA during Constant Interplanetary Magnetic Field $B_z \sim 0$ and $B_y \ll 0$ - Journal of Geophysical Research: Space Physics 107 (A9): SMP 19-1-SMP 19-11- <https://doi.org/10.1029/2001JA009204>
- MAZZOLA M., VIOLA A.P., LANCONELLI C., VITALE V. (2016) - Atmospheric Observations at the Amundsen-Nobile Climate Change Tower in Ny-Ålesund, Svalbard - Rendiconti Lincei 27 (1): 7-18 - <https://doi.org/10.1007/s12210-016-0540-8>
- PAPALE E., PELAGATTI M., PEDRAZZI G., BUSCAINO G. (2023) - Occurrence and Patterns of Fin Whale Songs Reveal Alternative Migration Strategies in Svalbard Islands, Norway - Scientific Reports 13 (1): 4436. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31665-x>
- PREVIDI M., SMITH K.L., POLVANI L.M. (2021) - Arctic Amplification of Climate Change: A Review of Underlying Mechanisms - Environmental Research Letters 16 (9): 093003 - <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1c29>
- SCOTO F., PAPPACCOGLI G.L., MAZZOLA M., et al., (2023) - Automated Observation of Physical Snowpack Properties in Ny-Ålesund - Frontiers in Earth Science 11 (March) - <https://doi.org/10.3389/feart.2023.112398>
- SPOLAOR A., SCOTO F., LAROSE C., et al., (2024) - Climate Change Is Rapidly Deteriorating the Climatic Signal in Svalbard Glaciers - The Cryosphere 18 (1): 307-20 - <https://doi.org/10.5194/tc-18-307-2024>
- VOLTERRANI C., AUGUSTI A., PALLOZZI E., D'ALÒ F., BRUNOLI E., GAVRICHKOVA O. (2025) - The Arctic Tundra: Key Drivers of the Carbon Cycle under Changing Climate - Conferenza CNR IRET 2025: Risultati e Prospettive per La Gestione Integrata Degli Ecosistemi Del Futuro - https://iris.unive.it/bitstream/10278/5105490/1/ABSTRACT_BOOK_IRET_2025.pdf