



## **Progetto di Interesse strategico NEXTDATA**

Rendicontazione scientifica per il primo anno di attività: **01/01/2012-31/12/2012**

### **WP 2.6: Portale di accesso ai dati e studi pilota di utilizzo dei dati (resp. A. Provenzale, CNR-ISAC)**

Partners: CNR-ISAC, URT Ev-K2-CNR, CMCC, CASPUR, ICTP, ENEA

#### **1. Attività prevista e risultati attesi**

Definizione delle caratteristiche informatiche del Portale Generale di accesso ai dati, delle metodiche di armonizzazione e delle procedure di accesso ai diversi sottoarchivi che saranno compresi nel portale, provenienti sia dai gruppi coinvolti nel progetto che da altre realtà. Primo incontro annuale di tutti i ricercatori e tecnici coinvolti nel progetto per discutere le esigenze di accesso ai dati e per definire gli studi pilota da svolgere durante il progetto. Inizio dei primi studi pilota, che includono: (a) risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum e interazione fra monsoni e perturbazioni delle medie latitudini; (b) analisi dei cambiamenti della biodiversità terrestre in zone d'alta quota delle Alpi italiane nord-occidentali; (c) cambiamenti nella copertura nevosa e nel ciclo idrologico sulle Alpi e sugli Appennini; (d) effetto degli aerosol in zone d'alta quota; (e) preparazione di una simulazione multi-secolare per il bacino del Mediterraneo. Sarà organizzata una struttura per svolgere corsi estivi di livello dottorale e post-dottorale dedicati all'analisi dei cambiamenti climatici e ambientali in ambiente montano e alla dinamica dell'ambiente d'alta quota. Sarà identificata mediante procedura di evidenza pubblica la struttura che realizzerà il Portale Generale di accesso ai dati e saranno attivate procedure di evidenza pubblica per identificare alcune delle strutture che parteciperanno agli studi pilota. Relazione generale sulle attività del primo anno e primi risultati degli studi pilota.

Milestone M2.6.1 (PM12): Risultati preliminari dei primi studi pilota.

#### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Deliverable D2.6.1 (PM12): La relazione sui risultati degli studi pilota è stata completata.

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### **3.1 Attività di ricerca**

Sono state definite le caratteristiche del Portale Generale di accesso ai dati, come illustrato in dettaglio nel seguito.

Sono state svolte tutte le attività di ricerca relative agli studi pilota previsti per il primo anno di attività, riportate in dettaglio nel seguito con una scheda specifica per gli studi pilota (a-d). Lo studio pilota sulla preparazione di una simulazione multi-secolare per il bacino del Mediterraneo (e) è iniziato, come previsto, solo alla fine del primo anno e verrà descritto in dettaglio nella relazione del secondo anno.

Sono stati identificati nuovi studi pilota da iniziare nel secondo anno, che includono la realizzazione di un nuovo data-base generale dei ghiacciai italiani e l'analisi degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi montani.

Sono in corso accordi di collaborazione di ricerca e accesso ai dati fra il Progetto NextData e il programma HyMeX, la European Climate Research Alliance (ECRA) e il Programma GEO/GEOSS.

La prima riunione generale dei partecipanti al Progetto NextData si è tenuta nella sede del Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DTA) del CNR a Roma il 23 gennaio 2012 e la seconda riunione si è tenuta nella stessa sede il 17 ottobre 2012. Si sono inoltre succedute numerose riunioni specifiche per i vari studi pilota e per la definizione del sito web e delle caratteristiche del Portale Generale.

#### **3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici**

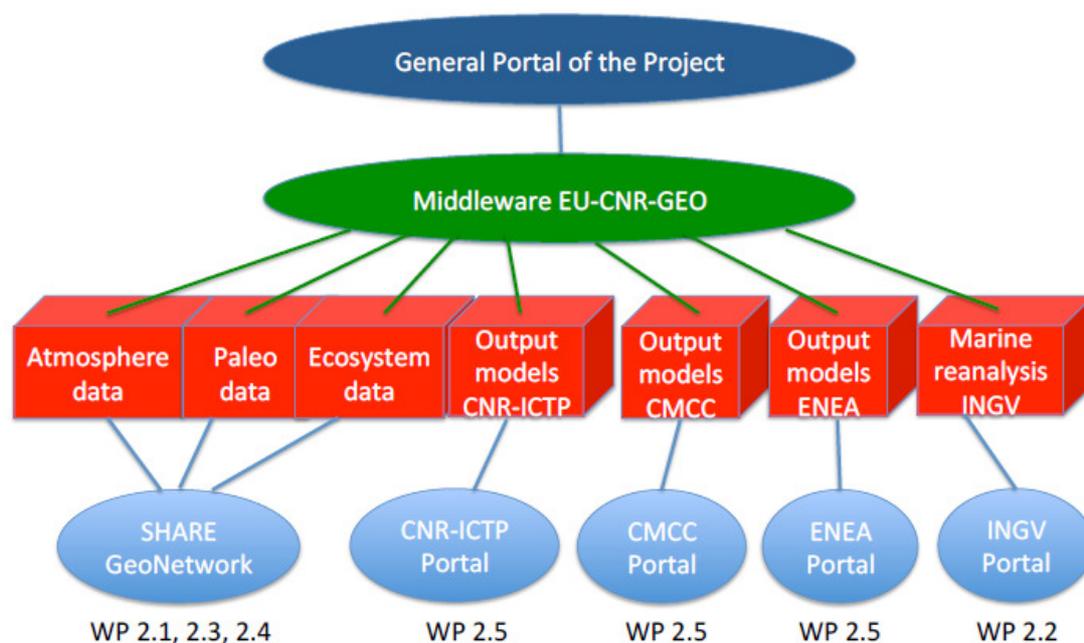
E' stato realizzato il sito web del Progetto NextData, [www.nextdataportale.it](http://www.nextdataportale.it), che includerà un collegamento al Portale Generale, in via di costruzione e la cui apertura ai partecipanti al progetto è prevista per la fine del secondo anno.

Sono state identificate le caratteristiche del Portale Generale, suddiviso nei due principali archivi di dati al suolo (basato su SHARE GeoNetwork) e di dati grigliati, di rianalisi e simulazioni numeriche (che utilizzerà server THREDDS). Nel corso del primo anno la collaborazione di alcuni partner (CNR-ISAC, URT Ev-K2-CNR, CMCC, CASPUR) ha contribuito alla definizione delle caratteristiche dei portali dati che costituiranno la struttura portante del Portale Generale del progetto, contribuendo alla definizione e all'armonizzazione delle metodologie di archivio e di accesso ai dati che verranno resi disponibili per mezzo dei portali.

Il Portale Generale comprenderà una parte di *Middleware* che permetterà di accedere ai portali tematici sviluppati dai diversi enti e relativi ai singoli WorkPackage, così come di accedere direttamente agli archivi dei dati. Questa struttura è analoga e completamente compatibile con la struttura del Portale del Programma internazionale GEO/GEOSS, in cui il Progetto NextData si pone come un essenziale contributo italiano. La figura nel seguito illustra schematicamente la struttura del Portale Generale di NextData. L'esistenza di diversi portali specifici presso i diversi partner per il WP2.5 (simulazioni numeriche) è motivata dalla necessità di non spostare moli enormi di dati

numerici (centinaia di Terabyte) ma di accedere direttamente agli archivi dove tali dati sono conservati. Al contrario, per i dati al suolo (sia relativi al presente che paleoclimatici, WP2.1, WP2.2, WP2.3) sarà realizzato un unico server dove i dati verranno conservati e mantenuti, unitamente ad un server *mirror* di backup.

## General Portal and archives - NextData



Come previsto nel Piano Esecutivo, l'implementazione del Portale Generale e dell'interoperabilità degli archivi è stata oggetto di una specifica procedura per la presentazione di manifestazioni di interesse, pubblicata il 20 novembre 2012 sul sito del CNR, del DTA e del Progetto NextData. L'invito a presentare manifestazioni di interesse si chiuderà il 25 gennaio 2013 e la selezione dei progetti presentati sarà effettuata nei mesi di febbraio e marzo 2013.

Sono inoltre stati ottenuti sviluppi tecnologici e numerici per permettere l'effettuazione degli studi pilota. Il CMCC ha sviluppato un modello accoppiato oceano-atmosfera ad alta risoluzione per l'area Mediterranea, costituito dalla componente atmosferica COSMO-CLM e dalla componente oceanica NEMO-MFS. Attualmente, la componente atmosferica del modello (COSMO) è implementata a risoluzioni di circa 50 e 25 km, ma si prevede nel proseguo del progetto di arrivare a 14 km, mentre la componente oceanica del modello (modello del Mar Mediterraneo NEMO-MFS) è stata implementata a una risoluzione di circa 6.7 km. Tale modello accoppiato per l'area del Mediterraneo verrà utilizzato per eseguire le simulazioni previste nell'ambito degli studi pilota. Nello stesso periodo, il CMCC in collaborazione con gli altri partner del progetto ha cominciato il disegno di una serie di esperimenti mirati alla ricostruzione della variabilità del clima nella regione del Mar Mediterraneo nel passato e alla produzione di proiezioni climatiche per il futuro, per estendere i risultati già ottenuti nell'ambito del progetto CIRCE. Il CNR-ISAC ha continuato l'utilizzo e lo sviluppo del modello climatico globale EC-Earth e l'analisi dei relativi output. CNR-ISAC e ICTP hanno analizzato gli output delle simulazioni regionali effettuate nell'ambito del progetto da ICTP con il modello climatico regionale RegCM per la regione Himalaya-Karakorum. Il CNR-ISAC ha anche sviluppato una procedura di simulazione

atmosferica non-idrostatica ad alta risoluzione, basata sul modello WRF innestato in ERA-Interim e negli scenari prodotti dal modello climatico globale EC-Earth e girato su ampie regioni del globo con risoluzione da 22 km a 3.5 km circa, per fornire gli output necessari per la conduzione degli studi pilota.

### **3.3 Attività di formazione**

Sono stati espletati i concorsi per quattro Assegni di Ricerca, tre Borse di Studio e una Borsa di Dottorato di Ricerca su tematiche legate agli studi pilota del Progetto NextData.

E' stata completata una Tesi di Laurea Magistrale sulla precipitazione in Hindu-Kush - Karakorum - Himalaya.

E' stato dato un contributo scientifico e organizzativo al Corso "Climate, aerosols and the cryosphere", XX corso della Scuola internazionale "Fundamental Processes in Geophysical Fluid Dynamics and the Climate System", giugno 2012, Valsavarenche (AO). E' in corso di organizzazione il XXI corso della stessa Scuola internazionale, che sarà intitolato "Climate Change and the Mountain Environment" e sarà organizzato nell'ambito del Progetto NextData nel giugno 2013, come primo passo per la creazione di una struttura per corsi e scuole dottorali e post-dottorali dedicati al clima e all'ambiente montano.

### **3.4 Attività di disseminazione e divulgazione**

Il Progetto di Interesse NextData è stato presentato in diversi contesti sia scientifici che di pubblico generale. In particolare, il progetto è stato presentato all'Accademia delle Scienze di Torino, all'Accademia dei Lincei, a RAI Parlamento, a ICIMOD (Nepal), alla Nepal Academy of Sciences and Technology (NAST), alla European Climate Research Alliance (ECRA), all'Università di Barcellona, alla riunione dello International Group of Funding Agencies (IGFA), a rappresentanti del Belmont Forum, alla World Bank e alla InterAmerican Development Bank a Washington, ed è stato presentato come un importante contributo italiano all'implementazione del Programma internazionale GEO/GEOSS. Il Progetto è stato presentato anche in diverse conferenze divulgative sul clima e i suoi impatti in scuole e musei. E' stato tradotto in inglese il volume "Che cosa è il Global Warming", ora in stampa per la distribuzione gratuita nelle scuole medie del Nepal e del Nord del Pakistan (Karakorum). Sono state tenute svariate conferenze divulgative sui cambiamenti climatici in zone montane, che hanno permesso di presentare al pubblico generico e alle scuole il progetto NextData.

### **3.5 Partecipazione a conferenze**

Le attività degli studi pilota sono state presentate a diverse conferenze, come illustrato nelle schede specifiche.

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### **4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)**

Gli studi pilota hanno prodotto importanti risultati, descritti in dettaglio nelle schede specifiche.

## **4.2 Pubblicazioni**

Sono in corso di stampa due pubblicazioni, inviate a riviste scientifiche specializzate nel corso del 2012.

## **4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)**

Descritto nelle schede specifiche per gli studi pilota.

## **4.4 Deliverables completati**

Contributo al Deliverable 2.6.1 sui risultati degli studi pilota nel primo anno.

## **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Non si sono riscontrate particolari criticità né scostamenti rispetto a quanto previsto nel Piano Esecutivo del progetto per il primo periodo di attività.

## **6. Attività previste per il secondo anno**

Prima versione del Portale Generale di accesso ai dati e apertura del portale ai ricercatori coinvolti nel progetto e agli specifici gruppi esterni che collaborano al progetto, per testare il funzionamento e la fruibilità degli archivi. Presa di contatto con realtà produttive e industriali per l'utilizzo dei dati da parte degli utenti privati e delle imprese. Incontro annuale dei ricercatori e tecnici impegnati nel progetto, aperto ai gruppi che hanno messo a disposizione i dati, a specifiche componenti della comunità scientifica e delle realtà produttive e di impresa. Risultati finali di alcuni degli studi pilota sull'impatto dei cambiamenti climatici iniziati nel primo anno. Inizio di ulteriori studi pilota che includono: (a) misura e simulazione della precipitazione in zone d'alta quota; (b) analisi degli effetti dei cambiamenti climatici e ambientali sulla salute nella regione HKKH; (c) simulazione del clima mediterraneo negli ultimi secoli e confronto con i dati da carote di ghiaccio e sedimentarie; (d) effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi montani; (e) risposta dei ghiacciai alpini ai cambiamenti climatici. Organizzazione di due incontri semestrali dei ricercatori impegnati nella conduzione degli studi pilota, per fornire eventuali suggerimenti sulla modifica delle strategie di misura e archiviazione dei dati. Continuazione delle attività di scuole estive sulla dinamica dell'ambiente montano. Incontro di "mid term" per l'eventuale ridefinizione di alcune strategie del progetto. Saranno attivate le rimanenti procedure di evidenza pubblica per identificare strutture che parteciperanno agli studi pilota (in particolare, su temi di ecosistemi montani e ciclo idrologico montano). Relazione generale sulle attività del secondo anno, incontri e articoli divulgativi sulle attività del progetto. Continuerà il lavoro di archiviazione, armonizzazione e pubblicazione dei dati climatici prodotti dai modelli climatici per mezzo del portale dati e in coordinamento fra i vari partner partecipanti al progetto; continuerà la produzione delle simulazioni numeriche globali e regionali pianificate nell'ambito degli studi pilota previsti dal progetto; verrà completato il lavoro di analisi e caratterizzazione dei meccanismi di variabilità climatica e la quantificazione di come questi possono essere alterati dal cambiamento climatico di natura antropogenica, nell'ambito degli studi pilota.

