



Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Rendicontazione scientifica
per il periodo di riferimento 01 - 01 - 2014 / 31 - 12 - 2014

WP2.5 Archive of numerical simulations and projections

Responsabile: Silvio Gualdi
CMCC

1. Attività prevista e risultati attesi

Per il terzo anno del Progetto (2014) era previsto lo svolgimento delle seguenti attività di work-package:

- continuare la produzione di simulazioni numeriche globali e regionali mirate alle aree d'interesse del Progetto, con particolare riferimento alle regioni Mediterranea, Alpina e HKKH;
- completare l'implementazione dei modelli numerici ad alta risoluzione, a scala locale, non idrostatici, ed eseguire simulazioni della dinamica climatica e ambientale in zone montane con orografia complessa;
- eseguire studi di fattibilità per lunghe simulazioni (secolari) della variabilità climatica del bacino del Mediterraneo: analisi della capacità dei modelli regionali disponibili di riprodurre i segnali osservati a scala decadale sul Mediterraneo;
- continuare l'archiviazione dei dati numerici ottenuti dalle simulazioni climatiche, con particolare attenzione per l'area Mediterranea, la regione Alpina e la regione HKKH;
- contribuire al disegno del Portale Generale di accesso ai dati del Progetto;
- continuare il lavoro sul downscaling stocastico con diverse attività, soprattutto mirate alla produzione di scenari futuri di precipitazione ad alta risoluzione in Italia nord-occidentale;
- avviare la generazione di archivi di dati ad alta risoluzione, applicando le tecniche di downscaling ad osservazioni e output di modelli a bassa risoluzione (sia spaziale che temporale);
- avviare le attività di confronto tra diverse tecniche di downscaling dinamico, statistico e stocastico, per comprenderne le caratteristiche e i limiti di applicabilità per diversi e specifici casi studio;
- organizzare un incontro dei partner del WP (oltre al meeting annuale di Progetto) per la discussione e il coordinamento delle produzioni degli scenari climatici e della fruibilità dei relativi dati numerici.

2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento

D2.5.3: prima versione degli archivi di simulazioni climatiche globali e regionali resi disponibili presso i server dati dei centri partner.

3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento

Nel corso del terzo anno di Progetto, tutti i partner hanno concorso al pieno raggiungimento degli obiettivi del WP e in particolare al completamento del Deliverable D2.5.3, consistente nella costruzione della prima versione degli archivi di simulazioni climatiche globali e regionali e della loro accessibilità per mezzo di una rete di server dati. Inoltre, tutti i partner hanno contribuito alla produzione di nuovi data set e nuove simulazioni numeriche ad alta risoluzione per le aree di interesse del Progetto, come area Mediterranea, regione Alpina e HKKH. Nei paragrafi seguenti sono indicati e riassunti i contributi di ciascun partner alle attività del work-package svolte nel corso del 2014.

3.1 Attività di ricerca

Modellistica numerica globale e regionale ad alta risoluzione

ISAC-CNR ha continuato la produzione di esperimenti numerici nell'ambito delle attività di tuning della nuova versione, v.3, del modello EC-Earth alla risoluzione standard T255L91/ORCA1. I risultati degli esperimenti di tuning hanno permesso di rilasciare nel 2014 la nuova versione v 3.1 di EC-Earth. In particolare è stata esplorata la sensibilità dei campi

radiativi di EC-Earth agli indici di performance Reichler and Kim (2008) rispetto a diversi parametri che controllano convezione, tasso di entrainment, precipitazione e altri processi legati al ciclo dell'acqua. A questo scopo sono stati effettuati diversi run AMIP, ognuno di 6 anni. Questo studio ha permesso di trovare valori dei parametri che permettono di ottenere migliori flussi radiativi shortwave e longwave netti al TOA, forcing longwave delle nubi e flussi di calore netti alla superficie.

ISAC-CNR ha effettuato simulazioni ad alta risoluzione nella regione Europea con il modello non-idrostatico Weather Research and Forecast (WRF) v 3.4.1 a 11 km di risoluzione, forzato con la simulazione CMIP5 di EC-Earth generata da ISAC-CNR, nel periodo storico (1979-2005) e per lo scenario RCP 4.5 (2006-2050). La griglia e il dominio utilizzati seguono le specifiche CORDEX Europa. Per gli esperimenti sono state utilizzate risorse di calcolo fornite dal centro di supercalcolo LRZ. Sono state utilizzate la parametrizzazione microfisica WSM6 e la parametrizzazione convettiva di Kain-Fritsch. E' stato effettuato uno studio preliminare mirato a determinare la migliore scelta in termini di parametri di parametrizzazione, particolarmente in termini della skill delle simulazioni nella riproduzione della precipitazione su orografia complessa nella Greater Alpine Region. A questo fine è stata portata a termine una serie di simulazioni a 0.11° e 0.04° nel dominio EURO-CORDEX, forzate da condizioni al contorno ERA-Interim, nel periodo 1979-2009. I risultati delle simulazioni sono stati confrontati con dataset osservati grigliati ad alta risoluzione.

ISAC-CNR ha iniziato l'applicazione della procedura di downscaling stocastico RainFarm a simulazioni storiche e di scenario WRF e PROTHEUS nel bacino del Noce in Alto Adige, Italia. I dati da stazioni di misura disponibili sono stati raccolti e utilizzati per una validazione iniziale. E' stato iniziato uno studio per confrontare la procedura di downscaling RainFARM con un metodo alternativo basato su cascate multifrattali per l'area dell'Italia nordoccidentale, utilizzando dati EURO4-APGD e da stazioni di misura in Piemonte per la validazione.

ISAC-CNR ha testato e validato differenti metodi di bias-correction per la precipitazione, applicati a dati da scenari climatici simulati con il modello ICTP RegCM4, per la Greater Alpine Region. Sono stati usati dati EURO4M-APGD, HISTALP e E-OBS per la calibrazione. Sono stati esplorati tre metodi (basati su una semplice correzione proporzionale e sul quantile mapping), verificando in particolare la riproduzione di indici di precipitazione estrema.

Nell'ambito delle domande scientifiche emerse durante il Progetto, ENEA ha condotto un'approfondita analisi della variabilità climatica a bassa frequenza nella regione Mediterranea, studiando in particolare la capacità delle simulazioni regionali di riprodurre il segnale osservato a scala decadale nel bacino Mediterraneo. Il primo passo è stato quello di analizzare preliminarmente le simulazioni regionali prodotte nel Progetto ENSEMBLES in termini delle loro capacità di riprodurre i segnali su scala decadale. Sono state prese in considerazione le simulazioni forzate ai bordi da ERA40 per il periodo 1961-2000. Il dataset costituito da tali simulazioni può essere considerato come punto di riferimento per future analisi che prendano in considerazione le nuove simulazioni regionali CORDEX e MedCORDEX presenti nel portale NextData.

In Figura 1 sono riportate a titolo esemplificativo le anomalie di precipitazione standardizzate (estive ed invernali) così come riprodotte dalle simulazioni regionali ENSEMBLES forzate dalla re-analisi ERA40. Tali simulazioni sono confrontate con osservazioni (CRU, EOBS) e con la re-analisi stessa. I dati sono mediati sui soli punti di terra di un rettangolo che comprende la regione mediterranea (LON: 10W- 40E; LAT: 30N-48N).

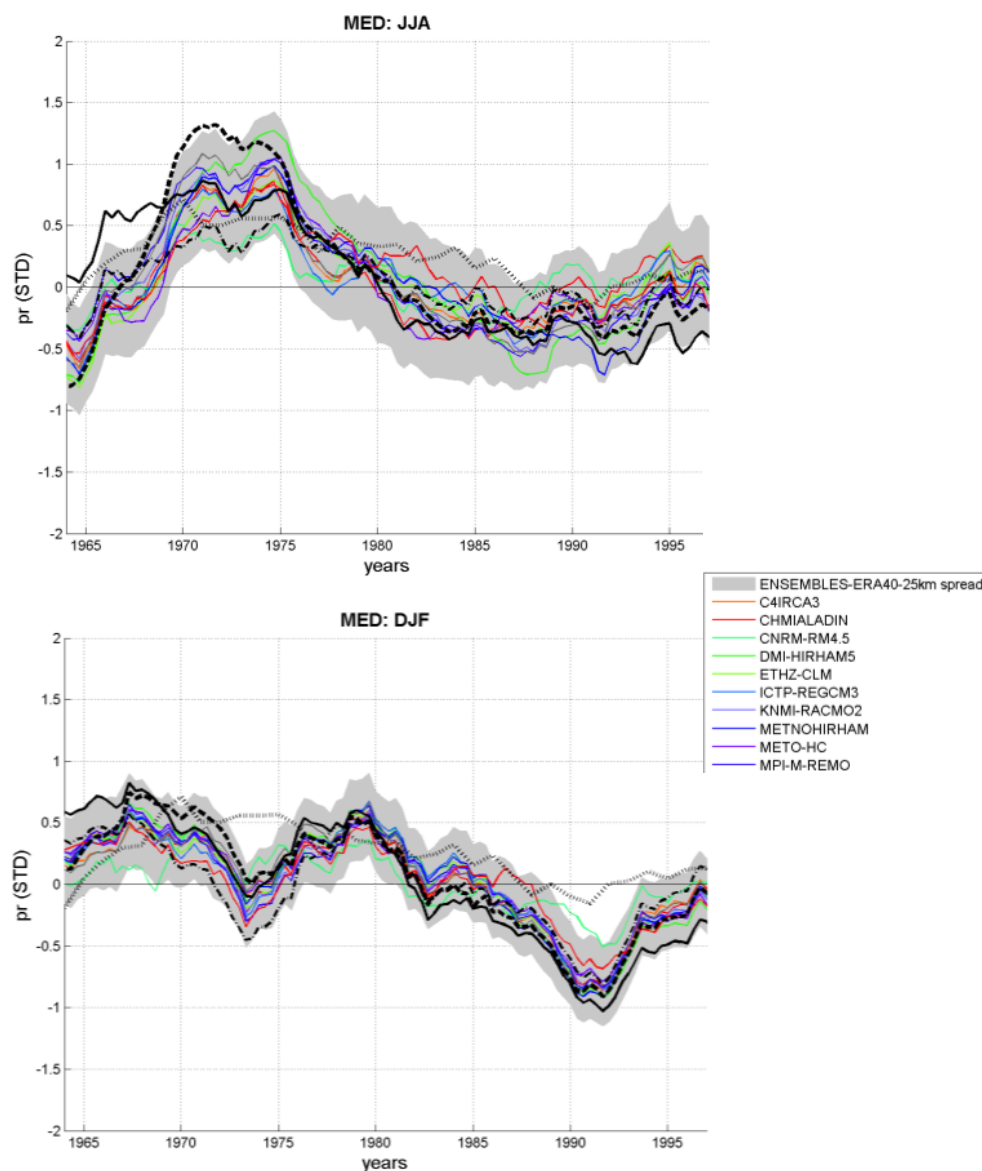


Fig. 1. Anomalie di precipitazione (estive e invernali) sui solo punti di terra in un riquadro (LON: 10W-40E; LAT: 30N-48N) che contiene la regione mediterranea. Le osservazioni riportate sono CRU, EOBS e la reanalisi ERA40, mentre le simulazioni regionali sono quelle, forzate dalla stessa reanalisi ERA40, contenute nell'archivio ENSEMBLES. E' stato riportato anche l'indice SNAO. Sono riportate le anomalie rispetto alla media climatologica su tutto il periodo con una media mobile di 7 anni.