# **Studio pilota 2.6.a: Risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum e interazione fra monzone e perturbazioni delle medie latitudini (resp.: Elisa Palazzi, CNR-ISAC)**

## **1. Attività prevista e risultati attesi**

Le attività descritte in questo report riguardano lo studio pilota: “Risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum (HKKH) e interazione fra monzone e perturbazioni delle medie latitudini” (responsabile: Dr. Elisa Palazzi, CNR-ISAC), previsto nell’ambito del WP 2.6. Questo studio pilota utilizza gli archivi di dati osservativi e modellistici messi a disposizione nell’ambito del progetto per studiare i pattern di precipitazione, la stagionalità ed i trend a lungo termine nella regione dell’Hindu-Kush Karakoram Himalaya (HKKH), evidenziando le differenze tra il settore occidentale e orientale della regione, e per affrontare il problema scientifico dell’interazione tra circolazione tropicale e circolazione delle medie latitudini nella regione HKKH. Con questo lavoro ci si propone di contribuire agli studi di impatto sulla disponibilità di risorse idriche presenti e future in Karakorum e Himalaya.

## **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Contributo al deliverable 2.6.1 con i risultati dello studio pilota: “Risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum (HKKH) e interazione fra monzone e perturbazioni delle medie latitudini.”

Questo deliverable include una descrizione delle ricerche e dei risultati ottenuti nel primo anno di attività del progetto, relativi allo studio della precipitazione nella regione HKKH con particolare riferimento alla precipitazione invernale in Karakorum, riconducibile all’attività dei western weather patterns, perturbazioni in arrivo dall’Atlantico e dal Mediterraneo.

Il deliverable è composto da tre sezioni. La prima riguarda lo studio, effettuato nei primi sei mesi di attività, della precipitazione nelle regioni Hindu-Kush Karakorum e Himalaya (climatologia, stagionalità, variabilità interannuale e trend passati e futuri di precipitazione), mediante uso di dati osservativi, rianalisi e di un modello globale di Clima (EC-Earth). La seconda sezione analizza più in dettaglio la precipitazione e la temperatura nella regione HKK e utilizza dati di stazioni al suolo (in tutto 16) in Pakistan settentrionale gestite e mantenute da diverse agenzie; in particolare, vengono analizzate la variabilità spaziale (sia orizzontale che verticale) di temperatura e precipitazione e le tendenze a lungo termine in corrispondenza delle single stazioni. Infine, la terza sezione descrive le caratteristiche della circolazione sinottica stagionale nella regione HKK, allo scopo di meglio comprendere l’origine della precipitazione invernale su questa regione e tracciare le traiettorie delle masse d’aria cariche di umidità in arrivo sulle regione montuose del nord del Pakistan. Il deliverable si conclude con una sezione finale in cui vengono sintetizzate le attività del primo anno nell’ambito di questo studio pilota e i principali risultati sino ad ora ottenuti.

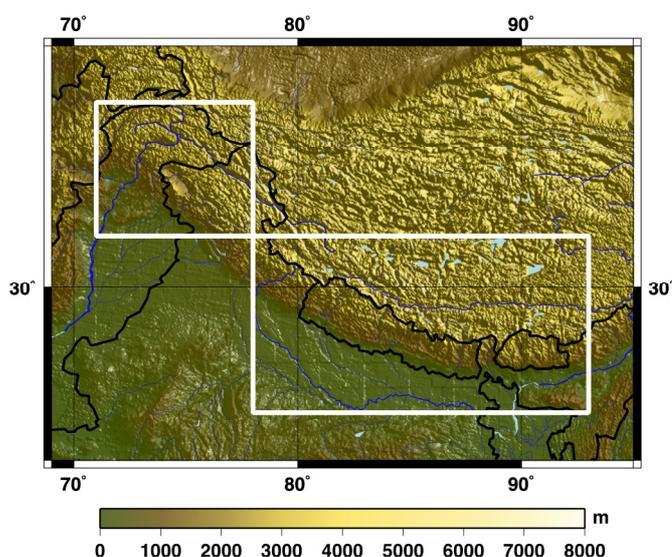
## **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

### **3.1 Attività di ricerca**

Nei primi sei mesi di attività è stata effettuata l’analisi della precipitazione nella regione HKKH, utilizzando vari dataset di precipitazione osservativi, di rianalisi, e provenienti da simulazioni effettuate con un modello globale di clima (GCM) realizzate presso CNR-ISAC. In particolare, sono stati analizzati dati provenienti da stazioni al suolo interpolati su griglie regolari e raccolti in archivi dedicati (i dataset APHRODITE, CRU, GPCC), dati satellitari (TRMM), archivi di dati che combinano informazione al suolo con dati satellitari (archivio GPCP), dati di rianalisi (ERA-Interim) e dati di

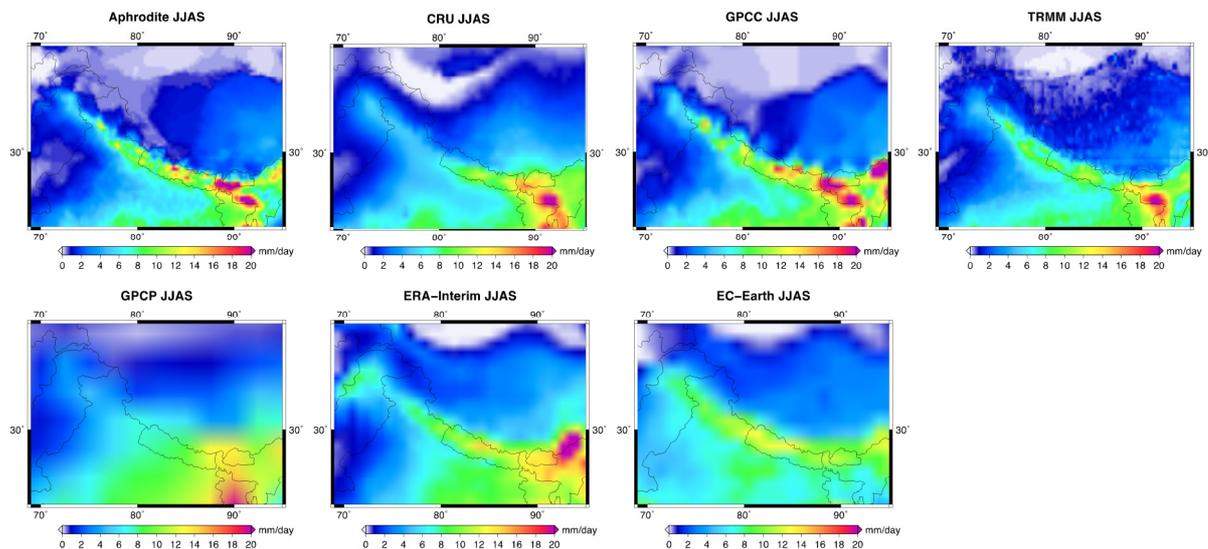
precipitazione prodotta dal GCM “EC-Earth”. Una descrizione dettagliata delle caratteristiche dei vari dataset, del loro uso e dei risultati ottenuti in questo lavoro sono riportati nel deliverable D2.6.a rilasciato contestualmente alla presente relazione, oltre che nell’articolo in fase di pubblicazione sul Journal of Geophysical Research: “Precipitation in the Hindu-Kush Karakoram Himalaya: observations and future scenarios”, di E. Palazzi, J. von Hardenberg e A. Provenzale.

Sono state identificate due specifiche sotto-regioni dell’HKKH, mostrate in Figura 1, che differiscono per pattern di circolazione, quantità e distribuzione della precipitazione e, di conseguenza, anche dinamica dei ghiacciai: la regione HKK (Hindu-Kush Karakorum) a ovest e la regione Himalayana a est. Infatti, la complessa topografia, le caratteristiche delle circolazioni a larga scala e delle risposte climatiche in diverse porzioni della regione HKKH ne impediscono una descrizione in termini di un’unica regione e rendono necessaria una suddivisione della stessa in sotto-regioni, come le due da noi identificate.



**Figura 1.** Area di studio e definizione delle sotto-regioni HKK (ovest) ed Himalaya (est).

Nello specifico è stato analizzato il ciclo annuale della precipitazione (ove possibile, distinguendo i contributi pioggia-neve), la variabilità interannuale e i trend a lungo termine. I vari dataset osservativi sono stati confrontati tra loro mettendone in evidenza i rispettivi bias. Il modello EC-Earth è stato valutato/validato nella regione HKKH mediante confronto con gli altri dataset. La Figura 2 riporta, a titolo di esempio, la media multi-annuale (1998-2007) della precipitazione estiva (JJAS, Luglio-Settembre) nella regione di interesse e precisamente tra 69°-95°E e 23°-39°N, per i dataset APHRODITE, CRU, GPCC, TRMM, GPCP, ERA-Interim e per il modello EC-Earth. I vari dataset riproducono in maniera coerente le caratteristiche principali della precipitazione estiva nella regione HKKH: la precipitazione è concentrata nella parte più orientale del range Himalayano e decresce muovendosi da sud-est verso nord-ovest. Le regioni montuose del Pakistan settentrionale sono piuttosto secche in estate, a indicare che il regime dominante che caratterizza questa regione non è quello associato al flusso monsonico estivo.



**Figura 2.** Media multi-annuale (1998-2007) della precipitazione estiva nella regione compresa tra 69°-95°E e 23°-39°N, ottenuta dall'analisi dei dataset APHRODITE, CRU, GPCC, TRMM, GPCP, ERA-Interim e del modello EC-Earth.

Il ciclo annuale di precipitazione è ben riprodotto (non mostrato in questo report, vedere il deliverable di riferimento) dai vari dataset, sia nella regione HKK che in Himalaya. In HKK si osserva una distribuzione della precipitazione bimodale a indicare le due principali sorgenti di precipitazione nella regione: le perturbazioni occidentali in inverno e il monzone indiano in estate. La regione Himalayana, dominata dal monzone estivo, è invece caratterizzata da una distribuzione della precipitazione unimodale, con un picco centrato attorno al mese di luglio.

Le serie temporali di precipitazione ottenute dall'analisi dei vari dataset per il periodo 1950-2010 riproducono, nonostante la presenza di bias tra gli stessi, la variabilità interannuale della precipitazione in modo coerente. Nessuno dei dataset mostra trend significativi di precipitazione nella regione HKK in inverno. Trend significativi di diminuzione della precipitazione negli ultimi 50 anni sono invece presenti in Himalaya, in base all'analisi effettuata sui tre dataset più lunghi a disposizione (APHRODITE, CRU and GPCC). L'analisi effettuata sugli output del modello globale di clima EC-Earth indica, al contrario di quanto evidenziato dalle osservazioni, un trend positivo di precipitazione in Himalaya in estate; una possibile spiegazione del disaccordo tra modello e osservazioni va ricercata nella non corretta rappresentazione degli effetti dell'aumento dell'aerosol atmosferico dovuto a processi di combustione in Asia nel modello che abbiamo utilizzato.

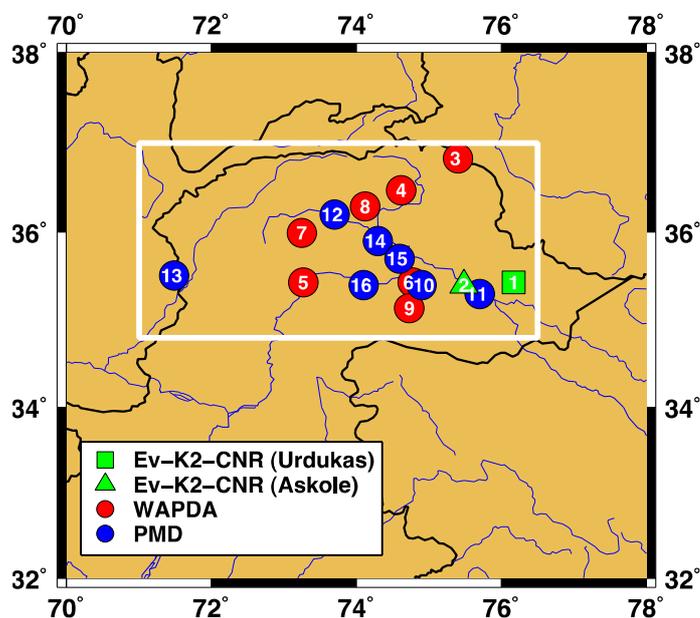
Otto membri del modello EC-Earth sono stati analizzati anche per fornire proiezioni future di precipitazione nelle due sotto-regioni e in due diversi scenari di emissione definiti dall'IPCC: RCP 4.5 e RCP 8.5. I risultati mostrano per lo scenario RCP 4.5 un trend positivo nelle precipitazioni estive nella regione Himalayana fino al 2050, seguito da un lieve trend decrescente. Nello scenario più estremo, RCP 8.5, le precipitazioni estive nella regione Himalayana sono previste in aumento per tutta la durata del secolo, accompagnate da un aumento dell'intensità delle precipitazioni, e da una diminuzione del numero di giorni piovosi. L'indice di intensità idroclimatica "HY-INT", di recente introduzione, è caratterizzato da un trend positivo fino al 2100, a indicare una transizione verso precipitazioni monsoniche più episodiche ma intense. HY-INT è definito come il prodotto tra la precipitazione media (mm/giorno) e la lunghezza media dei periodi secchi (giorni), entrambi normalizzati ai loro valori in un dato periodo di riferimento. Questo indice è sensibile a entrambe le quantità che lo definiscono ed è stato identificato come una caratteristica onnipresente del riscaldamento globale del XXI secolo. In generale, i risultati delle simulazioni effettuate con il modello globale di clima EC-Earth sono in

linea con le proiezioni fornite dalla maggior parte dei modelli allo stato dell'arte, che indicano un aumento degli estremi di precipitazione, della durata dei periodi secchi e della precipitazione monsonica fino alla fine del ventunesimo secolo, in risposta all'aumento di umidità contenuta nella colonna d'aria associata all'aumento della temperatura per effetto dell'aumento delle concentrazioni di gas a effetto. Data l'importanza dell'aerosol atmosferico in termini di influenza sui regimi di circolazione nelle regioni monsoniche, le proiezioni future in tali regioni dovrebbero essere ulteriormente verificate con modelli che includono una trattazione interattiva degli effetti termodinamici e radiativi dei vari tipi di aerosol atmosferici.

Nella seconda metà dell'anno, è stata effettuata un'analisi più specifica della precipitazione e della temperatura nella parte occidentale della regione HKKH, da parte di CNR-ISAC in collaborazione con Ev-K2-CNR e con l'Institute of Information Technology di Abbottabad (Pakistan). In particolare, è stata analizzata la variabilità spaziale, sia orizzontale che verticale, di precipitazione e temperatura nella regione montuosa del Pakistan settentrionale, sfruttando la disponibilità di dati misurati da varie stazioni meteorologiche in-situ. In particolare, abbiamo analizzato:

- 1) Dati orari di temperatura e precipitazione misurati (insieme alle altre variabili meteorologiche standard) nelle stazioni meteorologiche automatiche di Askole e Urdukas (Ghiacciaio del Baltoro, Baltistan) installate nel 2004-2005 nell'ambito del progetto SHARE-Paprika da Ev-K2-CNR in collaborazione con il Pakistan Meteorological Department (PMD)
- 2) Dati giornalieri e mensili di precipitazione e temperatura (massima e minima) misurati in altre 14 stazioni localizzate a diverse quote nella regione del bacino settentrionale del fiume Indo gestite dal PMD e dalla Water and Power Development Authority (WAPDA) del Pakistan.

La distribuzione geografica delle stazioni in-situ analizzate in questo studio è riportata in Figura 3.

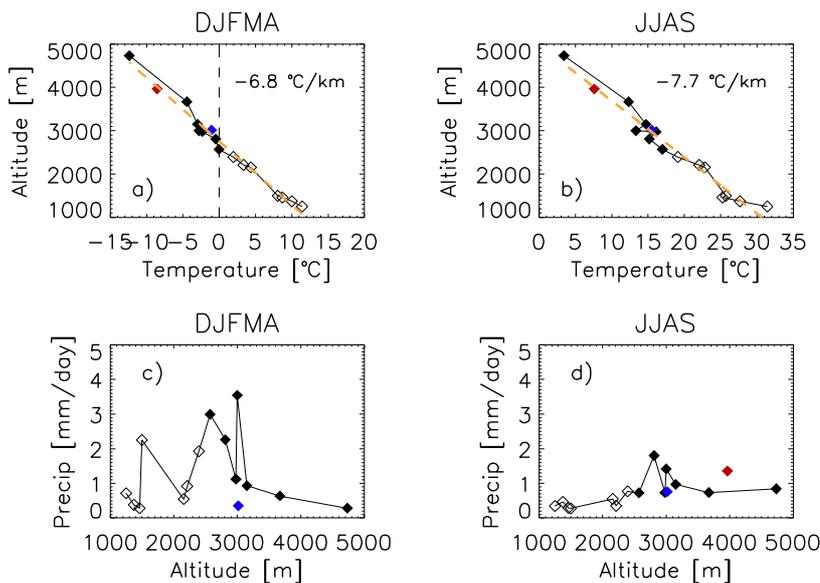


**Figura 3.** Distribuzione geografica delle sedici stazioni in-situ analizzate in questo studio: Ev-K2-CNR (verde), WAPDA (rosso) e PMD (blu)

Abbiamo utilizzato le serie temporali più lunghe tra quelle disponibili (dati PMD) per analizzare i trend di temperatura massima, minima e media e quelli di precipitazione totale e intensità della precipitazione in corrispondenza delle stazioni considerate. I risultati indicano, per il periodo 1960-2000, un generale declino delle temperature

medie e minime estive e un aumento delle temperature medie e massime invernali. Essi indicano, inoltre, un aumento delle precipitazioni invernali. Questi risultati sono in accordo con gli studi riportati sulla letteratura corrente relativi alla regione e al periodo oggetto di studio.

Sfruttando la disponibilità di dati nelle sedici stazioni, è stato effettuato uno studio volto a determinare quanto le misure di temperatura e precipitazione nei diversi siti di misura fossero rappresentative di tutta la regione del bacino settentrionale del fiume Indo. In altri termini, è stata verificata la “coerenza” spaziale della precipitazione e temperatura in questa regione, calcolando i coefficienti di correlazione tra le serie temporali misurate nelle varie stazioni. Ciò è stato utile poiché i dati di temperatura e precipitazione misurati in tutte le stazioni sono stati utilizzati per calcolare un gradiente verticale medio di precipitazione e un lapse rate medio di temperatura rappresentativi dell’intera area settentrionale del Pakistan. Questi ultimi, per le stagioni estiva ed invernale, sono mostrati in Figura 4.

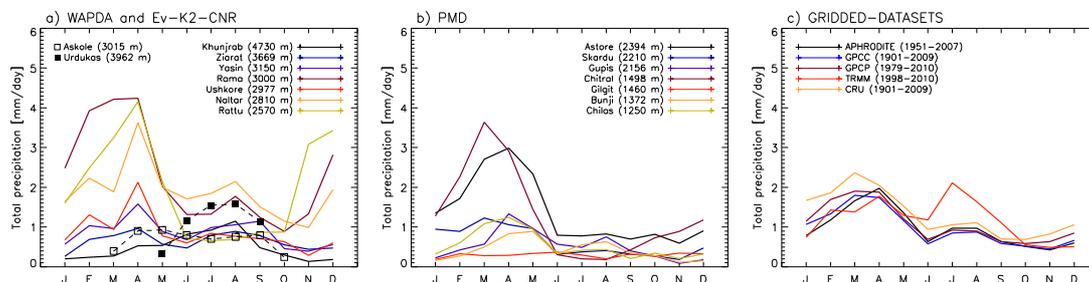


**Figura 4.** Lapse rate di temperatura (a,b) e precipitazione (c,d) invernale (a,c) ed estivo (b,d) calcolati a partire dalle misure ad Askole (blu), Urdukas (rosso), nelle stazioni PMD (rombi vuoti) e WAPDA (rombi pieni).

Il fit lineare dei dati fornisce un lapse rate di temperatura nella regione del bacino settentrionale del fiume Indo pari a  $-6.8 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ } 100 \text{ m}^{-1}$  in inverno (a) e  $-7.7 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ } 100 \text{ m}^{-1}$  in estate (b), valori che non si scostano molto dal lapse rate adiabatico umido dell’atmosfera, pari a  $-6.5 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ } 100 \text{ m}^{-1}$ , definito dalla “International Civil Aviation Organization” (ICAO). Questi risultati evidenziano come la coerenza spaziale (orizzontale) delle temperature nel bacino settentrionale del fiume Indo, sia in estate che in inverno, si manifesti anche per più brevi distanze lungo la direzione verticale. L’analisi della variabilità verticale della precipitazione mostrata in Figura 4c e 4d evidenzia che la precipitazione aumenta con la quota fino a circa 3,000 m (ben evidente nella stagione estiva), per poi decrescere. Il fatto che alle quote più elevate la precipitazione osservata diminuisca con la quota anziché aumentare è imputabile alla nota sottostima da parte dei pluviometri della precipitazione di tipo nevoso.

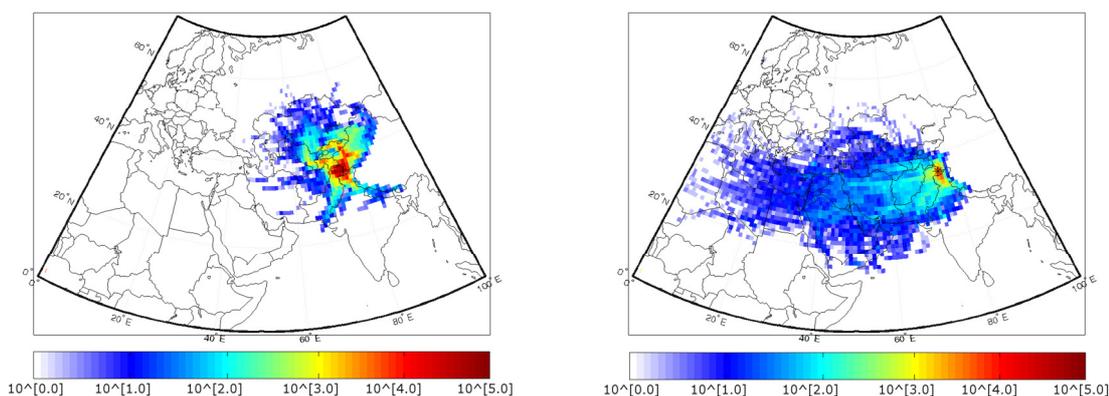
I dati puntuali di precipitazioni delle sedici stazioni sono stati utilizzati per analizzare il ciclo annuale della precipitazione in corrispondenza dei siti di misura, definendo in tal modo gli apporti in termini di precipitazione al ciclo idrologico della regione in estate e in inverno. Il ciclo annuale medio di precipitazione in corrispondenza delle sedici stazioni è mostrato in Figura 5 (a,b). La figura 5c mostra ancora una volta il ciclo annuale di precipitazione ma mediato nella regione definita dal rettangolo bianco in Figura 3, ottenuto a partire da alcuni tra i dataset grigliati di precipitazione menzionati in precedenza (APHRODITE, GPCP, GPCC, CRU e TRMM). Le curve mostrate in Figura

5a e 5b mostrano differenze probabilmente legate alla posizione geografica delle singole stazioni, la presenza dei rilievi, la quota, l'esposizione a diversi regimi di vento; ciò nonostante, una caratteristica che emerge chiaramente dalle curve mostrate nei tre pannelli di Figura 5 (anche quelle che si riferiscono alla media spaziale del ciclo annuale, e non necessariamente al ciclo annuale nei singoli siti di misura) è che, durante un anno "medio", la precipitazione invernale (Dicembre-Aprile) in genere è dominante rispetto a quella estiva (Giugno-Settembre).

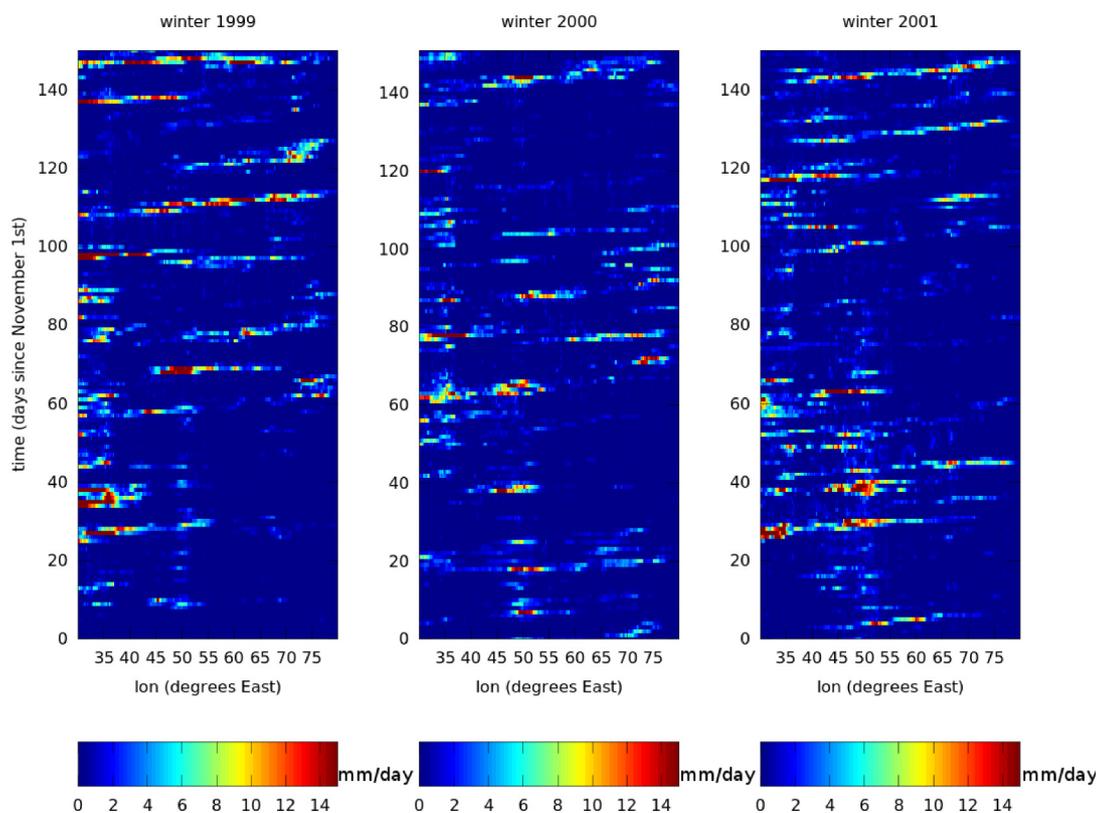


**Figura 5.** Ciclo annuale medio della precipitazione ricavato dalle misure effettuate nelle stazioni (a) WAPDA e EV-K2-CNR, (b) PMD e (c) ottenuto da cinque dataset di precipitazione grigliata ottenuti interpolando stazioni al suolo e da dati satellitari (vedere legenda).

Al fine di studiare le proprietà della circolazione a scala sinottica ed i suoi effetti nella regione del Pakistan settentrionale, abbiamo analizzato retro-traiettorie della durata di 6 giorni costruite con il modello di traiettorie "Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPPLIT) Model" (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPPLIT.php>). Le traiettorie sono calcolate a partire dai dati operazionali del "Global Data Assimilation System (GDAS)" del centro statunitense NCEP (United States National Centres for Environmental Prediction), e sono caratterizzate da una risoluzione orizzontale di  $1^\circ \times 1^\circ$ . Abbiamo costruito un insieme di retro-traiettorie (per un totale di 10 punti ricettori centrati attorno a  $35.73^\circ\text{N}-76.29^\circ\text{E}$ , rappresentativi delle regioni montuose del Pakistan settentrionale) in grado di fornire la posizione geografica (latitudine e longitudine) e la quota delle particelle d'aria alla risoluzione oraria e per le stagioni estiva ed invernale. Le simulazioni con il modello di traiettorie sono state realizzate per gli anni 2005-2009, che coprono grosso modo l'arco temporale dei dati analizzati nelle stazioni di Askole e Urdukas, sul ghiacciaio del Baltoro. In particolare, come mostrato in Figura 6, le traiettorie sono state calcolate condizionate agli eventi di precipitazione registrati alle due stazioni di Askole e Urdukas, al fine di mostrare a quali sistemi a larga scala siano maggiormente attribuibili le precipitazioni osservate nella regione oggetto di studio. Si nota che la regione del Pakistan settentrionale durante i mesi invernali è principalmente soggetta a perturbazioni che arrivano da occidente. Queste perturbazioni scaricano pioggia e neve sulle montagne del Karakoram e costituiscono il nutrimento principale per i ghiacciai della regione. I meccanismi specifici in base ai quali tali perturbazioni arrivano sopra le regioni del Karakoram, arricchite di umidità raccolta durante il loro tragitto e che portano precipitazione, saranno affrontati con maggiore dettaglio nel secondo anno di attività nell'ambito di questo studio pilota. Per dare un'idea ulteriore delle traiettorie di tali perturbazioni, mostriamo in Figura 7 una sezione longitudine-tempo della precipitazione durante tre successivi inverni ottenuta dall'analisi dei dati giornalieri misurati dai sensori di precipitazione montati sul satellite TRMM. Le longitudini vanno da  $30^\circ\text{E}$  a  $80^\circ\text{E}$  (Mediterraneo orientale fino alla regione HKK) e i tempi da Novembre a Marzo; la precipitazione è mediata nella fascia di latitudini da  $30^\circ\text{N}$  a  $40^\circ\text{N}$ .



**Figura 6.** Retro-traiettorie di masse d'aria associate ad eventi di precipitazione sul Baltoro. La scala logaritmica indica il numero di retro-traiettorie in estate (sinistra) ed inverno (destra).



**Figura 7.** Precipitazione giornaliera ottenuta da satellite (TRMM), mediata sulla fascia di latitudini 30°N-40°N, plottata in funzione della longitudine (30°E-80°E) e del tempo (Novembre-Marzo) per tre inverni consecutivi (1999, 2000, 2001).

Le perturbazioni occidentali si presentano in Figura 7 come sistemi non omogenei di precipitazione; si nota una intensificazione degli stessi a partire da circa 40°E, che potrebbe suggerire un extra-input di umidità da sorgenti diverse dal bacino del Mediterraneo, e in particolare da mar Caspio e Arabico e dal Golfo Persico. Analisi dei dati di precipitazione giornaliera fornita dalle rianalisi ERA-Interim e dal modello globale EC-Earth forniscono risultati consistenti con quelli mostrati in Figura 7.

### 3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Costruzione di un data-base di misure al suolo e di misure grigliate nella zona HKKH.

### **3.3 Attività di formazione**

- E' stato bandito un Assegno di Ricerca per l'analisi dei cambiamenti del Monsone Indiano; attualmente il vincitore del bando ha preso servizio presso la sede CNR-ISAC di Torino.
- Un progetto triennale di dottorato, condotto dal Dr. Luca Filippi, verrà supervisionato presso CNR-ISAC (Torino), incentrato sul ruolo delle perturbazioni alle medie latitudini in Karakorum e il loro impatto sulla precipitazione invernale in tale regione.