Come segnale a scala decennale è stato anche riportato l'indice SNAO che è correlato, su scale di tempo lunghe, con le precipitazioni estive (Mariotti e Dell'Aquila, 2011). In generale le simulazioni regionali sembrano essere in grado di riprodurre segnali a scala decennale. Partendo da tali risultati, ancorché preliminari, durante il prossimo anno di attività verranno analizzate le simulazioni CORDEX e MedCORDEX disponibili nel portale NextData.

Il CMCC ha condotto diversi test al fine di individuare la migliore configurazione del modello atmosferico ad area limitata COSMO-CLM, alla risoluzione spaziale di 0.02° (circa 2.2 km) sull'area alpina, in termini di simulazione della temperatura a 2 metri e della precipitazione. Complessivamente sono stati condotti 12 test, eseguendo un "nesting" del modello a 0.02° in una simulazione effettuata con lo stesso modello ad una risoluzione spaziale di 0.072° (circa 8 km) condotta utilizzando condizioni al contorno ottenute dalle Re-analisi ERA-Interim dell'ECMWF. I test sono stati eseguiti modificando alcuni parametri fisici (principalmente legati alla microfisica della precipitazione) e numerici in integrazioni condotte su un arco

temporale di due anni: marzo 1979 - febbraio 1981. La capacità del modello di riprodurre il clima alpino a tale risoluzione è stata poi valutata confrontando i risultati delle simulazioni con diversi dataset osservativi di temperatura e precipitazione (EOBS, EURO4M e due dataset regionali per il Veneto e l'Emilia Romagna) e analizzando due differenti zone orografiche (una caratterizzata da un'orografia superiore a 1000 m e una con un'orografia inferiore a 300 m) e le regioni Veneto ed Emilia Romagna. Il dominio simulato e le sotto-regioni considerate per le analisi sono mostrati in Figura 2.

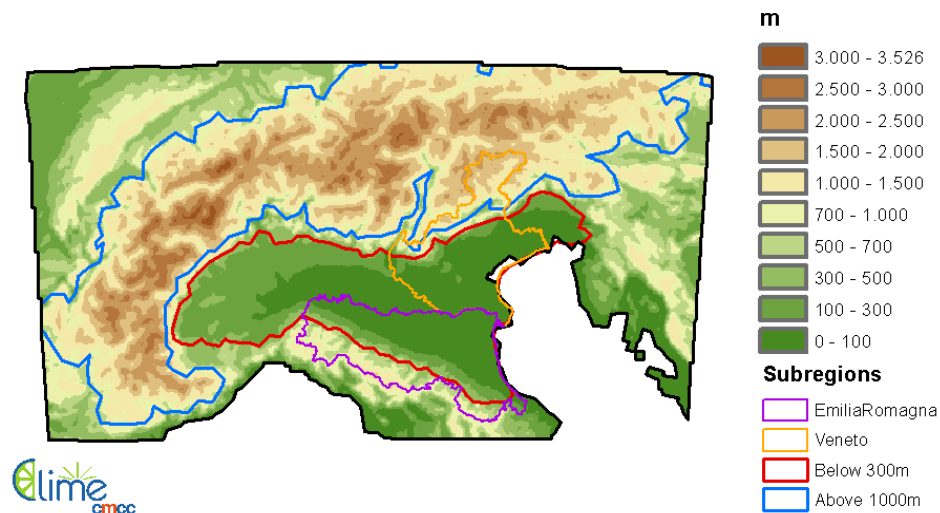


Fig. 2. Orografia del dominio a 0.02° di risoluzione spaziale e delle sotto regioni analizzate.

In Figura 3 è riportato il bias mensile di temperatura di ciascuna simulazione per la zona montuosa: le simulazioni a 0.02° sono caratterizzate da una sottostima di temperatura inferiore rispetto alla simulazione a 0.072°; inoltre, la simulazione caratterizzata da un valore differente del parametro riguardante lo spessore dello strato limite termico mostra il bias più basso rispetto alle varie configurazioni utilizzate per l'analisi di sensitività.

Per quanto riguarda la presenza di bias nelle simulazioni climatiche, il CMCC ha condotto un'analisi delle tecniche più idonee per la stima e la correzione degli errori sistematici al fine di avere un'efficace applicazione dei dati prodotti da modelli numerici negli studi di impatto della variabilità e del cambiamento climatico. In particolare, due studi hanno analizzato i punti di forza debolezza di tre tecniche di Bias Correction ampiamente adottate in letteratura: linear-scaling, quantile mapping e MOS analogs. Il primo lavoro (Zollo et al., 2014) adotta come caso studio cui sono applicati i dati ottenuti dalla modellistica climatica corretta, la frana di Orvieto (quindi a scala puntuale), mentre il secondo (Zollo et al., 2015) li applica alle variazioni di portate a scala di bacino del fiume Po.

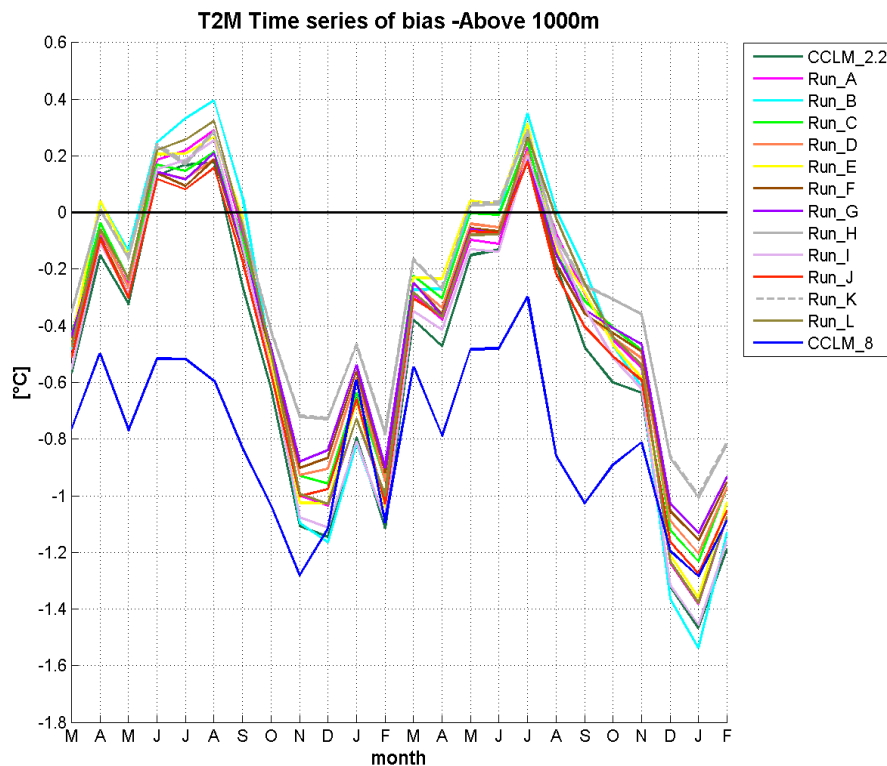


Fig. 3. Bias mensile di temperatura rispetto agli EOBS sulla zona con orografia maggiore di 1000 m per le varie simulazioni analizzate.

Dai risultati ottenuti si evince come le tecniche di Bias Correction siano strumenti necessari per l'applicazione dei dati prodotti dai modelli climatici allo studio d'impatto. Inoltre, in generale, i risultati migliori sono ottenuti, in ambedue i casi, con la tecnica del "quantile mapping". Su tali basi, è stato condotto un terzo lavoro (Villani et al., sottomesso) nel quale sono valutate le prestazioni delle differenti tipologie del metodo del "quantile mapping" (distribution derived transformations, parametric transformations, empirical quantiles). I risultati di questi studi sono raccolti e discussi in un articolo pubblicato e in un altro in corso di pubblicazione. Inoltre, il CMCC ha eseguito un'analisi volta a valutare le proprietà statistiche (ciclo annuale, variabilità interannuale e decennale, distribuzione geografica, trend) dei cicloni "Tropical-like" nel Mediterraneo (MTLC o Medicanes). In particolare, le proprietà statistiche dei Medicanes sono state valutate nella climatologia degli ultimi 60 anni ed è stata anche prodotta una stima di come tali proprietà potrebbero rispondere al cambiamento climatico. L'analisi è stata basata sui risultati del lavoro di Cavicchia e von Storch (2013), i quali hanno dimostrato che un modello numerico implementato ad alta risoluzione (10 km) nel bacino del Mediterraneo e integrato con condizioni al contorno derivate da una ri-analisi (per es. NCEP), è in grado di riprodurre i Medicanes osservati e studiati in letteratura. Sfruttando tale metodo, e con l'ausilio di un algoritmo di "detection-obiettivo" appositamente sviluppato nell'ambito del Progetto NextData, è stato possibile studiare le proprietà statistiche di Medicanes in modo sistematico. In particolare, è stato constatato che i Medicanes si formano soprattutto durante la stagione fredda nel Mediterraneo occidentale e nella regione che si estende tra il Mar Ionio e la costa settentrionale dell'Africa. I fattori ambientali connessi con la formazione dei Medicanes sono stati analizzati, trovando che la loro attivazione richiede una significativa differenza di temperatura tra la superficie del mare e gli superiori della troposfera, un basso

“shear” del vento, un alto contenuto di umidità atmosferica e un’alta vorticità nei bassi strati troposferici.