### **3.4 Attività di disseminazione e divulgazione**

La responsabile del progetto pilota ha tenuto un seminario in occasione della scuola estiva organizzata da CNR-ISAC a Valsavareche, Valle d'Aosta (XX edizione della Alpine Summer School, tema "Climate, aerosols and the Cryosphere"), dal 20 al 28 Giugno 2012. Titolo del seminario: "Climate, glaciers and water in the Karakoram range".

### **3.5 Partecipazione a conferenze**

Le attività svolte nell'ambito di questo studio pilota sono state presentate in occasione delle seguenti conferenze scientifiche/workshop:

- Workshop ECRA (European Climate Research Alliance): "Changes in the hydrological cycle", CNR, Roma, 5-6 Marzo 2012.
- Workshop: "Orographic Precipitation and Climate Change", NCAR, Boulder, 13-15 Marzo 2012.
- European Geosciences Union (EGU), General Assembly 2012, Vienna, 22-27 Aprile 2012.
- Workshop: "Contribution of science and cooperation to the sustainable development of the Central Karakorum National Park", Islamabad 4-7 Giugno 2012.

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### **4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)**

Abbiamo utilizzato i dati di precipitazione disponibili da vari dataset grigliati (osservazioni, dati di rianalisi e di un modello globale di clima, vedere Sezione 3.1), caratterizzati da diverse risoluzioni spaziale e temporale. Questi dati sono stati analizzati per due specifiche sotto-regioni dell'HKKH (HKK e Himalaya), oggetto del nostro studio. Per ogni sotto-regione e ogni dataset sono stati creati file di dati in formato NetCDF contenenti:

- La media spaziale della precipitazione alla risoluzione spazio-temporale originaria del dataset considerato e alla risoluzione mensile.
- La precipitazione (pixel per pixel) alla risoluzione temporale originale del dataset considerato e mensile.

Ove possibile il contributo della neve è stato separato da quello della pioggia.

Abbiamo analizzato dati puntuali di temperatura e precipitazione misurati da stazioni automatiche localizzate nel bacino settentrionale del fiume Indo a diverse quote, al fine di produrre serie temporali delle suddette variabili climatiche alla risoluzione originaria delle misure (oraria, giornaliera o mensile, a seconda del dataset) e alla

medesima risoluzione (mensile) per tutti i dataset. Abbiamo costruito e creato file di dati contenenti i coefficienti di correlazione spaziale tra le temperature o le precipitazioni misurate nelle varie stazioni, al fine di effettuare un'analisi della coerenza spaziale delle due variabili nella regione oggetto di studio. Un lapse rate di temperatura e un gradiente verticale medio di precipitazione, rappresentativi della regione oggetto di studio, sono stati calcolati e resi disponibili.

Per effettuare nel prossimo futuro lo studio della correlazione tra la North Atlantic Oscillation (NAO) e la precipitazione invernale nel Karakoram, essenziale per comprendere la dinamica dei western weather patterns, abbiamo prodotto file contenenti i valori della NAO calcolati per il modello globale EC-Earth e per le rianalisi ERA-Interim ed ERA40.

#### **4.2 Pubblicazioni**

Articolo (versione revisionata sottomessa il 5 Ottobre 2012) accettato (il 4 Dicembre 2012) per pubblicazione sul Journal of Geophysical Research (JGR): "Precipitation in the Hindu-Kush Karakoram Himalaya: observations and future scenarios", autori: Elisa Palazzi, Jost von Hardenberg, Antonello Provenzale.

#### **4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)**

- Media spaziale della precipitazione in HKK e Himalaya in base ai dati di diversi dataset, alla risoluzione originaria dei singoli dataset e alla risoluzione mensile e stagionale.
- Precipitazione in HKK e Himalaya (pixel per pixel, funzione del dataset utilizzato) alla risoluzione mensile.
- Trend medi di precipitazione in HKK e Himalaya e mappe spaziali dei trend.
- Trend di temperatura e precipitazione calcolati a partire dai dati misurati in sedici stazioni di alta quota analizzate.
- Valori mensili dell'indice NAO calcolato a partire dagli output del modello globale di clima EC-Earth, delle rianalisi ERA-Interim ed ERA40.

#### **4.4 Deliverables completati**

Contributo al Deliverable 2.6.1 sui risultati degli studi pilota nel primo anno..

### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Non si riscontrano particolari criticità né scostamenti significativi rispetto a quanto previsto nel Piano Esecutivo del progetto per questo primo periodo di attività.

### **6. Attività previste per il periodo successivo**

Si prevede di continuare l'analisi iniziata negli ultimi sei mesi del primo anno di attività, relativa allo studio dell'interazione tra le perturbazioni delle medie latitudini (Western Weather Patterns) e il monzone indiano in HKKH. In particolare, ci si propone di indagare come le perturbazioni da occidente determinano la stagionalità e l'ammontare delle precipitazioni invernali in Karakoram, il loro legame con la NAO, come questa ultima influenza i pattern di umidità ed evaporazione nella regione tra Atlantico e Pakistan, e di

studiare i meccanismi specifici associati ai Western Weather Patterns. Questo studio sarà effettuato utilizzando vari dataset osservativi, di rianalisi e modellistici, tra cui quello del modello globale di clima EC-Earth.

## **Studio pilota 2.6.b: Analisi dei cambiamenti della biodiversità terrestre in zone d'alta quota delle Alpi italiane nord-occidentali (resp.: Ramona Viterbi, Parco Nazionale Gran Paradiso)**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

Le attività descritte in questo report riguardano l'avvio dello studio pilota dedicato all'identificazione, raccolta e analisi dei dati esistenti sulla biodiversità terrestre nelle Alpi nord-occidentali italiane e alla conduzione di nuove campagne di misura e monitoraggio della biodiversità montana nel 2012 e 2013, come previsto nell'ambito del WP 2.6.

### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Contributo al deliverable D2.6.1 con i risultati dello studio pilota.

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### **3.1 Attività di ricerca**

Sono state eseguite le seguenti operazioni.

- ✓ Accesso ai dati dei monitoraggi precedenti: ottenimento dell'autorizzazione da parte dei rispettivi Enti di Gestione dei Parchi all'utilizzo dei dati derivanti dai monitoraggi precedenti (biennio 2007-2008) per l'analisi dei pattern di biodiversità e l'esecuzione di simulazioni modellistiche. Tali dati sono resi disponibili per il confronto con i dati raccolti all'interno di NextData (2012-2013).
- ✓ Predisposizione dei dataset di dati biologici. Le banche dati sono in questo modo pronte per l'inserimento nel Portale Generale. Per ciascuna tipologia di dato biologico sono stati stabiliti i metadati indispensabili per una loro precisa identificazione.
- ✓ Analisi statistica dei dataset biologici derivanti dalle operazioni di monitoraggio del biennio 2007-2008. Tali dati sono stati analizzati al fine di individuare le principali variabili in grado di spiegare la distribuzione della biodiversità animale in ambiente alpino e di individuare quali habitat e quali specie sono maggiormente influenzati dalle variabili climatiche e quindi più vulnerabili in un'ottica di cambiamento climatico.
- ✓ Esecuzione, durante la stagione 2012, della nuova campagna di monitoraggio e di misura della biodiversità animale terrestre in 3 aree protette dell'arco alpino nord-occidentale (Parco Nazionale Gran Paradiso - PNGP, Parco Naturale Alpe Veglia e Devero - PNVD, Parco Naturale Alpi Cozie, area Parco Orsiera-Rocciavre' - PNOR). Le operazioni di monitoraggio sono state eseguite in modo tale da ottenere dati di presenza/assenza e di abbondanza relativa delle specie appartenenti a 7 gruppi tassonomici: Lepidoptera Rhopalocera (farfalle), Orthoptera (cavallette/grilli), uccelli, macro-invertebrati attivi sulla superficie del suolo (Coleoptera Carabidae, Coleoptera Staphylinidae, Araneae, Formicidae).
- ✓ Raccolta di dati micro-climatici, attraverso il posizionamento di sensori digitali di temperatura (iButton DS1922), uno per ciascuna stazione di campionamento, e di variabili macro-ambientali (variabili topografiche) e micro-ambientali (percentuali di copertura del suolo e stima della diversità floristica).
- ✓ Preparazione dei dati raccolti durante la stagione di campo (aprile-ottobre 2012) per l'inserimento nelle banche dati apposite.
- ✓ Analisi e identificazione dei campioni raccolti durante la stagione di campo (attività ancora in corso).

- ✓ Inizio delle misurazioni di biomassa, sia in termini di peso, sia in termini di volume. E' stato sviluppato un apposito protocollo di lavoro, applicato alla analisi degli artropodi catturati mediante l'uso delle trappole a caduta.
- ✓ Simulazioni modellistiche dei dataset biologici (biennio 2007-2008) mediante l'utilizzo del software MaxEnt (attività ancora in corso).

### **3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici**

Sono stati affrontati, in specifiche riunioni, i problemi legati all'interoperabilità degli archivi di dati biologici (con specifiche esigenze di descrizione dei metadati) rispetto agli archivi di dati atmosferici e climatici.

### **3.3 Attività di formazione**

Per il monitoraggio e l'analisi dei dati relativi alla biodiversità in ambiente alpino sono stati istituiti:

- un Assegno di Ricerca della durata di un anno a partire da febbraio 2012;
- due Borse di Studio della durata di un anno.

I ricercatori ed il personale di vigilanza delle aree protette hanno partecipato a corsi interni relativi a:

- metodi per il monitoraggio della biodiversità animale in ambiente alpino;
- lezioni tematiche sull'identificazione delle specie appartenenti ai gruppi tassonomici selezionati.

### **3.4 Attività di disseminazione e divulgazione**

- ✓ Attività di formazione degli studenti presso l'Università di Genova - campus di Savona (maggio 2012).
- ✓ Seminario presso il Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino su cambiamenti climatici e biodiversità in ambiente montano.
- ✓ Giornata di divulgazione presso il pubblico, all'interno del territorio del Parco Nazionale Gran Paradiso (Val Soana - estate 2012).
- ✓ Giornate di aggiornamento sullo *status* del progetto per il personale di vigilanza delle aree protette coinvolte nello studio (estate 2012).
- ✓ Eventi di divulgazione pubblica, collegati ai festeggiamenti per il novantennale del Parco Nazionale Gran Paradiso (maggio-dicembre 2012).

### **3.5 Partecipazione a conferenze**

- ✓ Workshop "Il valore della biodiversità - L'Osservatorio Regionale della Biodiversità: uno strumento di conservazione attiva." - Aosta, 22 maggio 2012 - Poster, dal titolo: "A multi-taxa approach to study mountain ecosystems: developing an exportable, long term monitoring programme".
- ✓ Convegno "Giornate transfrontaliere di scambio tecnico-scientifico - Inventario Biologico Generalizzato Mercantour/Alpi Marittime" - Barcelonette, 17-18 settembre 2012 - Conferenza plenaria, dal titolo: "Monitoraggio della biodiversità animale sulle Alpi Occidentali Italiane: un approccio multitassonomico".

## 4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

### 4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)

✓ Organizzazione dei dati relativi ai monitoraggi del biennio 2007-2008 in una banca dati idonea all'analisi statistica e al confronto con i dati attualmente in fase di raccolta (biennio 2012-2013).

✓ L'analisi statistica dei dati del monitoraggio 2007-2008 ha mostrato, in particolare, come la ricchezza specifica e la composizione di comunità degli invertebrati siano fortemente influenzate dalle condizioni micro-climatiche, suggerendo una loro potenziale vulnerabilità alle variazioni di temperatura. Inoltre, è stato osservato come l'orizzonte alpino, pur avendo un numero di specie inferiore rispetto alle quote più basse, è caratterizzato da una percentuale maggiore di specie di interesse conservazionistico e con elevata sensibilità climatica (e.g., specie microterme, stenoecie, con ridotta capacità di dispersione, con distribuzione geografica limitata).

✓ Nell'estate 2012 è stata condotta la nuova campagna di misura e monitoraggio della biodiversità terrestre animale nelle tre zone protette oggetto dello studio pilota (Parco Nazionale Gran Paradiso, Parco Alpe Veglia e Devero, Parco Alpi Cozie). L'esecuzione delle operazioni è stata eseguita dal personale delle aree protette (6 operatori PNGP, 3 PNOR, 2 PNVD) e da studenti delle Università di Torino, Pavia e Parma (per un totale di 5 studenti). Di seguito riportiamo lo sforzo di campionamento per le attività di campo:

- *lepidotteri ropaloceri (farfalle)*, monitorati mediante transetti lineari, ripetuti con cadenza mensile da maggio a settembre, per un totale di 375 transetti lineari, distribuiti su 78 giornate di lavoro in campo;
- *ortotteri*, monitorati mediante transetti lineari, ripetuti 3 volte, in un periodo compreso tra metà luglio e metà settembre, per un totale di 225 transetti lineari, distribuiti su 49 giornate di lavoro in campo;
- *uccelli*, monitorati mediante punti d'ascolto, ripetuti 2 volte durante la stagione, per un totale di 150 punti d'ascolto, distribuiti su 52 giornate di lavoro in campo, in un periodo compreso tra metà aprile e inizio luglio;
- *macro-invertebrati attivi sulla superficie del suolo*, monitorati mediante il posizionamento di trappole a caduta. Il numero totale di trappole posizionate è stato di 5 per stazione, per un totale di 375 trappole. Il numero di raccolte per stazione è stato uguale a 10, per un totale di 130 giornate di lavoro in campo. Il numero di trappole raccolte e attualmente in fase di analisi è pari a 3750;
- *condizioni micro-climatiche*, registrate attraverso il posizionamento di 75 sensori digitali di temperatura (iButton DS1922), lasciati in campo per 150 giorni, portando ad ottenere un totale di 3600 registrazioni di temperatura per sensore;
- *parametri macro- e micro-climatici*, misurati in campo durante un totale di 15 giornate lavorative.

✓ Analisi e identificazione dei campioni raccolti durante la stagione di campo. E' stato eseguito il 20% delle analisi.

✓ Misurazioni della biomassa di artropodi, sia in termini di peso sia in termini di volume. E' stato eseguito il 50% delle analisi.

✓ Per quanto riguarda l'esecuzione delle simulazioni modellistiche dei dataset biologici (biennio 2007-2008) eseguite attraverso l'utilizzo del software MaxEnt, sono stati selezionati 3 scenari di aumento delle temperature e 3 gruppi di predittori ambientali. I dataset sono pronti per l'esecuzione delle future simulazioni.

### ***Banche dati.***

Le banche dati ottenute sono costituite da una lista di specie, con le relative abbondanze, per ciascun gruppo tassonomico e ciascuna stazione di campionamento.

Al momento, soltanto la banca dati degli uccelli è stata completata. Nel caso degli altri gruppi tassonomici, le banche dati sono in fase di completamento poiché il materiale raccolto deve essere ancora determinato.

I dati di temperatura registrati dai sensori digitali sono stati catalogati in una banca dati informatica.

## **4.2 Pubblicazioni**

Il seguente articolo "Patterns of biodiversity in the northwestern Italian Alps: a multi-taxa approach" di R. Viterbi, C. Cerrato, B. Bassano, R. Bionda, A. von Hardenberg, A. Provenzale, G. Bogliani è in corso di stampa sulla rivista *Community Ecology*.