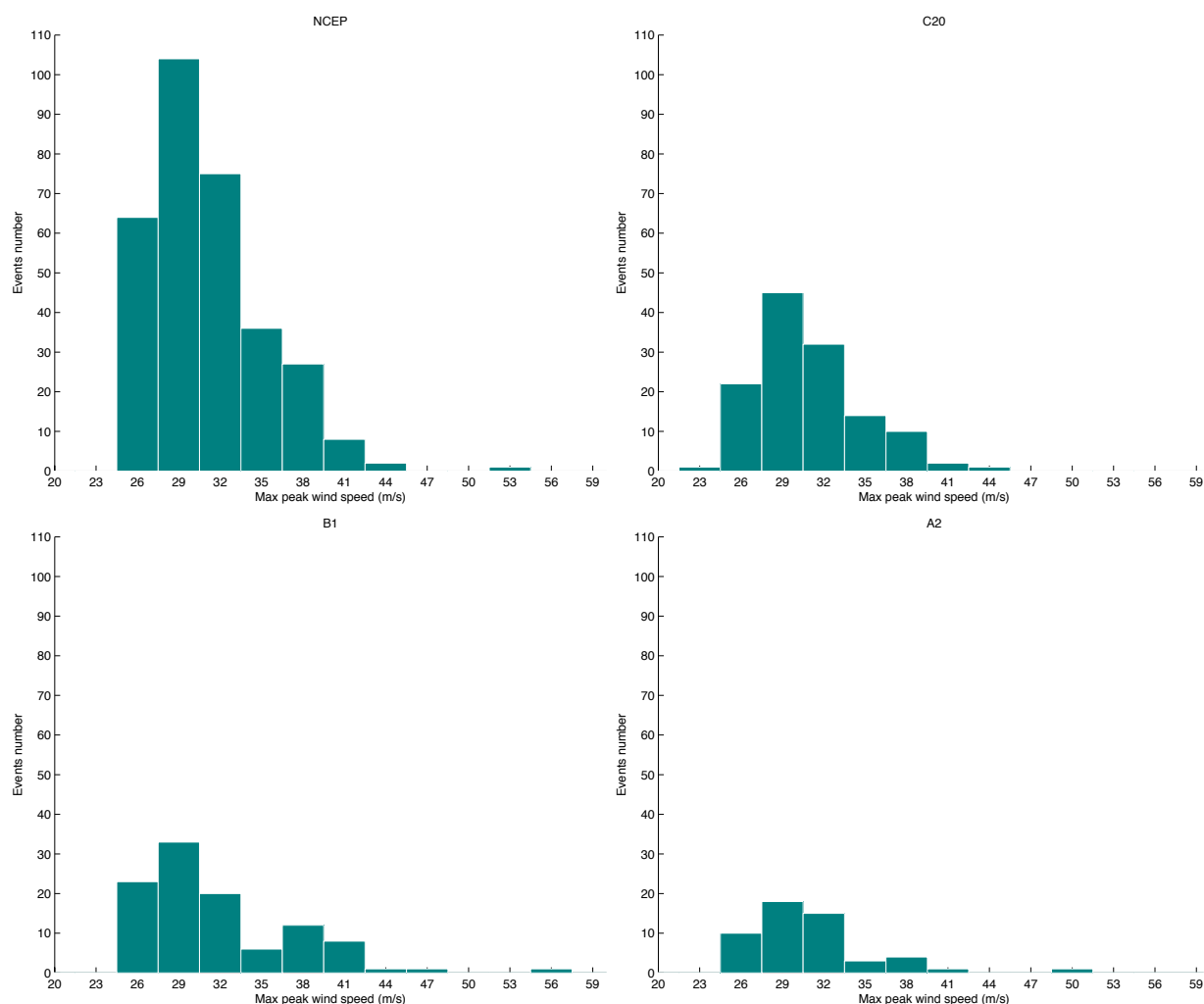


Fig. 4. Intensity of simulated Mediterranean tropical-like cyclones in downscaled NCEP reanalysis (top left), simulated 20th century climate (top right) and climate scenarios B1 (bottom left) and A2 (bottom right), from Cavicchia et al. (2014).

Applicando la stessa procedura di downscaling dinamico alle simulazioni condotte con un modello globale, utilizzando concentrazione di gas serra corrispondenti a diversi scenari climatici futuri, è stato stimato il possibile impatto del cambiamento climatico sulle statistiche dei Medicanes (Cavicchia et al., 2014). I risultati suggeriscono che negli ultimi tre decenni del secolo in corso (2070-2100), il numero di tempeste nel Mediterraneo con caratteristiche tropicali potrebbe diminuire, in conseguenza a una minore frequenza di condizioni ambientali favorevoli per la loro formazione. D'altro canto, però, ci sono indicazioni di un aumento della percentuale dei Medicanes più intensi (Figura 4). Tuttavia, questi sono solo risultati preliminari e una robusta valutazione delle possibili variazioni di intensità dei Medicanes indotta dal cambiamento climatico richiede ulteriori indagini, basate su un più ampio campione di eventi simulati, e su una più approfondita analisi dei meccanismi fisici coinvolti nella intensificazione di questi eventi estremi.

Infine, il CMCC ha completato la messa a punto e la valutazione di un nuovo modello accoppiato regionale oceano-atmosfera per la regione del Mediterraneo. In particolare, il nuovo modello ha come componente atmosferica COSMO-CLM v.4.8.21 (implementato con risoluzione orizzontale 0,44° e 45 livelli sigma verticali) e come oceano il modello NEMO v.3.4 MFS (con risoluzione orizzontale 1/16° e 71 livelli verticali). Le due componenti sono state messe in comunicazione per mezzo dell'accoppiatore Oasis3. Col nuovo modello accoppiato

sono state effettuate una serie di simulazioni di prova per valutare la sensibilità del modello a diverse parametrizzazioni delle nuvole, della convezione e dell'albedo marino. Il modello è stato utilizzato per eseguire simulazioni del clima presente e verrà utilizzato, nell'ambito di NextData, per produrre proiezioni di cambiamento climatico per l'area del Mediterraneo, seguendo i protocolli del programma MedCORDEX.

Produzione di dati ad alta risoluzione per mezzo di downscaling dinamico, statistico e stocastico

ISAC-CNR ha iniziato l'applicazione della procedura di downscaling stocastico RainFarm a simulazioni storiche e di scenario WRF e PROTHEUS nel bacino del Noce in Alto Adige, Italia. I dati da stazioni di misura disponibili sono stati raccolti e utilizzati per una validazione iniziale. E' stato iniziato uno studio per confrontare la procedura di downscaling RainFARM con un metodo alternativo basato su cascate multifrattali per l'area dell'Italia nordoccidentale, utilizzando dati EURO4-APGD e da stazioni di misura in Piemonte per la validazione.

ISAC-CNR ha testato e validato differenti metodi di bias-correction per la precipitazione, applicati a dati da scenari climatici simulati con il modello ICTP RegCM4, per la Greater Alpine Region. Sono stati usati dati EURO4M-APGD, HISTALP e E-OBS per la calibrazione. Sono stati esplorati tre metodi (basati su una semplice correzione proporzionale e sul quantile mapping), verificando in particolare la riproduzione di indici di precipitazione estrema.

ENEA ha condotto studi mirati alla validazione di una metodologia per comparare gli output di procedure di downscaling dinamico con dati da stazione. In particolare, è stata introdotta e testata una metodologia per misurare la capacità delle simulazioni numeriche regionali di riprodurre le principali caratteristiche climatiche di una regione con orografia complessa (rappresentazione ciclo stagionale, eventi intensi). L'utilizzo di tecniche di cluster analysis ha permesso un'aggregazione spaziale che rendesse possibile il confronto di dati da stazioni puntuali con gli output dei modelli climatici su griglia. In particolare, l'output di una simulazione regionale prodotta con il modello ENEA-PROTHEUS forzata dalla reanalisi ERA40, già disponibile sul portale NextData, è stato confrontato con 40 anni di dati da stazione raccolte dall'Aeronautica Militare sul territorio italiano. Sono state identificate diverse aree climatiche utilizzando la tecnica di clustering di Ward per le temperature minime, massime e precipitazioni lungo tutta la penisola italiana. Il modello climatico regionale è in grado di riprodurre i clusters osservati seppure con risultati che dipendono dalla variabile in considerazione. I migliori risultati sono ottenuti quando si considera la temperatura minima giornaliera. Per quanto riguarda la temperatura massima il modello tende a sovrastimare il picco estivo e i conseguenti eventi intensi lungo tutta la penisola. Il modello climatico tende anche a sovrastimare la pioggia, soprattutto in primavera e nella prima parte dell'estate. La frequenza e l'intensità degli eventi estremi è ben riprodotta, soprattutto per quanto riguarda l'arco alpino.

Il CMCC ha eseguito un confronto tra diversi metodi di downscaling dinamici e statistici per la generazione di campi di precipitazione a scala temporale sub-giornaliera. Partendo dai risultati ottenuti in recenti studi (per es., Lu & Quin, 2014), è stato sviluppato e testato un modello stocastico per la produzione di pattern sub-giornalieri di precipitazione ottenuti partendo da dati osservativi giornalieri. Nel modello sviluppato, le statistiche associate ai valori di precipitazione osservati a 24 e 48 ore sono utilizzate per la stima dei parametri di precipitazione Bartlett-Lewis. Utilizzando quindi un algoritmo di regolazione proporzionale (implementato nel codice Hyetos; Koutsoyiannis & Onof, 2011), sulla base dei parametri precedentemente identificati, è possibile stimare i valori di precipitazione a scala oraria coerenti con le statistiche di riferimento. Tale modello stocastico è stato poi applicato a un caso studio (stima delle variazioni di portata al colmo di piena nel bacino del fiume Secchia, associate a diversi scenari di cambiamento climatico), utilizzando come input i dati di precipitazione giornaliera forniti da un modello climatico regionale e post-processati tramite

opportune tecniche di “bias correction” (sviluppate nell’ambito del Progetto NextData). I risultati di questi studi sono raccolti e discussi in un articolo in corso di preparazione.

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Presso ISAC-CNR, sono stati effettuati lunghi esperimenti di spin-up con EC-Earth 3.1, per forzante antropogenica per l’anno 2000 (910 anni) e per condizioni pre-industriali caratteristiche per l’anno 1850 (1800 anni), utilizzando forzanti CMIP5, in modo da permettere al sistema accoppiato di raggiungere una condizione di equilibrio. Gli stati finali di queste simulazioni sono stati salvati come file di restart del modello e serviranno come base per ulteriori esperimenti futuri. I nuovi files di condizioni iniziali sono disponibili sul server web ISAC-CNR (<http://sansone.to.isac.cnr.it/ecearth/init/>). I risultati degli esperimenti di tuning sono stati post-processati e analizzati in termini di indici di performance, valori medi globali e di serie temporali oceaniche e atmosferiche.

Sono stati archiviati e sono disponibili dataset da simulazioni ottenuti con il modello a complessità intermedia (PlaSim). In particolare gli esperimenti includono una simulazione transiente storica con forzante antropogenica CMIP5 per il periodo 1850-2005 e due run perenni per l’anno 1850 e per l’anno 2000. Le risoluzioni utilizzate sono T21 e T42 (nel caso di atmosfera accoppiata ad un semplice oceano mixed-layer) e T21 (per il caso del modulo di oceano Large Scale Geostrophic (LSG)). Gli output modellistici sono stati confrontati con risultati del modello EC-Earth, con altri modelli CMIP5 e con dataset osservativi.

E’ stato ulteriormente sviluppato il software che implementa la procedura di downscaling RainFARM. In particolare è stata implementata la procedura descritta in D’Onofrio et al., 2014 e il software permette di scrivere direttamente ensemble di realizzazioni stocastiche in format netcdf. Sono stati raccolti, controllati, e validati dataset di osservazioni pluviometriche per il bacino del Noce in Alto Adige.