## **4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)**

I dati delle campagne di monitoraggio 2007-2008 sono disponibili ai partecipanti al progetto. Per quanto riguarda la campagna di monitoraggio 2012 sono stati archiviati i dati relativi a: monitoraggio uccelli, sensori digitali di temperatura, rilievi ambientali.

I dati derivanti dal monitoraggio degli altri gruppi tassonomici sono in fase di elaborazione e verranno resi disponibili nei prossimi mesi.

## **4.4 Deliverables completati**

Contributo al Deliverable 2.6.1 sui risultati degli studi pilota nel primo anno.

## **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Lo svolgimento di questo studio pilota è in pieno accordo con quanto previsto dal Piano Esecutivo.

## **6. Attività previste per il periodo successivo**

Nel periodo successivo sono previste le seguenti attività:

- ✓ verifica dell'idoneità delle banche dati all'inserimento nel Portale Generale e dell'efficacia delle stesse, sia in termini di completezza dei metadati, sia per quanto riguarda l'accessibilità delle informazioni;
- ✓ preparazione definitiva dei dati derivanti dal monitoraggio 2012 per l'inclusione nelle banche dati;
- ✓ primo confronto per alcuni gruppi tassonomici dei dati raccolti durante la stagione di campo 2012 con quelli derivanti dai monitoraggi precedenti (2007-2008), per verificare l'esistenza di eventuali variazioni e per verificare la veridicità delle previsioni modellistiche;
- ✓ simulazione della risposta della biodiversità animale terrestre nelle Alpi italiane nord-occidentali a cambiamenti nelle temperature massime e minime;
- ✓ termine delle analisi e dell'identificazione dei campioni raccolti durante la stagione di campo;
- ✓ termine delle misurazioni della biomassa di artropodi, sia in termini di peso, sia in termini di volume.

**Studio pilota 2.6.c:  
Stima dei cambiamenti nel ciclo idrologico, nella copertura nevosa e nella  
disponibilità di risorse idriche nelle aree di alta quota  
(resp.: Silvia Terzago, CNR-ISAC)**

**1. Attività prevista e risultati attesi**

Questo studio pilota mira a stimare i cambiamenti nel ciclo idrologico, in particolare nella copertura nevosa e nella disponibilità di risorse idriche nelle aree ad alta quota, focalizzando l'attenzione sulle Alpi e sulla catena dell'Hindu-Kush Karakorum Himalaya (HKKH).

Nell'ambito di questo studio si vogliono analizzare i dati già esistenti, provenienti da reti di stazioni di misura al suolo, ed i nuovi dati ottenuti durante il progetto. È previsto lo sviluppo e l'implementazione di modelli statistici e dinamici di copertura nevosa per ottenere stime delle variazioni recenti nella persistenza e profondità del manto nevoso nelle aree ad alta quota.

**2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Contributo al deliverable D2.6.1 con i risultati dello studio pilota nel primo anno.

**3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

**3.1 Attività di ricerca**

Questo studio pilota si propone di fornire una proiezione delle caratteristiche del manto nevoso (in termini di profondità, densità e copertura areale) in diversi scenari di cambiamento climatico, utilizzando sia modelli globali (ad esempio EC-Earth), sia modelli regionali innestati nei modelli globali (come RegCM, COSMO, WRF). Un passo fondamentale nell'attività di ricerca consiste nella definizione della metodologia che permette di ottenere le proiezioni climatiche più affidabili. A questo proposito, sono stati individuati due diversi approcci modellistici

La prima strada è quella di utilizzare direttamente le proiezioni delle variabili nivometriche fornite da un modello climatico, opportunamente disaggregate: in questo caso si ha il vantaggio che il modulo suolo-neve è interattivo con l'atmosfera e dunque permette di rappresentare correttamente i feedback delle variazioni della copertura nevosa sul clima.

Una seconda possibilità prevede l'utilizzo in modalità *off-line* di modelli fisici o empirici (per es. CHTESSEL, UTOPIA, modelli *degree-day*), forzati dalle variabili atmosferiche prodotte dai modelli climatici. In questo caso non vengono descritti gli effetti di retroazione tra suolo e atmosfera ma in compenso è possibile calibrare il modello di neve e presumibilmente rappresentare in modo più fedele le dinamiche dell'innescamento nell'area di interesse.

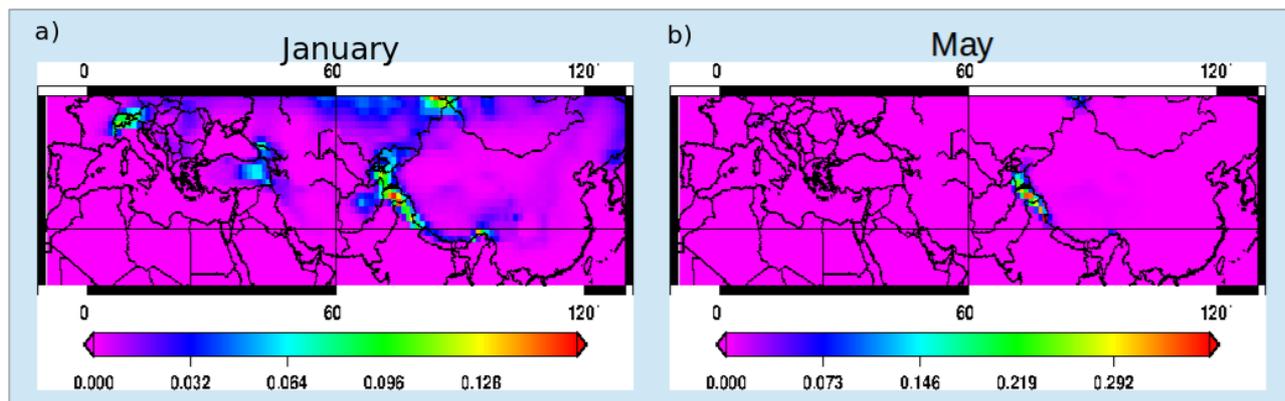
Per stabilire quale dei due metodi sia più efficace, è necessario validare le stime prodotte dai diversi modelli, sia dinamici che fisici/empirici, sui dati osservati durante un periodo di controllo.

Per quanto riguarda la prima linea di ricerca, sono stati acquisiti i dataset nivometrici del Modello Climatico Globale EC-Earth sia per il periodo storico 1850-2005, sia le proiezioni fino al 2100 per lo scenario RCP4.5. Le variabili disponibili e di interesse per questo studio sono la profondità del manto nevoso espressa come equivalente in acqua e la densità della neve. Tramite queste variabili è possibile ricostruire l'effettivo spessore del manto nevoso a scala

globale, con una risoluzione spaziale di  $1.125^\circ$ , corrispondente a circa 125 km in direzione meridionale e circa 90 km in direzione zonale alle medie latitudini.

Il primo obiettivo perseguito è stato quello di stimare l'accuratezza di EC-Earth nel descrivere il clima presente, specificamente per le variabili di neve. Poichè si tratta di dati spazializzati, il termine di confronto naturale è con altri dataset grigliati. Ad oggi lo *stato dell'arte* è costituito dal dataset di rianalisi ERA-INTERIM (ECMWF), un set di rianalisi globali che assimilano i dati osservati e coprono il periodo dal 1979 ad oggi. Per alcuni casi di studio sono state considerate anche le analisi dell'ECMWF.

Si è focalizzata l'attenzione sulla fascia delle medie latitudini che si estende dal Portogallo fino al Giappone e che include le catene montuose delle Alpi e dell'HKKH (Fig. 1).

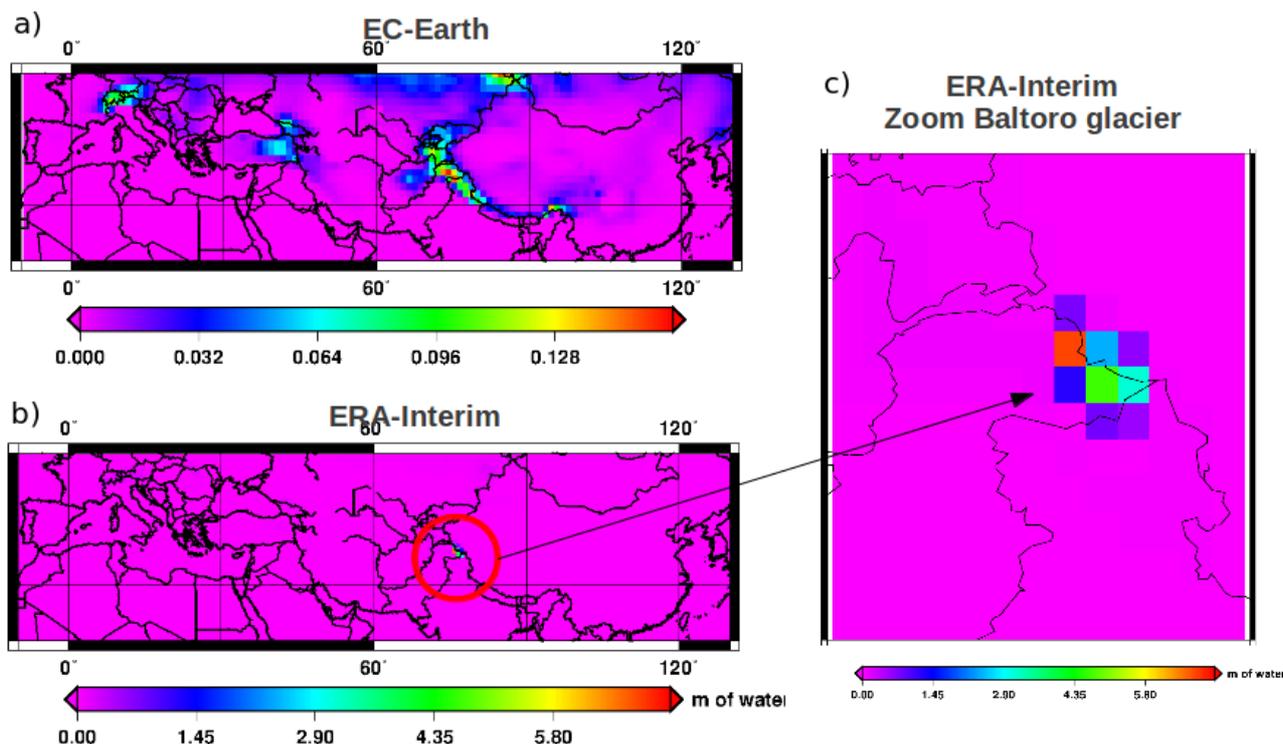


**Figura 1.** Medie climatologiche mensili di spessore del manto nevoso sul periodo 1979-2010, ottenute dal dataset di EC-Earth relativamente ai mesi di Gennaio (a) e Maggio (b).

Lo studio dell'innevamento a livello mensile permette di determinare la variabilità stagionale della precipitazione solida, dell'accumulo e della persistenza della neve al suolo. Permette inoltre di sottolineare le differenze tra le sottoregioni climatiche nell'area di interesse. Dal confronto dello spessore medio del manto nevoso nei mesi di Gennaio e Maggio (Fig 1) si può notare che sulle Alpi si ha un massimo accumulo di neve nella stagione invernale dopodichè inizia la fusione fino ad un quasi totale esaurimento nel mese di maggio. Nella regione dell'HKKH, invece, in ragione della quota media più elevata, l'accumulo continua anche dopo l'inverno e si raggiunge il massimo spessore del manto nevoso nei mesi primaverili.

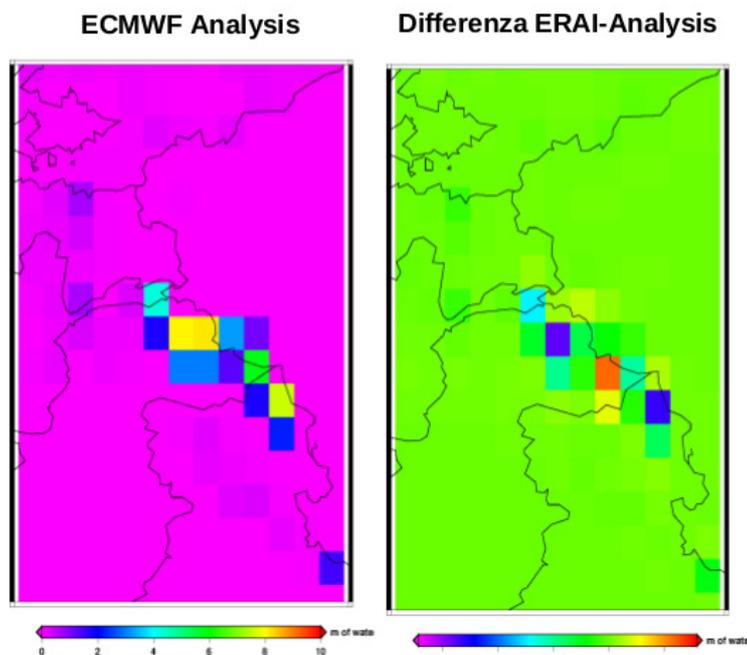
Le mappe medie mensili di spessore del manto nevoso di EC-Earth relative al periodo 1979-2009 sono state confrontate con le corrispondenti mappe del dataset di rianalisi ERA-Interim. Si è rilevata una discordanza nell'area del Karakoram al confine tra Pakistan e Cina, nella zona del ghiacciaio del Baltoro (Fig. 2) che, con i suoi 62 km di lunghezza ed un'area di  $640 \text{ km}^2$ , è uno dei ghiacciai più estesi al mondo. A meno di 20 km di distanza l'una dall'altra si ergono il monte K2 ed altre tre vette che superano gli 8000 m di altitudine.

In quest'area ERA-Interim riporta uno spessore del manto nevoso equivalente molto elevato, di circa 7 metri, mentre EC-Earth registra un valore di un ordine di grandezza inferiore, appena 0.13 m. Questa notevole differenza si registra lungo tutto l'anno, indipendentemente dal mese. In Fig. 2 sono rappresentate le mappe relative al mese di Gennaio.



**Figura 2.** Spessore medio mensile del manto nevoso, espresso in metri d'acqua equivalente, secondo EC-Earth (a) ed ERA-Interim (b) sul periodo 1979-2009. ERA-Interim presenta un valore massimo nell'area del Baltoro (c) di circa un ordine di grandezza maggiore rispetto ad EC-Earth.