Il server THREDDS precedente installato sulle macchine ENEA è stato mantenuto ed aggiornato secondo i programmi del Progetto. Inoltre, nuove simulazioni oceaniche per il Mediterraneo forzate da ERA40 sono state aggiunte e rese disponibili.

Nel corso del terzo anno di attività, il CMCC ha aggiornato e potenziato la propria “NextData Platform”. La NextData Platform del CMCC è un’infrastruttura alquanto articolata e complessa che ha come scopo principale quello di rendere disponibile alla comunità scientifica di ricerca sul clima i dati delle simulazioni numeriche del clima prodotti dal CMCC. In fase di progettazione della piattaforma, particolare enfasi è stata data ai seguenti requisiti chiave:

- efficienza, scalabilità e accesso trasparente a grossi volumi di dati scientifici;
- uniformità nella gestione dei metadati con analoghe piattaforme implementate presso i data server degli altri partner del Progetto;
- implementazione di un approccio di tipo “*data centric*”, ovvero la possibilità di rendere disponibile lo stesso dato attraverso differenti servizi che offrono funzionalità complementari.

Dal punto di vista logico, la CMCC Data Platform è costituita da un “*insieme di servizi*” implementati su di una infrastruttura virtuale. Pertanto, tutti i servizi disponibili sono ospitati su macchine virtuali e possono essere raggruppati nelle seguenti macro categorie:

- Servizi “general purpose”: HTTP/FTP
- Servizi “domain-based” come, ad esempio:
 - OPeNDAP/THREDDS
 - ESGF data node

Per consentire di implementare l’approccio di tipo “*data centric*” sopra descritto, tutti i dati da rendere disponibili sono memorizzati in un “*data repository*” condiviso con le molteplici macchine virtuali che implementano i diversi servizi. Inoltre, il Thredds Data Server (TDS)

predisposto per le esigenze del Progetto NextData è stato completamente aggiornato. Il nuovo TDS è ora ospitato su di una nuova macchina virtuale appositamente creata e configurata per tale esigenza. Su di essa sono stati installati i seguenti pacchetti software: Apache Tomcat (v. 7.0.41) e TDS (v. 4.3). Il servizio è accessibile alla seguente URL: <http://nextdata.cmcc.it:8080/thredds>

3.3 Attività di formazione

Supervisione di un dottorato, iniziato nel 2013, della “Scuola di Dottorato in Scienze dalla Natura e Tecnologie Innovative” dell’Università di Torino su downscaling climatico e processi di interazione vegetazione-atmosfera.

Supervisione di un dottorato, iniziato nel 2013, della “Scuola di Dottorato in Fluidodinamica” del Politecnico di Torino su simulazioni paleoclimatiche e precipitazione in EC-Earth.

Supervisione di una tesi di laurea Magistrale (Univ. di Torino) su modellistica climatica con il modello PlaSim.

Supervisione di una tesi di laurea Magistrale (Univ. di Torino) sul confronto di metodi di downscaling stocastico.

Supervisione di una tesi di Laurea Triennale (Univ. di Torino) sulla simulazione numerica di processi convettivi.

Co-Supervisione di un dottorato (Univ. Di Genova) iniziato a gennaio 2014 su simulazioni non idrostatiche ad alta risoluzione di precipitazione intensa su orografia complessa.

Co-Supervisione di una tesi di Laurea Magistrale in Matematica presso la Seconda Università di Napoli (relatore Prof.ssa Di Serafino; correlatore Dr. Guido Rianna) su metodologie di stima dei valori di precipitazione a scala oraria tramite disaggregazione stocastica.

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Scuola Estiva Alpina: *Dynamics, Stochastics and Predictability of the Climate System*, Valsavarenche, Valle d'Aosta (Italy), 9-18 giugno, 2014, Corso XXII della Alpine Summer School. Hanno partecipato al corso 16 lecturers e 46 studenti (http://www.to.isac.cnr.it/aosta_old/aosta2014/index.htm).

3.5 Partecipazione a conferenze

International meeting with EC-Earth contributors/users, Lund, Svezia, 29 – 30 settembre 2014.

International meeting with EC-Earth contributors/users in Reading (ECMWF), 3 - 4 febbraio 2014.

CAVICCHIA L.: The new coupled regional climate model of the Mediterranean basin: COSMO-NEMOMed (presentazione orale). *CLM Community Assembly in Working Group*, Francoforte, Germania, 2 - 4 settembre 2014.

CALMANTI S., DELL'AQUILA A., MAIMONE F., PELINO V., (2014): Evaluation of climate patterns in a regional climate model over Italy using long-term records from SYNOP weather stations and cluster analysis. Presentazione orale *all'87° Congresso della Società Geologica Italiana*, Milano, 12 settembre 2014.

VEZZOLI R., DEL LONGO M., MERCOGLIANO P., MONTESARCHIO M., PECORA S., TONELLI F., ZOLLO A.L., Hydrological simulations driven by RCM climate scenarios at basin scale in the Po River in Italy. *IAHS 2014*, Bologna, Italia.

AGNETTI A., DEL LONGO M., PECORA S., VEZZOLI R., ZENONI E., Hydrological modeling and data assimilation in water resources assessment. *IAHS 2014*, Bologna, Italia.

CACCIAMANI C., MERCOGLIANO P., PECORA S., SCHIANO P., TIBALDI S., VEZZOLI R., Hydrology and Climate Change Scenarios in the Po River Basin EUWater Center. *First Annual Conference Climate Changes and Water Security in the Po River Basin*, Parma, Italia.

VEZZOLI R., RIANNA G., ZOLLO A.L., MERCOGLIANO P., VILLANI V., ZENONI E., PECORA S.: Un approccio stocastico per la stima degli effetti dei cambiamenti climatici sulla distribuzione dei colmi di piena. *XXXIV Convegno nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche IDRA 2014*, Bari, Italia.

SCOCIMARRO E., GUALDI S., VILLARINI G., BELLUCCI A., ZAMPIERI M., NAVARRA A.: Extreme precipitation events over the Euro-Mediterranean region: projections dependence on daily/sub-daily time scale definition (presentazione orale). *MedClivar International Conference*, Ankara, Turchia, 23-25 giugno 2014.

ZAMPIERI M., SCOCIMARRO E., GUALDI S.: Observed snowfall and river discharge trend and low-frequency variability over Alps (presentazione orale), *MedClivar International Conference*, Ankara, Turchia, 23-25 giugno 2014.

CAVICCHIA L., GUALDI S., VON STORCH H., Mediterranean tropical-like cyclone in present and future climate (presentazione orale). *MedClivar International Conference*, Ankara, Turchia, 23-25 giugno 2014.

ZAMPIERI M., SCOCIMARRO E., GUALDI S.: Observed snowfall and river discharge trend and low-frequency variability over Alps (oral presentation). *15th Conference on World Lake*, Perugia, 04-06 settembre 2014.

CAVICCHIA L., SANNA A., GUALDI S., ODDO P., ZAMPIERI M.: The CMCC regional coupled model system (oral presentation). *8th HyMex General Assembly*, Valletta, Malta, 15-19 settembre 2014.

ZAMPIERI M. and GUALDI S.: Certainties and uncertainties in river discharge predictions over the Iberian Peninsula in the next decades (oral presentation). *Final SCARCE International Conference*, Terragona, Spagna, 15-22 ottobre, 2014.

European Geosciences Union (EGU), General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 aprile – 2 maggio 2014.:

PIERI A., VON HARDENBERG J., PARODI A., PROVENZALE A.: High-resolution retrospective precipitation climatology for the Euro-CORDEX domain with the Weather Research and Forecast model (contributo poster - *EGU2014-12501*).

PIERI A., VON HARDENBERG J., PARODI A., PROVENZALE A., Role of resolution and of sub-grid parameterizations in modeling precipitation over the Euro-CORDEX domain with the Weather Research and Forecast model (contributo poster - *EGU2014-12628*).

PALAZZI E., VON HARDENBERG J., TERZAGO S., PROVENZALE A., The CMIP5 picture of current and future precipitation in the Karakoram-Himalaya (presentazione orale - *EGU2014-6355*).

DAVINI P., VON HARDENBERG J., FILIPPI L., PROVENZALE A.: Impact of the removal of the Greenland Ice Sheet on the Northern Hemisphere climate in a high-resolution GCM, (contributo poster - *EGU2014-7567*).

ZAMPIERI M., SCOCIMARRO E., GUALDI S., Observed snowfall and river discharge trend and low-frequency variability over Alps (presentazione orale - *EGU2014-6655*).

CAVICCHIA L., VON STORCH H., GUALDI S., Mediterranean Tropical-like Cyclones: Present and Future (presentazione orale: EGU2014-6655).

SCOCCIMARRO E., GUALDI S., BELLUCCI A., ZAMPIERI M., NAVARRA A., Heavy precipitation events over the Euro-Mediterranean region in a warmer climate: results from CMIP5 models (presentazione orale: EGU2014- 3967).

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

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

- Condizioni iniziali per EC-Earth 3.1 a risoluzione T255L91, ottenute da run di spin-up con forzanti antropogeniche correnti per l'anno 2000 (910 anni) e per l'anno 1850 (1800 anni), usando dati forzanti CMIP5.
- Output diagnostici da diversi esperimenti di tuning con EC-Earth 3.1, disponibili su un server presso ISAC-CNR (<http://sansone.to.isac.cnr.it/ecearth/diag>).
- Dataset da una serie di esperimenti con il modello climatico a complessità intermedia (EMIC) PlaSim, per un run transiente storico (dal 1850 al 2005) con condizioni forzanti CMIP5 e due run perenni per l'anno 2000 e per l'anno 1850.
- Gli output grezzi delle simulazioni climatiche WRF a 0.04° e a 0.11° sono stati postprocessati, estraendo le principali variabili di interesse (quali tas, pr, hurs, uas, vas, e t,q,u,v a livelli selezionati). E' stato completato il trasferimento di una parte di queste variabili nell'area di storage NextData presso CINECA. Dataset di precipitazione e temperatura sono stati trasferiti e convertiti in un formato adatto per la distribuzione.
- Dataset da pluviometri validati per il bacino del Noce, Alto Adige. I dataset sono disponibili su server ISAC-CNR.
- Sono stati preparati e sono disponibili dataset di precipitazione giornaliera bias-corrected, basati su simulazioni WRF e RegCM4 per la regione GAR, nel periodo 1970-2005 e per lo scenario 2006-2050.
- Simulazioni del clima del bacino del Mediterraneo prodotte con modelli ad area limitata ed alta risoluzione, accoppiati atmosfera-oceano sulla regione Euro-Mediterraneo. Le simulazioni sono state condotte secondo il protocollo MedCORDEX e serviranno per investigare la variabilità climatica del bacino e il segnale di cambiamento climatico proiettato in accordo agli scenari previsti dal protocollo.
- Simulazioni climatiche ad altissima risoluzione condotte con il modello COSMO-CLM implementato a 0.02° (circa 2.2 km) sulla regione Alpina.