L'area in questione è occupata da un ghiacciaio esteso e profondo, dove è immagazzinata una considerevole quantità di neve e ghiacci. D'altra parte, il quantitativo di acqua equivalente stimato da ERA-Interim pare davvero molto elevato, considerando che si riferisce ad un valore medio su un'area di 75x75 Km. A priori non sappiamo dire con certezza quale dei due dataset rappresenti meglio la situazione reale, quindi è necessario confrontare questi risultati con altri dataset indipendenti. Per la regione del Baltoro, particolarmente impervia e difficile da raggiungere, non sono disponibili a nostra conoscenza serie climatiche di copertura nevosa. Le rarissime osservazioni nivo-meteorologiche sono molto recenti e vengono effettuate in occasione di specifiche campagne di misura, organizzate con spedizioni in alta quota. Un esempio sono le campagne del progetto internazionale SHARE-PAPRIKA, durante le quali sono stati effettuati 3 *snow-pit* per lo studio delle caratteristiche del manto nevoso lungo la verticale, dalla superficie fino al suolo. Su questi tre siti di osservazione, la massima profondità di neve registrata è di circa 8 m e la densità media di 400 kg/m<sup>3</sup>, corrispondenti ad un equivalente in acqua di 3.2 m. E' molto difficile stabilire la rappresentatività spaziale di questo dato, tuttavia possiamo rilevare che, seppure sia molto inferiore, risulta dello stesso ordine di grandezza di quello stimato da ERA-interim (7 metri) e sembra indicare una sottostima da parte di EC-Earth. Sono necessarie altre osservazioni per arrivare ad una stima attendibile. Tuttavia, una ulteriore indagine ha permesso di confrontare i risultati di EC-Earth ed ERA-Interim con le analisi dell'ECMWF, un dataset grigliato ottenuto tramite assimilazione dei dati osservati. È stata considerata la mappa di spessore del manto nevoso di un giorno invernale (1 febbraio 2012, Fig. 3) al fine di valutare l'ordine di grandezza di questa variabile nell'area del Baltoro. In quello specifico punto griglia, l'analisi stima circa 8 metri di acqua equivalente, in maggior accordo con il dataset ERA-INTERIM che con la stima prodotta da EC-Earth; questo ultimo, quindi, sembra sottostimare la neve al suolo.



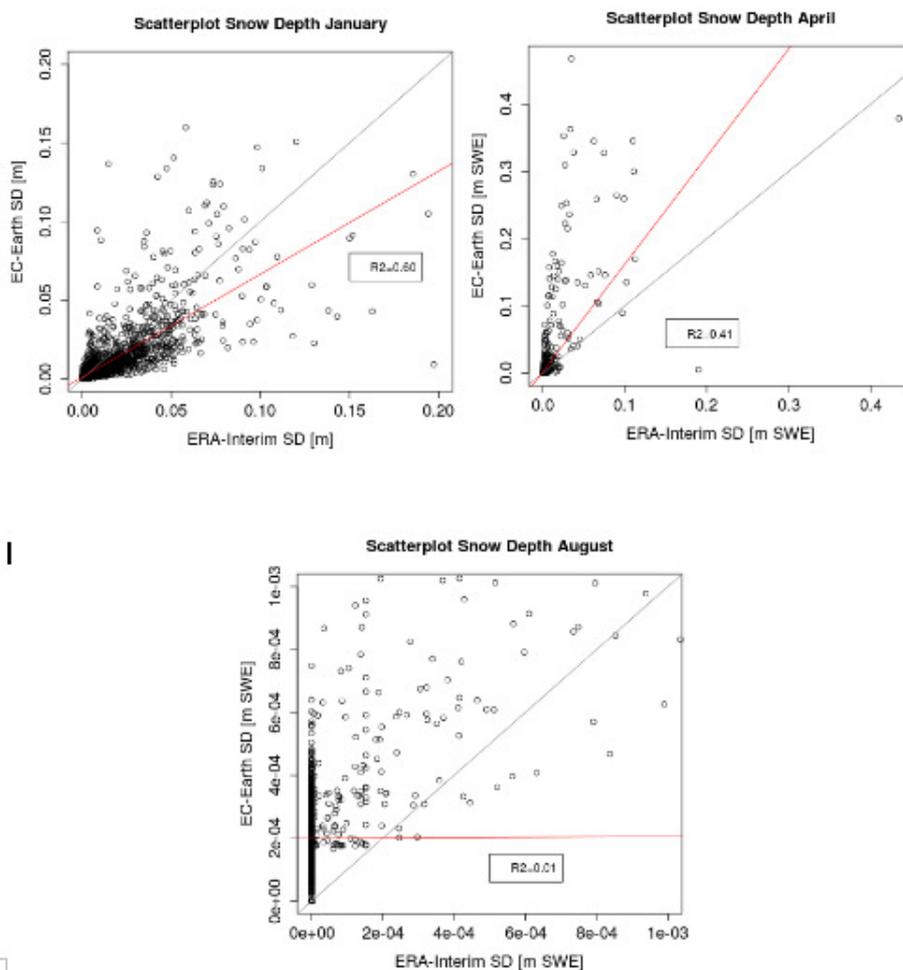
**Figura 3.** Analisi ECMWF relativa allo spessore del manto nevoso nell'area dei ghiacciai del Baltoero il 1° febbraio 2012 (a) e differenza ERA-Interim - analisi (b).

Escludendo l'area del Baltoero per cui ci si riserva di approfondire le ricerche e determinare l'effettivo quantitativo di neve presente, sono state confrontate, mese per mese, le mappe mensili di EC-Earth e di ERA-INTERIM. Al fine di valutare quantitativamente la relazione tra ogni coppia di mappe, sono stati graficati i dati di EC-Earth in funzione dei corrispondenti valori di ERA-INTERIM. In Fig. 4 sono riportati gli scatterplot relativi ai mesi di gennaio, aprile ed agosto.

La correlazione tra le due climatologie dipende fortemente dalla stagione. Nel mese di gennaio si ha un coefficiente di correlazione  $R^2=0.60$  ed EC-Earth tende complessivamente a sottostimare la neve al suolo rispetto ad ERA-INTERIM. In Aprile la correlazione tra i due dataset diminuisce ( $R^2=0.40$ ) ed EC-Earth sovrastima lo spessore del manto nevoso. In agosto i due dataset sono scorrelati; EC-Earth, in particolare, presenta un'evidente criticità perché individua neve al suolo su tutta l'area considerata.

In conclusione, l'analisi sul periodo storico 1979-2009 mostra che nei mesi invernali/primaverili le climatologie di EC-Earth ed ERA-INTERIM danno risultati confrontabili, mentre nei mesi estivi EC-Earth non riesce a riprodurre correttamente la distribuzione della neve al suolo. Queste informazioni sull'accuratezza di EC-Earth su un periodo di controllo saranno utili nell'interpretazione delle proiezioni di neve per il futuro.

Le proiezioni di neve per il futuro possono essere ottenute anche usando modelli fisici/empirici off-line forzati dalle variabili prodotte dai modelli climatici. La ricerca bibliografica ha permesso di individuare i modelli fisici ed empirici che, a partire dalle variabili meteorologiche misurate, simulano l'evoluzione del manto nevoso nei processi di accumulo, metamorfosi e fusione. Questi modelli, applicati in modo distribuito, consentono di simulare l'evoluzione della distribuzione spaziale dell'altezza del manto nevoso.



**Figura 4.** Scatterplot delle mappe mensili di spessore del manto nevoso EC-Earth rispetto ad ERA-INTERIM relative, in senso orario, ai mesi di Gennaio, Aprile ed Agosto. L'area del Baltoro è stata esclusa dall'analisi.

I modelli di tipo fisico riproducono i processi di scambio tra suolo e atmosfera e si basano sulle equazioni del bilancio energetico ed idrologico alla superficie terrestre. Possono avere diversi gradi di complessità ma in generale richiedono numerose variabili di input, quali temperatura, pressione, umidità, precipitazione, direzione e velocità del vento, radiazione solare, e sono onerosi in termini di risorse di calcolo. In compenso, riproducono molti dei processi e delle variabili legate alla neve (spessore del manto, densità, equivalente in acqua, temperatura della neve a varie profondità, etc.).

I modelli empirici, al contrario, stimano la frazione di precipitazione solida e la quantità di neve fusa attraverso delle relazioni empiriche tra temperatura e precipitazione, che solitamente sono le due uniche variabili meteorologiche richieste in ingresso. Questi modelli, seppur molto semplici, possono essere in grado di riprodurre con buona accuratezza le dinamiche dell'innnevamento ed hanno il vantaggio di richiedere due variabili facilmente reperibili e poche risorse di calcolo.

Dopo un'approfondita ricerca bibliografica sono stati individuati diversi modelli fisici (UTOPIA, CHTESSEL, FEST, GEOTop, ACAB-Snow) ed empirici (SNOW17, ETI) di cui sono stati studiati gli articoli presenti in letteratura. Ci si è concentrati sul modello UTOPIA dell'Università di Torino, poiché immediatamente reso disponibile dagli sviluppatori. Recentemente è stato acquisito anche il modello CHTESSEL, attualmente in uso a livello operativo nella catena previsionale dell'ECMWF ed integrato nel Modello Climatico Globale

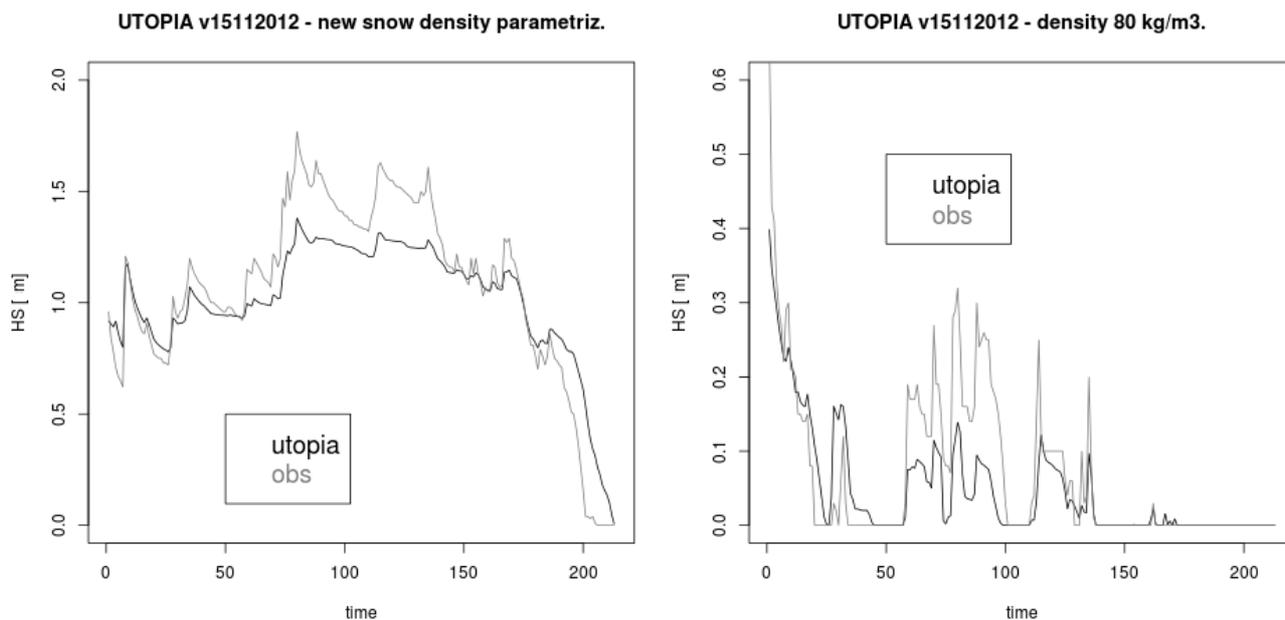
EC-Earth. Questi due modelli sono stati installati presso una macchina del CNR-ISAC di Torino ed ora sono disponibili per le simulazioni. Inoltre sono stati avviati dei contatti con la Fondazione di Ricerca CIMA di Savona per ottenere il modello superficiale ACAB-Snow da loro sviluppato e che dovrebbe essere reso disponibile a breve.

La linea di ricerca che si sta perseguendo prevede di attuare un confronto tra i vari modelli sopra citati per valutarne l'accuratezza in differenti contesti geografici, sia Alpini che extra-Alpini. Inizialmente sono state effettuate simulazioni sui dati delle stazioni al suolo. Sull'Arco Alpino Piemontese le stazioni nivometeorologiche che misurano tutte le variabili necessarie ai modelli sono una decina (Tabella 1) e per esse è stata richiesta la fornitura dei dati all'ente gestore ARPA Piemonte.

Stazioni	Quota [m slm]	Disp. dati
Passo del Moro	2820	1988
Sestriere Banch.	2480	2003
Sestriere Alpette	2250	2003
Colle Bercia	2200	1996
Clot della Soma	2150	1996
Limone Pancani	1875	2006
Rifugio Mondovì	1760	1997
Pragelato	1620	2002-2010/07
Prerichard	1353	1990
Settepani	1300	2003
Ponzone Bric B.	773	1989

**Tabella 1.** Elenco delle stazioni nivometeorologiche della rete di monitoraggio di ARPA Piemonte dotate di strumentazione completa, relativa altitudine e periodo di disponibilità dei dati. La stazione di Limone Pancani è stata attivata solo nel 2006 ed è quella con il record più corto, le altre sono attive almeno dal 2003.

In Fig. 5 (sinistra) è rappresentata la simulazione dell'evoluzione del manto nevoso nella stazione di Colle Bercia (2200 m a.s.l.) ottenuta usando il modello UTOPIA. Si può notare che il modello riproduce adeguatamente i processi di precipitazione nevosa e di fusione del manto, con una tendenza alla sottostima della precipitazione nevosa in caso di eventi intensi. Bisogna però tenere presente che il quantitativo di precipitazione solida in UTOPIA viene determinato a partire da dati misurati attraverso pluviometri riscaldati. Questi strumenti sono adatti alla misura della precipitazione liquida ma tendono a sottostimare la precipitazione solida, perchè la resistenza di cui sono dotati non è in grado di fondere abbastanza rapidamente la neve che tende ad accumularsi e ad ostruire la coppetta, causando una sottostima anche importante durante gli eventi intensi. Quindi il discostamento tra l'andamento simulato con UTOPIA e quello reale può essere in parte dovuto alla qualità del dato iniziale piuttosto che esclusivamente ad un problema interno al modello. La fusione totale del manto simulata da UTOPIA avviene con un ritardo di circa 7 giorni rispetto alle osservazioni a indicare una tendenza del modello a conservare il manto nevoso più a lungo.



**Figura 5.** Evoluzione temporale del manto nevoso simulato con UTOPIA (linea nera) ed osservato (linea grigia) nelle stazioni di Colle Bercia (sinistra) e Prerichard (destra) nelle Alpi Piemontesi, a partire dal 1 novembre 2003 fino al 31 maggio 2004.

La stessa analisi è stata effettuata sulla stazione di Prerichard, situata a 1353 m s.l.m. (Fig. 5, destra). UTOPIA riproduce fedelmente i processi ad inizio stagione ed analogamente a ciò che si è visto per Colle Bercia, sottostima la precipitazione solida in occasione di nevicate superiori a 20 cm.

Sono state effettuate delle prove anche su due stazioni meteorologiche Siberiane:

- Ogurtsovo 54° 54' N lat., 82° 57' E long; quota 133 m s.l.m.
- Kostroma 57° 46' N lat., 40° 56' E long.; 126 m

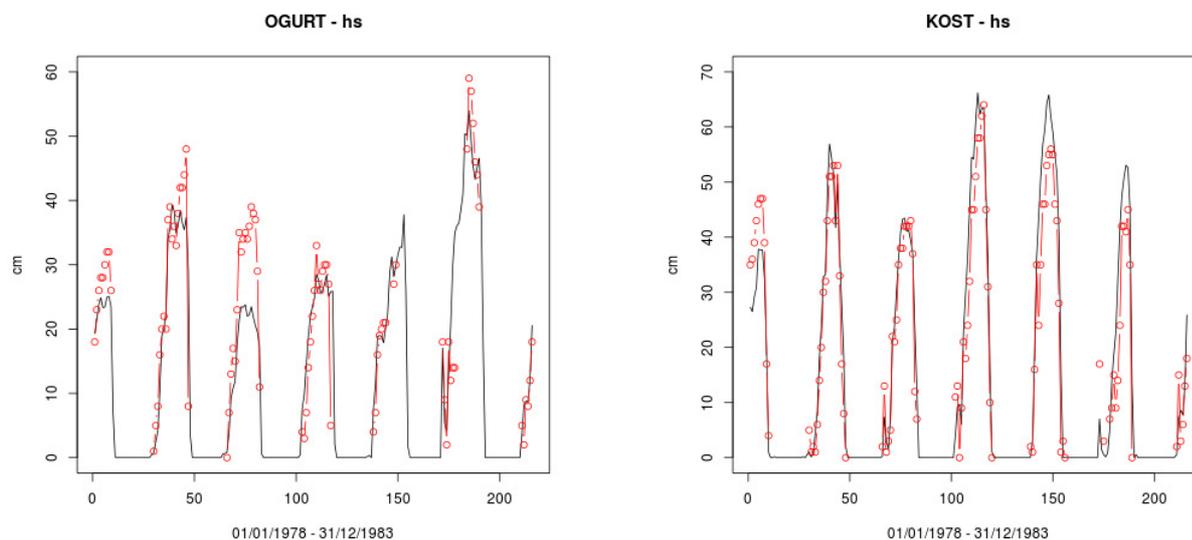
i cui dataset completi sono liberamente disponibili on-line

(<http://rp5.ru/Weather archive in Ogurtsovo> <http://rp5.ru/Weather archive in Kostroma>).

Sono state effettuate simulazioni utilizzando le serie storiche con cadenza semioraria dal 1° gennaio 1978 fino al 31 dicembre 1983. I risultati sono riportati in Fig. 6: in Ogurtsovo le simulazioni riproducono abbastanza bene il segnale osservato lungo tutto il periodo considerato ad eccezione della stagione 1979-80, quando la precipitazione nevosa viene sottostimata di circa 30 cm.

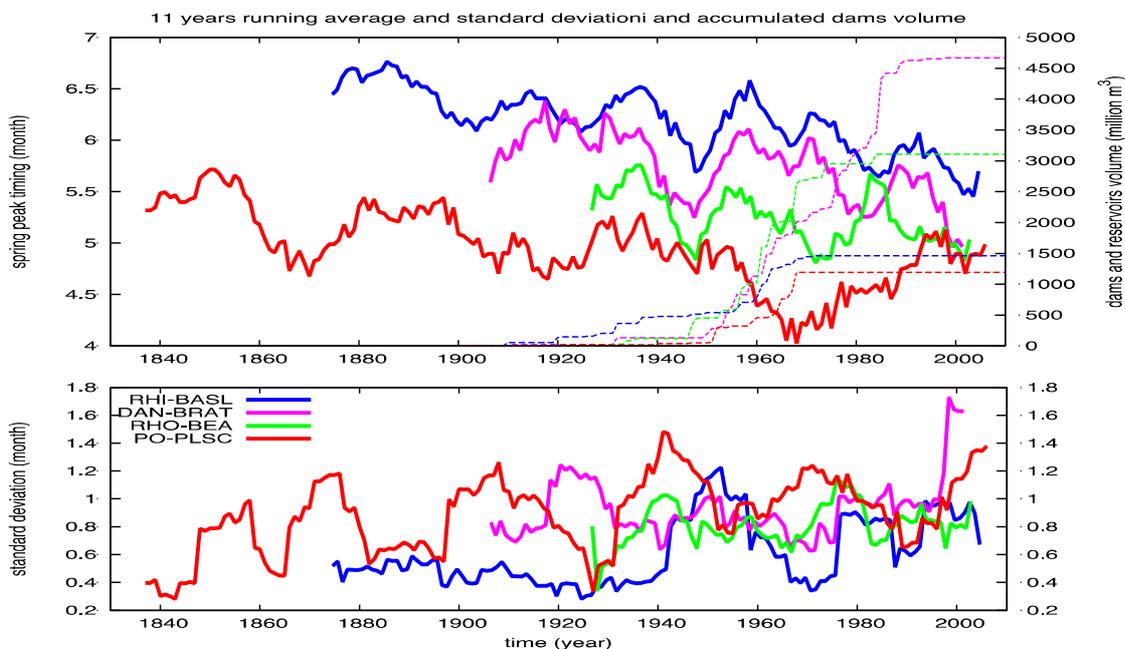
I risultati migliori si ottengono nella stazione di Kostroma, dove si ha un ottimo accordo tra l'andamento reale e quello ricostruito. In questo caso UTOPIA riproduce con elevata accuratezza i dati osservati.

Dopo gli incoraggianti risultati ottenuti con Utopia su alcune stazioni campione, nel prossimo futuro verranno testati anche gli altri modelli di neve e verranno valutati attraverso un'analisi comparativa che ne determinerà l'accuratezza.



**Figura 6.** Evoluzione temporale del manto nevoso simulato con UTOPIA (linea nera) ed osservato (linea rossa con cerchi) nelle stazioni di Ogurtsovo (sinistra) e Kostroma (destra) in Siberia, a partire dal 1 gennaio 1978 fino al 31 dicembre 1983.

Infine, nell'ambito di questo studio pilota il CMCC ha condotto uno studio preliminare della variabilità a lungo termine delle serie di portata dei principali fiumi - Reno, Danubio, Rodano e Po - osservate in stazioni a valle dei rispettivi bacini alpini. Questi corsi d'acqua sono caratterizzati da diversi cicli stagionali che riflettono i diversi regimi climatici dei bacini considerati. Nonostante la gestione intensiva delle risorse idriche nelle regioni considerate, sono state trovate caratteristiche comuni nella stagionalità delle portate, specialmente nella tempistica dei picchi di portata primaverile associati allo scioglimento della neve accumulata nelle aree montane durante il periodo invernale (Figura 7). Tutte le serie storiche mostrano una tendenza statisticamente significativa ad anticipare i picchi di portata primaverili, in linea con la tendenza al riscaldamento che interessa la regione Alpina nel suo complesso. Oltre al trend di lungo periodo, tutti i fiumi considerati mostrano una considerevole variabilità a bassa frequenza (multi-decadale) della fase di picco primaverile. Inoltre, in molti dei fiumi analizzati, questa variabilità mostra chiare similitudini. Le modulazioni osservate nella fase del picco di portata primaverile appaiono essere significativamente correlate con le fluttuazioni della temperatura primaverile sulle Alpi.



**Figura 7.** serie storiche delle fasi dei picchi di portata primaverile dei fiumi Po (curva rossa), Rodano (curva verde), Danubio (curva rosa) e Reno (curva blu) osservate a valle dei rispettivi bacini montani. Le serie sono state filtrate per mezzo di una "running mean" di 11 anni. Ordinate: fase del picco di portata espressa in mesi. Le linee tratteggiate rappresentano i rispettivi volumi d'acqua accumulata nelle dighe e nei bacini a monte delle stazioni di monitoraggio delle portate.

Inoltre, una serie di esperimenti con un modello atmosferico ad area limitata non idrostatico (COSMO) implementato ad alta risoluzione sono stati disegnati e iniziati. Con questi esperimenti si intendono esplorare i meccanismi che regolano le proprietà del ciclo idrologico alpino identificate negli studi osservativi.

### 3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Presso CNR-ISAC, sono stati acquisiti i codici sorgenti di due modelli di processi di scambio suolo-atmosfera per la simulazione delle dinamiche dell'innescamento, ovvero UTOPIA e CHTESSEL, tramite accordi con le istituzioni che li hanno sviluppati, rispettivamente l'Università di Torino e lo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) di Reading. Questi programmi sono stati installati sui calcolatori del CNR-ISAC e sono stati condotti i primi esperimenti numerici. Il CMCC ha sviluppato un modello accoppiato oceano-atmosfera ad alta risoluzione per l'area Mediterraneo costituito dalla componente atmosferica COSMO-CLM e dalla componente oceanica NEMO-MFS.

### 3.3 Attività di formazione

Nessuna in questo periodo.

### 3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Nessuna in questo periodo.

### 3.5 Partecipazione a conferenze, workshop, meetings.

Partecipazione alla conferenza "MEDCLIVAR - The climate of the Mediterranean region: understanding its evolution and effects on environment and societies" tenutasi a Madrid dal

26 al 28 settembre 2012. Sono stati organizzati due workshop con gli sviluppatori dei modelli UTOPIA ed CHTESSEL presso CNR ISAC di Torino, al fine di condividere conoscenze teoriche sui modelli di neve ed esperienza pratica nell'utilizzo dei relativi programmi. In data 14 Dicembre 2012 ad Aosta si è partecipato alla riunione per definire la collaborazione tra CNR-ISAC, Fondazione CIMA ed ARPA Valle d'Aosta sul confronto dei modelli di neve.

#### **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

##### **4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)**

Sono stati analizzati dataset grigliati nivometrici di vari archivi (vedi Sezione 3.1) sulle medie latitudini, specialmente per due sottoregioni climatiche, le Alpi ed il complesso HKKH. Per ogni sottoregione ed ogni dataset sono stati creati file NetCDF contenenti lo spessore del manto nevoso alla risoluzione spazio-temporale originaria del dataset considerato e alla risoluzione mensile.

In particolare sono stati valutati i campi medi mensili di spessore del manto nevoso ottenuti attraverso il modello climatico globale EC-Earth sul periodo 1979-2009 e sono stati confrontati con il dataset di rianalisi ERA-Interim. Ad oggi è stato portato a termine il confronto sulle Alpi e sulla regione Hindu-Kush - Karakorum - Himalaya (HKKH) e nei prossimi mesi verrà esteso il confronto agli output di Modelli Climatici Regionali.

Oltre ai dati grigliati, sono stati raccolti anche quelli relativi alle stazioni meteorologiche (temperatura, precipitazione, umidità, intensità e direzione del vento, radiazione solare, ecc ...) in diversi siti di osservazione nelle Alpi, da utilizzare per la stima della variabilità temporale della neve al suolo, della sua densità e del contenuto in acqua equivalente.

##### **4.2 Pubblicazioni**

Nessuna nel periodo di riferimento.

##### **4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)**

- Spessore del manto nevoso sulle Alpi e sull'HKKH alla risoluzione spazio-temporale originale dei vari dataset impiegati ed alla risoluzione mensile.
- Dati delle stazioni nivo-meteorologiche in alcuni siti delle Alpi Piemontesi.
- Evoluzione temporale della profondità della neve simulata da UTOPIA, in diversi siti delle Alpi Piemontesi.

##### **4.4 Deliverables completati**

Contributo al D2.6.1 con i risultati dello studio pilota nel primo anno.

#### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Nessuno scostamento dalle attività previste.

#### **6. Attività previste per il periodo successivo**

Nel prossimo futuro verrà implementato il dataset meteorologico su cui testare i modelli con le altre stazioni Piemontesi ed il nuovo sito di osservazione meteorologica di Torgnon (Valle d'Aosta) dotato di strumenti innovativi come il pluviometro OTT, che fornisce misure della

precipitazione nevosa con un maggior grado di affidabilità. La preparazione del dataset richiederà particolare impegno ed attenzione sia nella fase di controllo di qualità dei dati semiorari, volto ad individuare e filtrare i dati anomali, sia nella fase della ricostruzione delle eventuali lacune, indispensabile poiché il modello ha bisogno di serie continue e di elevata qualità.

Il dataset così ottenuto costituirà il banco di prova su cui testare e confrontare le performance dei diversi modelli fisici/empirici di neve. Poiché l'obiettivo di questo studio pilota è di effettuare simulazioni con i modelli di neve guidati dagli output dei modelli climatici globali e regionali, ovvero da dati grigliati a bassa risoluzione spaziale, si effettuerà uno studio di sensibilità dei modelli al degradarsi della risoluzione spaziale del dato iniziale. Verranno ovvero effettuate simulazioni con diverse tipologie di dati input, di "qualità" via via decrescente, partendo (i) dal caso ideale con i dati puntuali delle stazioni meteo con strumentazione completa, poi (ii) con i dati delle stazioni meteorologiche standard, che misurano solo le variabili principali mentre le altre vengono fatte stimare direttamente dai modelli tramite le loro proprie parametrizzazioni, ed infine (iii) con dataset interpolati a bassa risoluzione spaziale e con una maggior incertezza nelle misure. Questa indagine permetterà di identificare i modelli che garantiscono le stime migliori anche in caso vengano forzati con dati di input a bassa risoluzione spaziale e maggiore incertezza. Questi modelli saranno utilizzati per effettuare simulazioni di neve per le prossime decadi.

## **Studio Pilota 2.6.d: Effetto degli aerosol in zone di alta quota (Resp. Jost von Hardenberg, CNR-ISAC)**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

Questo studio pilota mira a definire gli effetti degli aerosol in aree montane, considerando in particolare gli effetti delle polveri e del black carbon. Saranno analizzati sia effetti diretti di tipo radiativo, che effetti indiretti di tipo termodinamico e di microfisica della precipitazione ed effetti legati alla deposizione degli aerosol sulle superfici innevate. Particolare attenzione verrà data alla dinamica degli aerosol nella regione Himalaya-Karakorum, dove il potenziamento delle reti di misura nell'ambito del progetto NextData permetterà di ottenere una caratterizzazione quantitativa dell'impatto degli aerosol sull'ambiente montano.

### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

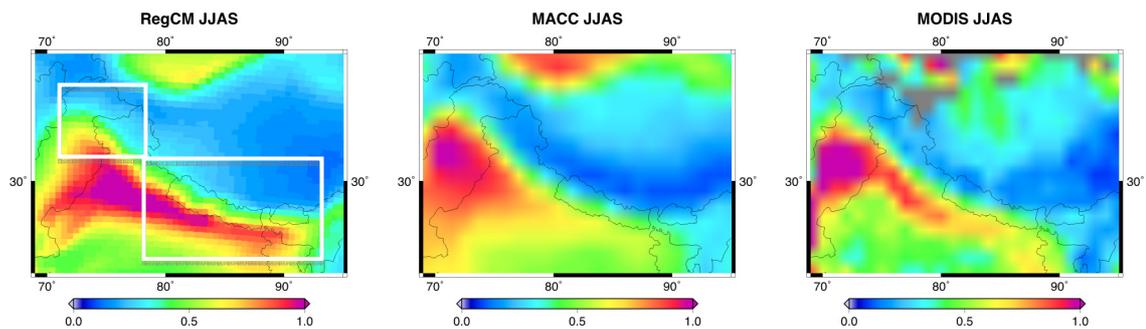
Deliverable D2.6.1: Report con i risultati del primo anno dello studio pilota. Il deliverable riassume e discute i principali processi fisici attraverso i quali gli aerosol interagiscono con il clima in zone di alta quota, in particolare per la regione dell'Hindu-Kush-Karakorum-Himalaya (HKKH). Sono discussi gli effetti ed i feedback legati alla deposizione di black carbon e polveri sulla neve e viene riassunta la letteratura recente rilevante. Questo deliverable è in gran parte dedicato ad un'analisi di risultati modellistici per l'area dell'HKKH ottenuti con un modello regionale di clima (il modello RegCM4). Viene presentato un confronto in termini di aerosol optical depth (AOD) con dataset di rianalisi e da satellite disponibili.