4.2 Pubblicazioni

PALAZZI E., VON HARDENBERG J., TERZAGO S., PROVENZALE A., (2014, in stampa): The CMIP5 picture of current and future precipitation in the Karakoram-Himalaya. *Climate Dynamics*. DOI: 10.1007/s00382-014-2341-z.

TERZAGO S., VON HARDENBERG J., PALAZZI E., and PROVENZALE A., (2014): Snowpack changes in the Hindu-Kush Karakoram Himalaya from CMIP5 Global Climate Models, *J. Hydrometeorol.* DOI:10.1175/JHM-D-13-0196.1, 15 (6), 2293-2313.

FILIPPI L., PALAZZI E., VON HARDENBERG J. and PROVENZALE A., (2014, in stampa): Multidecadal Variations in the Relationship between the NAO and Winter Precipitation in the Hindu-Kush Karakoram. *Journal of Climate*. DOI:10.1175/JCLI-D-14-00286.1.

TURCO M., LLASAT M.-C., VON HARDENBERG J. AND PROVENZALE A., (2014): Climate change impacts on wildfires in a Mediterranean environment. *Climatic Change* 125, 369–380.

D'ONOFRIO D., PALAZZI E., VON HARDENBERG J., PROVENZALE A., CALMANTI S., (2014): Stochastic Rainfall Downscaling of Climate Models. *J of Hydrometeorology*, 15 (2), 830-843.

PIERI A., VON HARDENBERG J., PARODI A., PROVENZALE A., (2014): Sensitivity of precipitation statistics to resolution, microphysics and convective parameterization: a case study with the high-resolution WRF climate model over Europe, *Journal of Hydrometeorology*, sub judice.

CALMANTI S., DELL'AQUILA A., MAIMONE F., PELINO V., (2014): Evaluation of climate patterns in a regional climate model over Italy using long-term records from SYNOP weather stations and cluster analysis. *Climate Research*. DOI: 10.3354/cr01256.

DI BIAGIO V., CALMANTI S., DELL'AQUILA A., RUTI P. M., (2014): Northern Hemisphere winter midlatitude atmospheric variability in CMIP5 models. *Geophysical Research Letters* 41:4, 1277-1282.

VEZZOLI R., DEL LONGO M., MERCOGLIANO P., MONTESARCHIO M., PECORA S., TONELLI F., ZOLLO A.L., (2014): Hydrological simulations driven by RCM climate scenarios at basin scale in the Po River in Italy. Proceedings of *ICWRS2014*, Bologna, Italy, IAHS Red Book 364 (ISI).

ZOLLO A.L., RIANNA G., MERCOGLIANO P., TOMMASI P., COMEGNA L., (2014): Validation of a simulation chain to assess climate change impact on precipitation induced landslides. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*, pp. 287-292.

CAVICCHIA L., VON STORCH H. AND GUALDI S., (2014): Mediterranean Tropical-Like Cyclones in Present and Future Climate. *J. Climate*, 27, 7493-7501.

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

Output diagnostici del modello EC-Earth sono disponibili e accessibili al sito: <http://sansone.to.isac.cnr.it/ecearth/diag/>.

Nuove condizioni iniziali sono disponibili al sito <http://sansone.to.isac.cnr.it/ecearth/init/> in formato netcdf.

Output del modello EC-Earth e dataset di riferimento sono disponibili sul server thredds ISAC-CNR <http://sansone.to.isac.cnr.it:8080/thredds/catalog.html> in formato netcdf.

In generale, tutti i dati della modellistica climatica globale sono resi accessibili dai partner del WP2.5 secondo i protocolli definiti nell'ambito del work-package e relativi al Deliverable D2.5.4 sono disponibili attraverso il portale di Progetto all'indirizzo: <http://www.nextdataproject.it/?q=it/content/risultati-modellistici>

4.4 Deliverables completati

D2.5.4: prima versione degli archivi di simulazioni climatiche globali e regionali resi disponibili presso i server dati dei centri partner.

5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati

Non sono state riscontrate particolari criticità né scostamenti rispetto a quanto previsto nel Piano Esecutivo del Progetto rimodulato per il terzo periodo di attività.

6. Attività previste per il periodo successivo

Consistentemente con le attività programmate nel Piano Esecutivo del Progetto rimodulato, per il quarto anno si prevede di condurre le seguenti attività:

- completare le simulazioni numeriche degli scenari climatici globali e regionali nelle aree di interesse del Progetto, con particolare riferimento alle regioni Mediterranea, Alpina e HKKH;
- continuare l'archiviazione dei risultati delle simulazioni di modelli numerici non idrostatici ad alta risoluzione su scala locale, per la dinamica climatica e ambientale in zone montane (in particolare per la regione Alpina e per l'HKKH) e mettere a disposizione i risultati sui server dati del Progetto;
- continuare gli studi di fattibilità per lunghe simulazioni (secolari) della variabilità climatica in area Mediterranea: analisi di variabilità decadale e a bassa frequenza nelle proiezioni climatiche regionali fino al 2100 nella regione del Mediterraneo;
- contribuire alla realizzazione della versione definitiva del Portale Generale di accesso ai dati del Progetto;
- continuare le attività di downscaling statistico e stocastico (es. RainFARM) degli scenari climatici e rendere disponibili i dati per studi di impatto;
- organizzare un incontro (oltre al meeting annuale di Progetto) tra i partner del WP mirato alla discussione dei risultati ottenuti dalle simulazioni numeriche condotte nel WP e al coordinamento degli studi e della pubblicazione dei relativi risultati.



Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Rendicontazione scientifica
per il periodo di riferimento 01-01-2014 / 31-12-2014

WP2.5 - Progetto Speciale / Studio Pilota P4: RECCO **Development of ensembles of regional climate change scenarios, with focus on variability, extremes and uncertainties in areas of complex topography.**

Responsabile: Silvia Trini Castelli
ISAC-CNR, Torino

Responsabili di Unità:

F. Giorgi, ICTP
A. Parodi, ISAC-CNR
G. Erbacci, CINECA
F. Madonna, IMAA-CNR

Collaboratori:

P. Lanucara CINECA
L. Mariotti ICTP,
A. Balanzino, ISAC-CNR,
A. Comellas Prat, ISAC-CNR

1. Attività prevista e risultati attesi

Il piano esecutivo originale è brevemente riportato di seguito.

P4-WP1. Completamento di simulazioni aggiuntive (più GCMs, diverse configurazioni del modello) per i domini del Mediterraneo e del Sud Asia, eventualmente accompagnate da ulteriori run per i domini di Sud America, Centro America e Africa. I set delle nuove simulazioni saranno discussi e finalizzati nell'ambito del consorzio NextData.

P4-WP2. Le simulazioni di scenario (RCP4.5) saranno eseguite per i periodi 2041-2050 e 2071-2080. Il set di simulazioni sarà analizzato e discusso nell'ambito del consorzio NextData e si eseguirà la prima parte dell'analisi.

P4-WP3. Continuazione dell'elaborazione di simulazioni RAMS di test e dell'analisi delle questioni chiave relative ai run ad alta risoluzione; simulazioni nell'area HKKH per periodi in mesi diversi rappresentativi della variabilità stagionale. Confronto con le misure ed eventualmente con i risultati del modello WRF.

A seguito della rimodulazione delle attività, richiesta in conseguenza all'estensione della durata del Progetto NextData, il lavoro di ricerca è stato riprogrammato nel nuovo piano esecutivo per gli anni 2014 - 2016, come segue:

- continuare la produzione di simulazioni numeriche sia globali sia regionali mirate alle aree d'interesse del Progetto, in particolare:
 - per l'area MED-CORDEX, si potranno effettuare e confrontare simulazioni con RegCM e WRF per studiare il problema della sovrastima della precipitazione quando si usano risoluzioni di circa 12 km;
 - per l'area asiatica (INDIA) di interesse per RegCM, sarà possibile effettuare uno studio comune su area limitata con WRF e RAMS per valutare la sottostima della precipitazione nel settore NE;
 - per l'area Himalaya è in programma di rifare le simulazioni RegCM a 12 km di risoluzione; con WRF è possibile produrre simulazioni a risoluzione 0.11°. Le simulazioni RAMS possono contribuire con uno zoom sulla valle del Khumbu;
 - per l'area HKKH, andranno considerate le stesse valutazioni e proposte elencate sopra per l'area Himalaya.
- Utilizzare modelli numerici a scala locale, non idrostatici, per la simulazione della dinamica meteorologica e ambientale sulle zone montane d'interesse e continuare il lavoro sul downscaling stocastico con diverse attività, in particolare:
 - identificare 'casi studio' per riprodurre episodi di limitata estensione temporale che siano di interesse per simulazioni di confronto tra output 'meteo' e 'climatico';
 - effettuare possibilmente simulazioni RegCM con aerosol per i periodi limitati di interesse;
 - proseguire nel confronto tra diverse tecniche di downscaling dinamico, statistico e stocastico, per studiarne le caratteristiche e i limiti di applicabilità per i casi studio.
- Finalizzare la messa a disposizione del contenuto dell'archivio di dati numerici per le aree e i periodi d'interesse.
- Organizzare incontri di lavoro dei ricercatori del progetto allo scopo di integrare le diverse attività modellistiche.

2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento

A seguito della rimodulazione delle attività richiesta in conseguenza all'estensione della durata del Progetto NextData, anche i *Deliverables* sono stati riassegnati secondo diverse scadenze, come nella tabella che segue. Per il periodo di riferimento, è previsto il completamento del *Deliverable* numerato come D2.5.R.1, che include i report relativi ai *Deliverables* interni di RECCO P4.1.1, P4.1.2, P4.2.1, P4.3.1.

Deliverable		WP	Delivery date (Month)	REMOTULATED DELIVERY SCHEDULE	Nature
D2.5.R.1	P4.1.1	1	20	31.12.2014	Report describing the data transferred to the NextData Archive.
	P4.1.2	1	20	31.12.2014	Report summarizing the main findings from the analysis of the available simulations.
	P4.2.1	2	20	31.12.2014	Report on the analysis of the preliminary simulations, with illustrative examples. Archives of simulation outputs, made available for the WP4 activity.
	P4.3.1	3	20	31.12.2014	Report on the analysis of the preliminary and test simulations, with illustrative examples.
D2.5.R.2	P4.1.3	1	32	31.12.2015	Report describing the additional simulations completed and eventual results from a preliminary analysis of these experiments.
	P4.2.2	2	32	31.12.2015	Preliminary report on the scenarios simulations. Archives of simulation outputs, made available for the WP4 activity.
	P4.3.2	3	32	31.12.2015	Report on the specific results of the simulations performed in the different areas. Archives of simulation outputs, made available for the WP4 activity.
D2.5.R.3	P4.1.4	1	38	30.06.2016	Report describing the new data transferred to the NextData Archive.
	P4.1.5	1	38	30.06.2016	Report summarizing the main findings from the analysis of the new simulations.
	P4.2.3	2	38	30.06.2016	Report on the numerical simulations and conclusive analysis.
	P4.3.3	3	38	30.06.2016	Report on the numerical simulations and conclusive analysis. Archives of simulation outputs, made available for the WP4 activity.
D2.5.R.4	P4.4.1	4	44	31.12.2016	Comprehensive report detailing and discussing the comparison between observed and simulated fields for all simulations performed.
	P4.4.2	4	44	31.12.2016	Datasets of observations (meteorological stations and satellite) and predicted fields publicly available as benchmark studies for NextData community.

3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento

3.1 Attività di ricerca

Il programma di ricerca del Progetto RECCO è articolato per Unità e Work Packages (P4-WPs), in funzione delle diverse attività modellistiche, i cui risultati convergeranno nel WP conclusivo: P4-WP4 "Evaluation and joint analysis of simulation results".

Quindi, la descrizione delle attività è principalmente strutturata per Unità e P4-WP.

Unità 1, ISAC-CNR, P4-WP2.

Le attività di ricerca del workpackage P4-WP2, sviluppate in collaborazione dal dott. J. von Hardenberg, dott. A. Pieri e dott. A. Parodi, sono state centrate sulla realizzazione, presso il centro di supercalcolo LRZ in Germania (progetto Gauss-EXPRESS pr45de), di un gruppo di simulazioni di controllo per il periodo 1979-2008, forzate dalle rianalisi ERA-Interim e utilizzando alcune configurazioni di riferimento del modello WRF derivate durante il primo anno di attività del P4-WP2 con riferimento all'anno 1979.

La precipitazione è una delle variabili meteo-climatiche più importanti che riguardano l'ambiente e la società umana. In particolare, la valutazione dell'impatto dei fenomeni di cambiamento climatico sul rischio idrometeorologico, sul funzionamento degli ecosistemi, sullo scongelamento del permafrost, sullo scioglimento della neve e ghiacciai, e sulla disponibilità di risorse idriche richiede precise stime quantitative di precipitazione con alta risoluzione spazio-temporale (Giorgi, 2006; Fowler e Wilby, 2010).

Conseguentemente, durante quest'anno di attività abbiamo esplorato il ruolo di alcune parametrizzazioni microfisiche e convettive utilizzate con il modello WRF applicato al dominio Euro-CORDEX (Chu et al 2010; 22° W - 45° E e 27° - 72° N a 0.11° di risoluzione orizzontale), accoppiato "two-way" al dominio interno avente una risoluzione spaziale di 0.037° (circa 4 km) detto "regione Interna europea" (IER), nella riproduzione delle statistiche dei campi di precipitazione per il periodo 1979-1998 desumibili da dataset osservativi e reanalisi. Inoltre, le statistiche mensili e giornaliere di precipitazione sono state analizzate per il periodo 1979-1998, con particolare attenzione alla "grande regione alpina" (GAR; una regione più piccola all'interno del IER che si stende 4° - 19° N e 43° - 49° N), rappresentativa di una area a topografia fortemente complessa e quindi soggetta a fenomeni di precipitazione per sollevamento orografico.

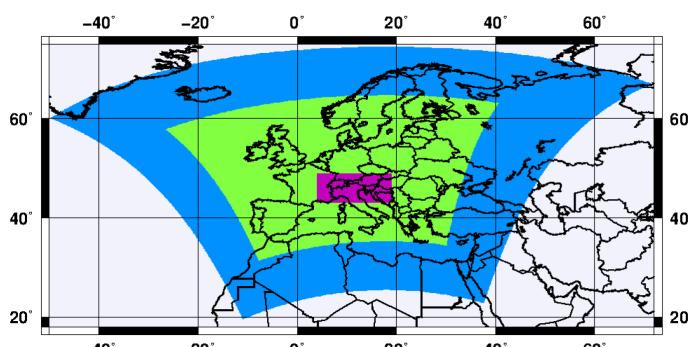


Fig. 1: Dominio esterno (0.11°, azzurro), dominio interno (IER, 0.037°, verde) e regione alpina (GAR, viola).

L'obiettivo finale è stato quello di determinare la migliore configurazione del modello regionale climatico WRF per la riproduzione della climatologia delle precipitazioni e di valutare i punti di forza e di debolezza dei differenti diversi schemi fisici adottati. La sensibilità del modello WRF (Tabella 1) allo schema di convezione è stata testata per la parametrizzazione Kain-Fritsch (KF, Kain e Fritsch 1990), per la parametrizzazione Betts-Miller-Janjic (BMJ, Betts 1986) ed è stata anche esaminata l'idoneità di un approccio convettivo esplicito (senza parametrizzazione) nel dominio interno a 0.037°, corrispondente

alla cosiddetta "grey-zone" per le parametrizzazioni convettive, che rimane ancora una questione aperta nel campo della ricerca. L'analisi di sensibilità alla parametrizzazione microfisica ha implicato l'uso di tre schemi diversi: lo schema microfisico "WRF single-moment 6-class" (WSM6, Hong e Lim 2006), Thompson et al. (2004) e Morrison e Gettelman (2008). Sono tutti schemi a sei specie microfisiche, comprensive del vapore acqueo, acqua non precipitabile, precipitazione, ghiaccio non precipitabile, neve e grandine, capaci di rappresentare processi in fase mista liquida-ghiacciata. Lo schema a due momenti Thompson prevede, oltre ai rapporti di mescolamento, anche i parametri intercetta delle distribuzioni dei diametri per ghiaccio e pioggia, mentre la parametrizzazione Morrison consente il medesimo calcolo anche per neve e grandine.

Exp. ID	Grid	Microphysics	PBL/Conv. scheme
kt11	0.11°	Thompson	Kain-Fritsch
km11	0.11°	Morrison	Kain-Fritsch
kw11	0.11°	WSM6	Kain-Fritsch
bt11	0.11°	Thompson	Betts-Miller-Janjic
et04	0.037°	Thompson	<i>explicit</i>

Tab. 1. Dettagli e ID delle diverse simulazioni numeriche eseguite con WRF. Gli schemi convettivi sono indicati con 'k' per Kain-Fritsch e 'b' per Betts-Miller-Janjic. Gli schemi microfisici sono indicati con 't' per Thompson, 'm' per Morrison e 'w' per WSM6. I due ultimi numeri indicano la risoluzione orizzontale della simulazione.

I risultati mostrano, in termini di climatologia delle precipitazioni, come sistematicamente tutte le simulazioni numeriche producano precipitazioni annuali medie significativamente più elevati rispetto ai dataset osservativi disponibili (Tab. 2). Con riferimento al dataset osservativo E-OBS, la simulazione ad alta risoluzione con convezione esplicita (et04) mostra il più basso eccesso di precipitazione media sia nel dominio IER sia nella regione GAR. Nel caso delle corse modellistiche con convezione parametrizzata, i migliori risultati sono conseguiti con lo schema BMJ.

Run	IER	GAR
kt11	2.68 (46%)	3.67 (24%)
km11	2.60 (42%)	3.57 (21 %)
kw11	2.70 (48%)	3.79 (28%)
bt11	2.43 (33%)	3.34 (13%)
et04	2.29 (25%)	3.09 (4.7%)
erai	2.01	2.73
cru	1.89	2.82
eobs	1.83	2.58
gpcc	1.95	2.70
merra	1.86	2.37
histalp	—	2.95

Tab. 2. Medie nel dominio annidato, limitato alle aree terrestri, dell'intensità di pioggia (in mm/giorno) per i diversi dataset osservativi e le diverse configurazioni WRF usate nel presente studio. Le differenze di percentuale dal dataset E-OBS per IER, e dal dataset HISTALP per GAR, sono indicate in parentesi.

Tutte le simulazioni sono affette da errori di sovrastima delle precipitazioni su tutte le aree con orografia complessa (ad esempio, le grandi catene montuose) rispetto al dataset

osservativo E-OBS. La corsa et04 riduce leggermente l'eccesso di precipitazione sull'Europa orientale e le Alpi. Tuttavia, si deve adottare cautela quando si interpretano questi risultati, dato che la qualità del dataset osservativo E-OBS è limitata su alcune aree montagnose a causa della scarsità dei dati osservativi ivi disponibili.

Si è anche constatato che, soprattutto per la stagione estiva, la corsa et04 garantisce prestazioni migliori delle corse con parametrizzazione convettiva attiva, evidenziando come soprattutto nei mesi in cui la convezione domina, il modello caratterizzi meglio questo fenomeno a tale risoluzione (circa 4 km) senza l'aiuto di una chiusura convettiva (Figura 3).