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### **3.1 Attività di ricerca**

Nell'ambito di questo studio pilota, l'aerosol optical depth (AOD) riprodotta nella regione dell'HKKH da un modello di clima regionale (il modello RegCM4 sviluppato e fatto girare da ICTP), è stata confrontata con misure da satellite (MODIS-Terra) e con un prodotto di rianalisi di aerosol fornito dal progetto MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate). Il modello è stato eseguito in un dominio regionale che include il subcontinente indiano definito per il progetto CORDEX. Sono disponibili due simulazioni per il clima corrente (2000-2009), con condizioni al contorno fornite da ERA-Interim e da una simulazione creata con il modello globale di clima EC-Earth per CMIP5 da parte di CNR-ISAC. In aggiunta è stato creato un run per uno scenario futuro nel periodo 2040-2050 utilizzando quali condizioni al contorno una proiezione realizzata con EC-Earth nello scenario di emissioni RCP 4.5.

E' stata valutata la capacità del modello nel riprodurre le distribuzioni spaziali di AOD osservate e la loro stagionalità, attraverso un confronto con le distribuzioni spaziali climatologiche di MACC e MODIS. Il confronto è avvenuto è stato effettuato su tutto il dominio di simulazione con una valutazione in dettaglio sulla regione dell'HKKH. La Fig. 1 riporta un esempio di tale confronto per la stagione monsonica estiva (JJAS), mediata sugli anni 2003-2009, comuni a tutti i dataset, per l'esperimento di RegCM con condizioni al contorno ERA-Interim.



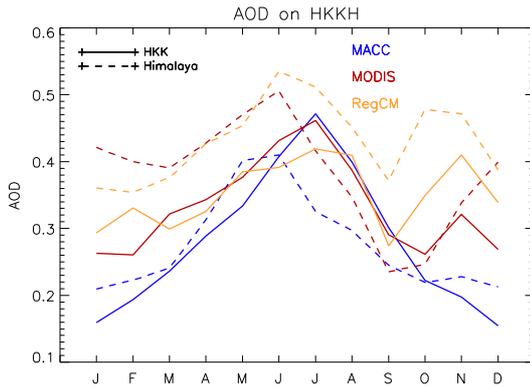
**Fig. 1.** Confronto sull'HKKH dell'AOD nella banda visibile simulata da RegCM4 (con condizioni al contorno ERA-Interim) con l'AOD a 550 nm riprodotta dalla rianalisi MACC e da MODIS, nella stagione monsonica estiva (JJAS). I rettangoli bianchi nel pannello a sinistra indicano le regioni sulle quali sono state calcolate le medie areali su HKK e Himalaya riportate in fig. 2 e 3.

Questo tipo di analisi conferma che in inverno RegCM è capace di riprodurre l'ampiezza e la distribuzione spaziale dell'optical depth degli aerosol nelle aree di interesse, con una buona riproduzione di un minimo sul plateau Tibetano e di un massimo di AOD a sud del range dell'Himalaya, principalmente associato con sorgenti antropiche. In estate troviamo una buona riproduzione di un massimo di AOD centrato sul confine tra Pakistan ed India, anche se la posizione del massimo è situata più a est rispetto ai dataset da satellite e di rianalisi. Esperimenti condotti con lo schema dinamico per il sollevamento di polveri usato nel modello hanno permesso di stabilire l'importanza di una accurata rappresentazione di emissioni di polveri minerali dalle aree desertiche confinanti (particolarmente il deserto del Thar), al fine di rappresentare correttamente questo massimo durante la stagione monsonica.

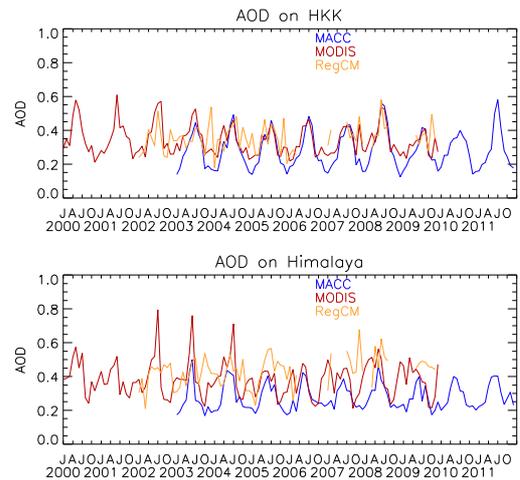
E' stato possibile analizzare più in dettaglio le fluttuazioni stagionali sulle due principali aree di interesse dell'Hindu-Kush-Karakorum (HKK) a ovest e dell'Himalaya a est, considerando medie areali definite su due box illustrati in Fig. 1. Un confronto della climatologia mensile media di AOD su queste aree con MODIS e MACC (Fig. 2) mostra un buon accordo nell'AOD media in estate, mentre in inverno (da ottobre a febbraio) RegCM riporta un'AOD media significativamente più alta. Analogamente ai due database osservativi, RegCM raggiunge un massimo in Luglio per l'HKK. Nella regione Himalayana MACC e MODIS mostrano significative differenze tra di loro durante tutto l'anno, che possono essere attribuite ad una stima dell'AOD maggiore in MODIS sul plateau Tibetano. Mentre tra dicembre e maggio RegCM si mantiene tra i valori dei dati satellitari e quelli di rianalisi, in estate i suoi valori sono molto più alti di entrambi, giustificati da valori sul nord dell'India maggiori, associati ad intense sorgenti di polveri minerali ed al loro trasporto durante la stagione monsonica.

Serie temporali di AOD mediata su queste stesse aree (Fig. 3) mostrano che nell'HKK RegCM riproduce la variabilità osservata e la comparsa di alcuni estremi di AOD, particolarmente in confronto a MODIS. Alcuni estremi alti di AOD in inverno di RegCM non trovano corrispondenza nei dataset da satellite e di rianalisi. Questi possono essere associati con episodi di trasporto a grande distanza di polveri ed inquinanti antropogenici che andranno esplorati ulteriormente. Nell'Himalaya RegCM presenta una serie temporale più irregolare al confronto dei dataset osservativi e non è in grado di riprodurre alcuni alti valori estremi osservati in estate, in particolare da MODIS.

Un'analisi dei flussi di deposizione di aerosol con significativo assorbimento della luce (black carbon e polveri) conferma l'importanza dei processi di deposizione di polveri in particolare durante la stagione estiva sul pendio sud dell'Himalaya. Lo scenario



**Fig. 2.** Climatologia mensile dell'AOD per le aree dell'HKK e l'Himalaya definite in fig. 1.



**Fig. 3.** Serie temporali di medie areali di AOD mensili per HKK e Himalaya.

futuro RCP 4.5 (2040-2050) rivela una possibile diminuzione nella deposizione invernale di BC, principalmente associata con una diminuzione delle emissioni antropogeniche nel sud-est asiatico nello scenario. Il modello prevede inoltre una diminuzione significativa nelle emissioni di polveri che vanno a depositarsi sull'Himalaya, sia in estate (dal deserto del Thar) che in inverno (dal deserto del Gobi). Gli associati cambiamenti a grande scala nei pattern di trasporto e nella climatologia dei venti andranno esplorati in maggiore dettaglio, assieme a possibili impatti sull'albedo della neve e sul forcing radiativo locale.

### 3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

A partire dagli output modellistici di EC-Earth sono stati preparati da parte di CNR-ISAC appositi file di condizioni al contorno per i periodi 1960-2005 (periodo storico) e 2006-2050 (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) da utilizzare per la produzione di simulazioni con un modello di clima regionale idrostatico per l'area di interesse dell'HKKH. Questi dati sono stati trasmessi ad ICTP.

CNR-ISAC ha lavorato in stretta collaborazione con ICTP per fornire condizioni al contorno a grande scala di concentrazioni di aerosol, consistenti con quelle utilizzate nelle simulazioni EC-Earth, da essere utilizzate per le simulazioni regionali di clima. In particolare sono state recuperate le concentrazioni di aerosol CAM 3.5, insieme a campi di concentrazione di SO<sub>2</sub>, non distribuiti dalla IIASA in origine.

Gli output delle simulazioni effettuate con il modello RegCM, fornite da ICTP, sono state trasferite sia al CASPUR che al CNR-ISAC. Un'analisi preliminare svolta sia da parte di CNR-ISAC che di ICTP su una prima versione delle simulazioni ha permesso ad ICTP di migliorare le condizioni iniziali utilizzate per la copertura nevosa, la parametrizzazione dinamica delle emissioni di polveri e di risolvere questioni legate al trasporto, portando ai risultati modellistici finali che sono stati analizzati in questo progetto pilota.

Gli output di simulazioni esistenti svolte da CNR-ISAC presso CASPUR con il modello ECHAM-HAM 5.5, che include il modulo di dinamica e trasporto degli aerosol HAM2, sono stati raccolti e resi disponibili in un archivio centralizzato presso CNR-ISAC.

E' stato sviluppato uno strumento che permette una rapida e semplice produzione di mappe spaziali a partire da dati grigliati in formato netcdf, sviluppato utilizzando il

pacchetto di strumenti GMT (Generic Mapping Tools). Lo strumento che è stato sviluppato, sotto forma di un comando unix, permette la generazione flessibile di mappe spaziali, fornendo diverse proiezioni, selezione di aree specifiche e scale di colore. Questo strumento è stato utilizzato per l'analisi AOD in questo studio.

### **3.3 Attività di Formazione**

CNR-ISAC ha organizzato, con il supporto di NextData la XX edizione della Alpine Summer School, svoltasi in Valsavarence, Valle d'Aosta, Italia, dal 20 al 28 Giugno 2012, con il titolo "Climate, Aerosols and the Cryosphere" ([http://www.to.isac.cnr.it/aosta\\_old/aosta2012/index.htm](http://www.to.isac.cnr.it/aosta_old/aosta2012/index.htm)). Il corso ha presentato l'attuale stato delle conoscenze sugli effetti sul clima degli aerosol, in particolare quelli con caratteristiche di assorbimento della luce, con un'enfasi particolare sulle possibili strategie di mitigazione futura. Il corso ha discusso i legami tra gli aerosol e la dinamica criosferica con particolare attenzione alla regione dell'Hindu-Kush-Karakorum-Himalaya, dove effetti radiativi e di deposizione degli aerosol hanno potenzialmente un significativo impatto. Il corso ha discusso anche questioni sull'impatto, l'adattamento e la mitigazione di cambiamenti globali. Hanno partecipato alla scuola 13 docenti tra i massimi esperti mondiali nel settore su questi argomenti e più di 30 studenti laureati.

### **3.4 Attività di disseminazione e divulgazione**

Nessuna specifica.

### **3.5 Partecipazione a conferenze**

I risultati scientifici ottenuti nell'ambito di questo studio pilota sono stati discussi nelle seguenti conferenze e workshop:

- I risultati modellistici ottenuti con due modelli globali di aerosol (ECHAM-HAM e TM5) sono stati presentati alla European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2012, Vienna, 22-27 Aprile 2012.
- Definizione di strategie modellistiche e presentazione di risultati scientifici all'incontro modellistico Paprika presso CNR-ISAC Torino il 2-3 Aprile, 2012 ed al meeting generale del progetto Paprika-Italia, presso CNR-ISAC, Torino, 30.11.2012.
- 3rd International Conference on Earth System Modelling 17-21 Settembre 2012, Amburgo, Germania.

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### **4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)**

Per questo studio pilota sono state analizzate una serie di simulazioni numeriche (per il periodo corrente, con condizioni al contorno ERA-Interim e con il modello EC-Earth, e per lo scenario RCP 4.5) effettuate con il modello di clima regionale RegCM. Queste simulazioni sono state archiviate presso ICTP, CNR-ISAC e CASPUR. I risultati dell'analisi sono stati descritti in dettaglio nel corrispondente deliverable D2.6.1 ed i

dati di output modellistico ed ulteriori dettagli sui modelli sono descritti nel deliverable D2.5.1.

Sono stati recuperati ed archiviati presso CNR-ISAC dati di AOD dallo strumento Moderate Resolution Imaging Spectro radiometer (MODIS) a bordo del satellite Terra, a partire dal 2000. In particolare è stato utilizzato il prodotto Aerosol Cloud Water Vapor Ozone Daily L3 Global 1Deg CMG collection. Inoltre sono stati recuperati ed archiviati dati di AOD dal progetto di rianalisi MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate), a partire dal 2003.

Sono state svolte ed archiviate presso CNR-ISAC simulazioni globali di aerosol con il modello ECHAM-HAM, per una serie di diversi dataset di forzanti antropogeniche. Ulteriori dettagli sulle simulazioni ECHAM-HAM sono disponibili nel deliverable D2.5.1.

Sono state recuperate ed archiviate presso CNR-ISAC misure in-situ di AOD dal network globale AERONET per la regione dell'HKKH.

## **4.2 Pubblicazioni**

L'articolo "Asian Monsoon and the Elevated-Heat-Pump Mechanism in Coupled Aerosol-Climate Model Simulations" Miriam D'Errico, Chiara Cagnazzo, Pier Giuseppe Fogli, William K. M. Lau and Jost von Hardenberg è attualmente in fase di preparazione.

## **4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)**

Gli output da simulazioni con il modello RegCM, forniti da ICTP, per il periodo storico (2000-2009) e per lo scenario RCP 4.5 (2040-2050) sono stati trasferiti presso CNR-ISAC e presso CASPUR e sono disponibili sul THREDDS dataserver (TDS) fornito da CASPUR/Cineca: ([https://bl102.caspur.it:8443/thredds/catalog/NextData/ICTP/RegCM/India-CORDEX/EC-Earth\\_BC/historical/catalog.html](https://bl102.caspur.it:8443/thredds/catalog/NextData/ICTP/RegCM/India-CORDEX/EC-Earth_BC/historical/catalog.html)).

I file di output sono file netcdf separati per mese che forniscono per ogni specie di aerosol la loro concentrazione istantanea, il loro totale colonnare, i flussi di deposizione (drydep, rainout, washout), flussi di emissione e la dry deposition velocity. Sono disponibili anche output di AOD e di forcing radiativo, insieme a dati atmosferici su livelli, dati di superficie e dati radiativi. I dati sul TDS sono distribuiti su sottocartelle ("3hr", "6hr", "day" e "mon") sulla base delle medie temporali a cui si riferiscono. I dati di superficie (per esempio temperatura a 2m, precipitazione ecc) sono disponibili ad intervalli di 3 ore. I dati di statistiche come p.es la temperatura massima giornaliera sono disponibili su base giornaliera. Tutti gli altri file/variabili sono disponibili come istanti a frequenza di 6 ore. Per comodità degli utenti CNR-ISAC ha inoltre creato medie giornaliere e mensili di tutti i file.

## **4.4 Deliverables completati**

Il deliverable D2.6.1 è stato completato con i risultati per il primo anno di attività di questo studio pilota.

## **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati.**

Non sono stati riscontrati particolari problemi o scostamenti dalle attività previste nel Piano Esecutivo.

## **6. Attività previste per il secondo anno**

Il confronto tra le simulazioni modellistiche e le osservazioni verrà esteso a dataset osservativi in-situ disponibili. In particolare saranno confrontate misure di AOD e di parametro di Angstrom disponibili dalla rete di misura AERONET. L'analisi sarà estesa anche ad altri parametri chimici e fisici degli aerosol (come il coefficiente di assorbimento, le concentrazioni, il coefficiente di scattering, la distribuzione di dimensioni, PM1, PM2.5 e PM10) disponibili dal database EBAS e direttamente da CNR-ISAC, misurate presso il Nepal Climate Observatory - Pyramid ABC site, Nepal e presso altri siti nel range del Karakorum. Di particolare interesse sarà per polveri minerali e black carbon l'analisi del loro trasporto a grande distanza nel modello, l'identificazione di aree sorgenti e l'analisi della loro deposizione su ghiaccio e neve.