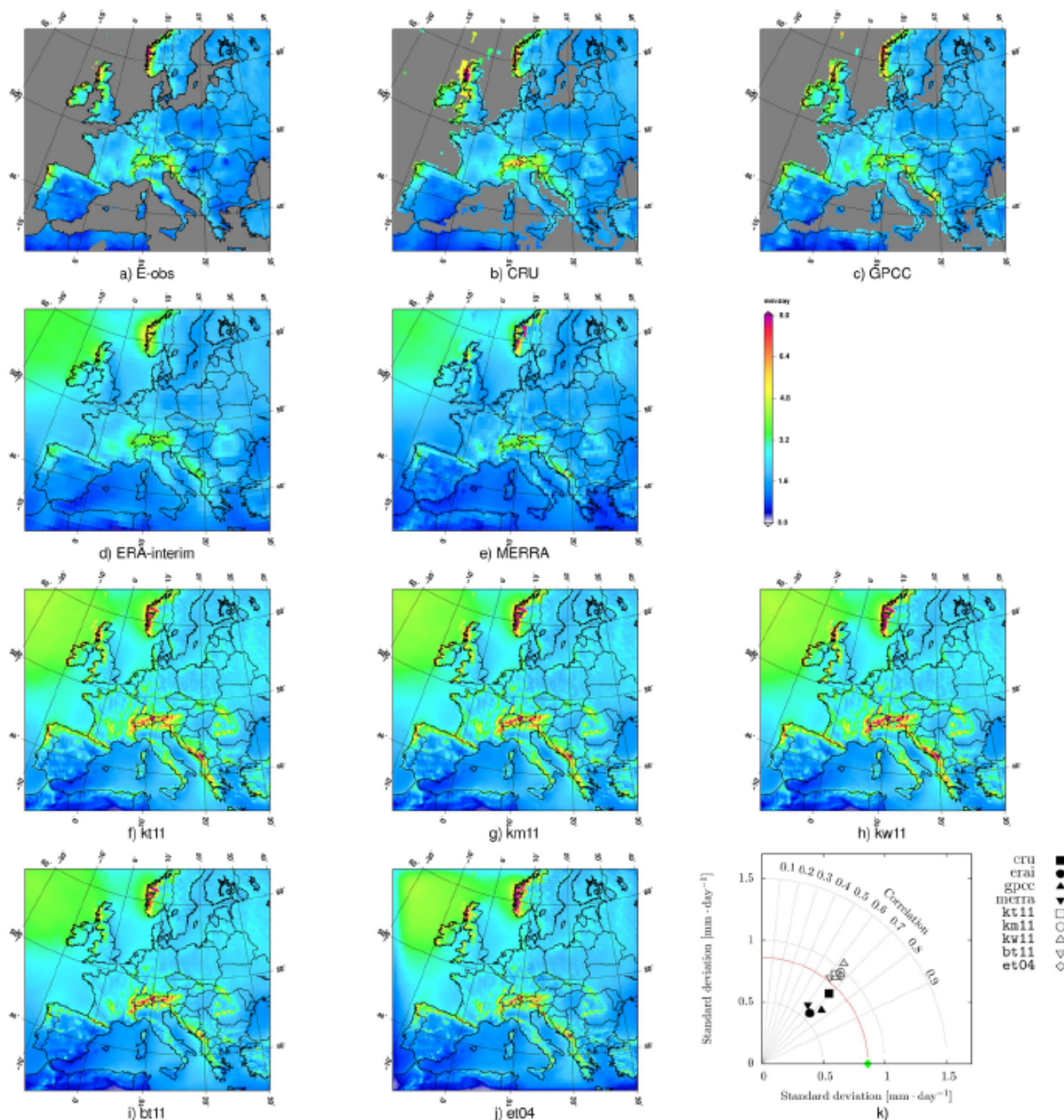


Fig. 2. Intensità totale di pioggia media per il periodo 1979-1998 per i diversi dataset osservati (pannelli a-e) e tutte le simulazioni eseguite in questo studio (pannelli f-j). Il pannello in basso destra (k) mostra il diagramma Taylor corrispondente ai diversi esperimenti e dataset; E-OBS era stata scelta come il dataset di riferimento.

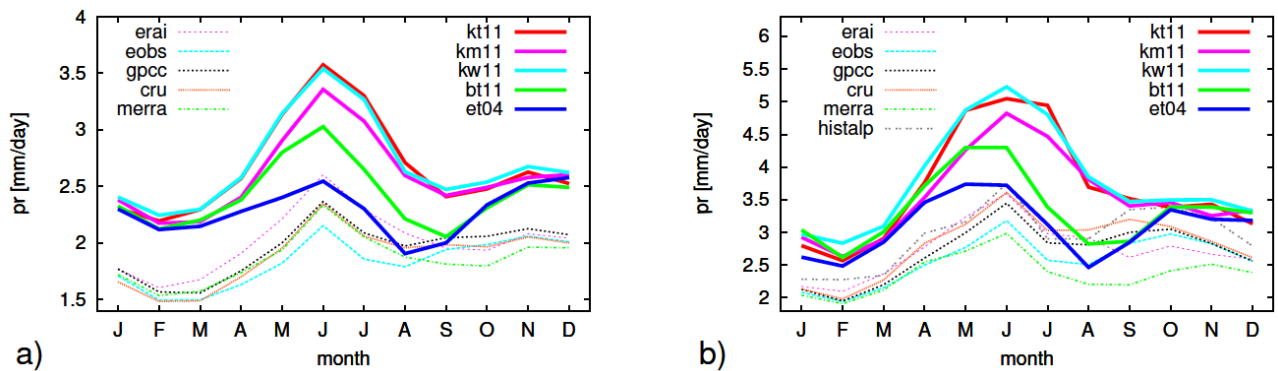


Fig. 3. Climatologie della precipitazione mensile per il periodo 1979-1998 in medie per (a) il dominio interno (IER); (b) la regione alpina (GAR). Confronto tra le simulazioni numeriche e i dati osservati.

Analizzando ora specificamente la regione GAR, si osserva come anche in questo caso la corsa et04 risulti sensibilmente migliore rispetto alle altre: l'eccesso di precipitazioni sulle Alpi e il suo deficit nell'Appennino ligure sono entrambi ampiamente corretti. Inoltre, gli errori di pioggia estiva sulle Alpi sono particolarmente sensibili alla chiusura convettiva, e la simulazione con lo schema BMJ è migliore di quella con lo schema KF.

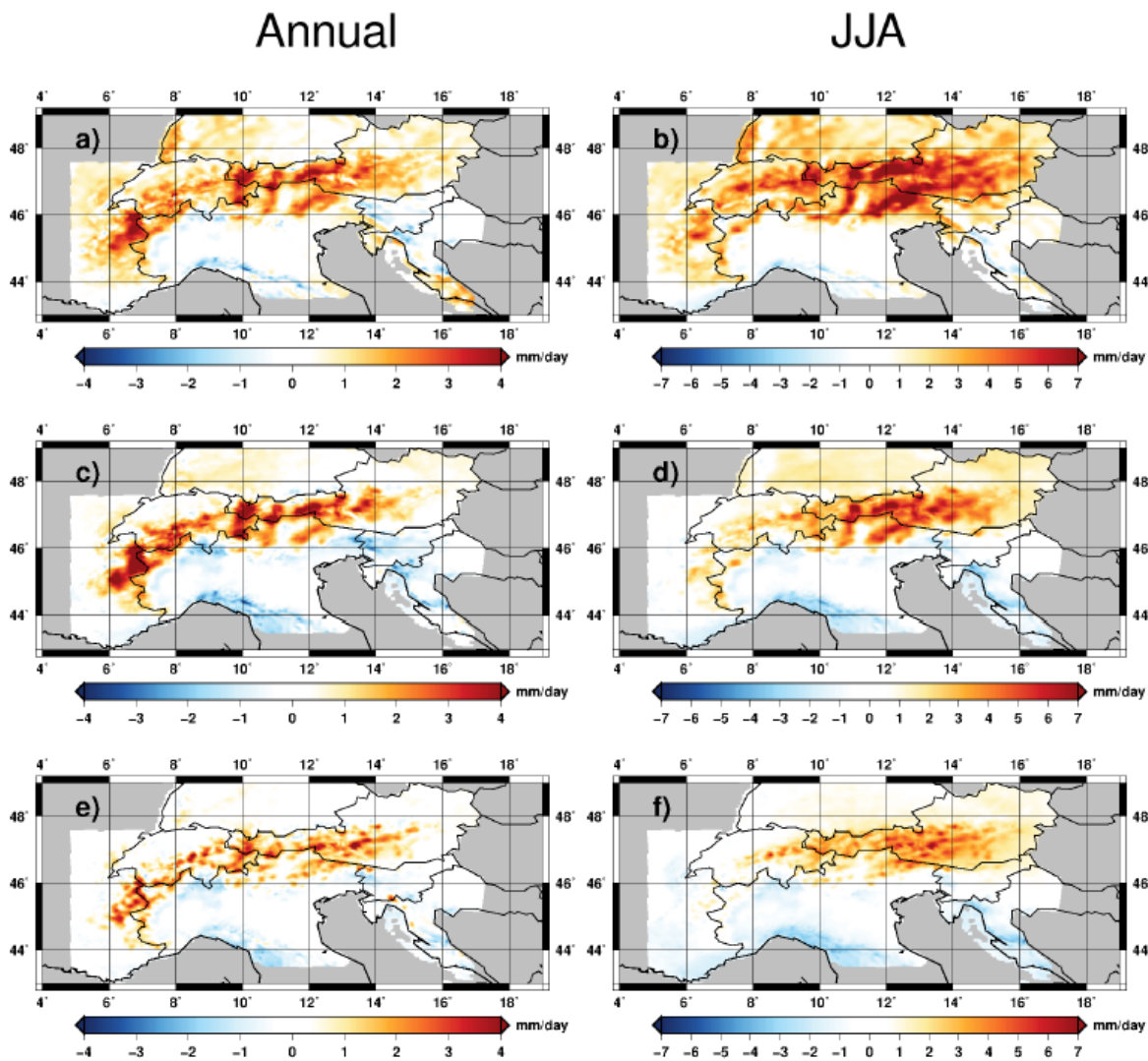


Fig. 4. Differenze nella climatologia della pioggia nella regione alpina (GAR) tra WRF e il dataset EURO4M-APGD. Media annuale: (a) kt11 ; (c) bt11 ; (e) et04. Media estiva (JJA): (b) kt11; (d) bt11; (f) et04.

Per quanto riguarda gli eventi di precipitazione intensa, i risultati mostrano elevate sovrastime dei giorni con forti precipitazioni per il periodo 1979-1998 per tutte le simulazioni tranne et04, che coglie bene la loro distribuzione spaziale come caratterizzata da E-OBS (Figura 5). In alcuni casi, queste simulazioni a 0.11° prevedono quasi il doppio della frequenza di eventi intensi osservati. Il confronto delle probabilità di superamento delle soglie per intensità di pioggia giornaliera sulla regione GAR tra osservazioni e le simulazioni modellistiche fornisce risultati controversi e di non semplice interpretazione. La corsa et04 ad alta risoluzione concorda bene con le osservazioni nella maggior parte delle stagioni, però in inverno sopravvaluta EURO4M mentre et04 aggregato a 0.11° è più vicino alle osservazioni.

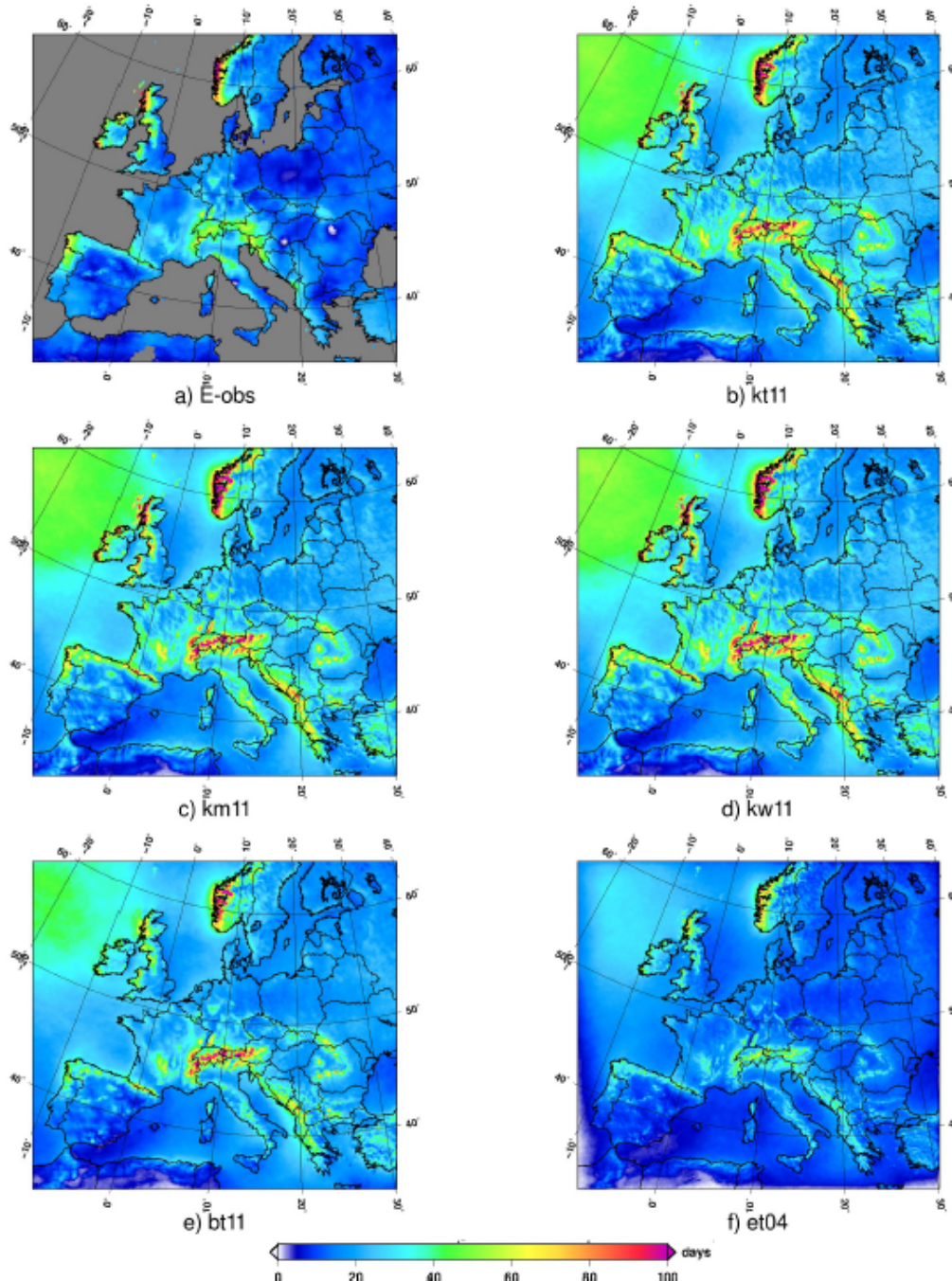


Fig. 5. Numero di giorni con precipitazioni forti (> 10mm) per il periodo 1979-1998.

Unità 1, ISAC-CNR, WP3.

L'attività di ricerca del P4-WP3 ha lo scopo di effettuare simulazioni ad alta risoluzione con il modello RAMS di circolazione atmosferica in regioni a orografia complessa: Alpi Italiane e Hindu Kush - Karakorum - Himalaya (HKKH).

Per i dettagli dei risultati ottenuti si rimanda al Deliverable P4.3.1.

L'obiettivo è di fornire un'analisi preliminare di sensitività per identificare, sia da un punto di vista fisico sia numerico, le criticità che rappresentano fattori chiave per migliorare la riproducibilità della circolazione atmosferica in orografia altamente complessa.

Di seguito, presentiamo brevemente alcuni esempi di simulazioni effettuate nella regione dell'HKKH, focalizzando l'attenzione sulla risoluzione del grigliato, sullo schema di orografia, sulla parametrizzazione di microfisica adottata e su altri aspetti numerici.

Abbiamo scelto come caso di riferimento un evento anomalo di pioggia intensa e inondazione, studiato in precedenza e verificatosi nella settimana 24-31 luglio 2010. Tale caso è stato inoltre correlato con altri eventi anomali (es. ondata di calore in Russia).

Sono stati definiti aree e periodi temporali di interesse per le simulazioni nella regione dell'HKKH, e le relative configurazioni, oltre ad essere stati raccolti dati topografici e meteorologici come input per simulazioni ad alta risoluzione. Successivamente i risultati del modello sono stati discussi e, nei casi in cui vi era disponibilità, confrontati coi dati meteo osservati nell'area di studio.

La scelta del dominio di simulazione è molto importante al fine di raggiungere risultati consistenti con il modello RAMS e quindi riprodurre un campo meteo rappresentativo della circolazione tipica della zona in esame. Il nostro dominio di studio è centrato sulla regione pakistana dell'HKKH, in particolare sul Central Karakorum National Park (Baltoro Glacier) dove sono localizzate tre stazioni meteo del Progetto NextData. Sono state prese inoltre in considerazione sette stazioni gestite dal PMD (Pakistan Meteorological Department), come mostrato in tabella 1.

CODE	NAME	LON (°E)	LAT (°N)	HEIGHT (m)	GRIDS
8	Askole	75.815	35.681	3015	1,2,3,4
9	Urdukas	76.286	35.728	3926	1,2,3,4
10	Concordia	76.514	35.744	4700	1,2,3,4
14	Astore	74.9	35.33	2168	1,2,3
15	Skardu	75.68	35.30	2317	1,2,3
16	Gupis	73.40	36.17	2156	1,2
17	Chitral	71.83	35.85	1498	1,2
18	Gilgit	74.33	35.92	1460	1,2,3
19	Bunji	74.63	35.67	1372	1,2,3
20	Chilas	74.10	35.42	1250	1,2

Tab. 3. Dettaglio stazioni NextData (8-10) e stazioni PMD (14-20).

Il modello RAMS è stato utilizzato nella sua configurazione a griglie innestate. La prima è generalmente a grande scala, con maglie molto larghe, e ricostruisce la circolazione da sinottica a mesoscala su un dominio molto esteso. Gli altri grigliati, innestati, vengono dimensionati in base a quello più grande, definendo in dettaglio la zona di interesse.

In questo caso di studio, sono state utilizzate quattro griglie innestate, rispettivamente, di 64 km, 16 km, 4 km e 1 km di risoluzione.

Una volta definito il dominio di simulazione in latitudine e longitudine, si è proceduto a configurare e inizializzare il modello di circolazione RAMS, fornendo in input al codice i file meteorologici, dell'orografia e dell'uso del suolo scaricati da banche dati globali. I dati

meteorologici (campi 3D) corrispondono agli archivi della analisi forniti dall'ECMWF (*European Centre for Medium Range Weather Forecast*). Tali dati sono contenuti in file che forniscono informazioni sulla meteorologia presente su tutto il globo terrestre (pressione al suolo, geopotenziale, temperatura, precipitazione, umidità relativa, zero termico, vento e stato del mare, etc.) con una risoluzione spaziale di 0.5° di latitudine per 0.5° di longitudine. Nelle simulazioni con RAMS, i file sono aggiornati ogni 6 ore: ai bordi esterni della griglia più grande è applicata una procedura di *nudging* che consente di assimilare i dati delle analisi meteorologiche non solo nella fase di inizializzazione della simulazione numerica, ma anche ad ogni scadenza temporale alla quale sono fornite le analisi meteo.

Oltre ai dati meteorologici, per inizializzare le simulazioni devono essere forniti al modello una topografia dettagliata e l'uso del suolo. Anche in questo caso vengono utilizzati dataset estratti da banche dati globali e relativi alla zona di interesse, in modo da avere informazioni sulla copertura vegetativa, sulla presenza e forma di rilievi montuosi e sulla temperatura di superficie dei mari. La risoluzione è di 1 km x 1 km.

Dopo aver preparato i dati da dare in input al modello sono stati effettuati diversi tipi di simulazione. A causa della grande quantità di dati trattati e analizzati dal codice per ricostruire in modo completo la circolazione sui vari domini, il tempo di simulazione risulta essere relativamente lungo. Il tempo di calcolo su una workstation HP Z620 è circa uguale al tempo effettivo simulato: per simulare un giorno intero occorrono quasi 24 ore.

Nel periodo selezionato, abbiamo effettuato due tipi di simulazione:

- *One-day case*: 21 luglio 2010.
- *One-week case*: 24-31 luglio 2010.

Simulazione "one-day case".

Si è scelto di simulare 24 ore (21 luglio 2010) per effettuare dei test sulle opzioni di orografia in RAMS, in particolare valutare l'effetto prodotto dallo "smoothing" della topografia. Mediante il flag ITOPSFLG, il codice offre quattro possibilità:

- *Average Orography*: l'opzione più semplice che fornisce un profilo mediato (ITOPSFLG= 0).
- *Silhouette Orography*: l'opzione che tiene conto dell'effettiva altezza media degli ostacoli che l'aria deve risalire quando incontra ad esempio una dorsale (ITOPSFLG= 1).
- *Envelope Orography*: un altro schema attraverso cui si cerca di preservare l'altezza dell'ostacolo (ITOPSFLG= 2).
- *Reflected Envelope Orography*: è lo schema più complesso adottato per mantenere sia l'altezza dell'ostacolo che la profondità della valle (ITOPSFLG= 3).

Per tutte e quattro le opzioni è stata analizzata la topografia risultante. Si è quindi deciso di effettuare due simulazioni, una con l'orografia più "smooth" (ITOPSFLG=0, Case_top0) e una con l'opzione più complessa (ITOPSFLG=3, Case_top3), confrontando poi i risultati ottenuti nelle due diverse configurazioni di orografia.

Per estrarre i dati si è utilizzato il post-processing REVU (*RAMS Evaluation and Visualization Utilities*) con l'opzione "GRAB". Questo modulo lavora leggendo da un file in input le coordinate (lat-lon) della stazione, successivamente le trasforma in coordinate metriche per poi convertirle nuovamente in latitudine e longitudine. Analizzando i dati estratti con questa procedura abbiamo verificato che nell'ultimo step si giunge a coordinate della stazione lievemente diverse da quelle reali (fornite in ingresso). Ciò implica anche una diversa quota associata alla stazione: in territorio complesso, anche un piccolo spostamento comporta notevoli variazioni di altitudine. Nel presentare e discutere i risultati si è tenuto conto di questa anomalia.

A titolo di esempio, riportiamo il confronto tra le temperature simulate, ottenute con i due diversi schemi di orografia (Case_top0 and Case_top3), per la stazione NextData di Askole.

I valori delle differenze di temperatura sono calcolati come $\Delta T = T_{Case_top0} - T_{Case_top3}$

La stazione di Askole si trova a circa 3000 m a.s.l., troviamo invece altitudini differenti sulle 4 griglie, utilizzando l'opzione "GRAB":

grid 1: 4351 m; grid 2: 4380 m; grid 3: 4465 m; grid 4: 3431 m.

In Figura 6, è illustrato l'andamento temporale della differenza di temperatura per ciascuno dei 4 grigliati relativamente alle due simulazioni: sono evidenti andamenti simili e minori differenze tra i valori di T sui grigliati 1 e 2 (probabilmente dovuto a valori estratti a una quota simile), mentre sono più accentuate le diversità tra i grigliati 3 e 4. Sulla griglia 3, il ΔT è quasi sempre positivo, quindi $T_{Case_top0} > T_{Case_top3}$. Sulla griglia 4, si verifica un andamento diverso: per circa 18 ore ΔT è negativo, poi diventa positivo $T_{Case_top0} > T_{Case_top3}$.

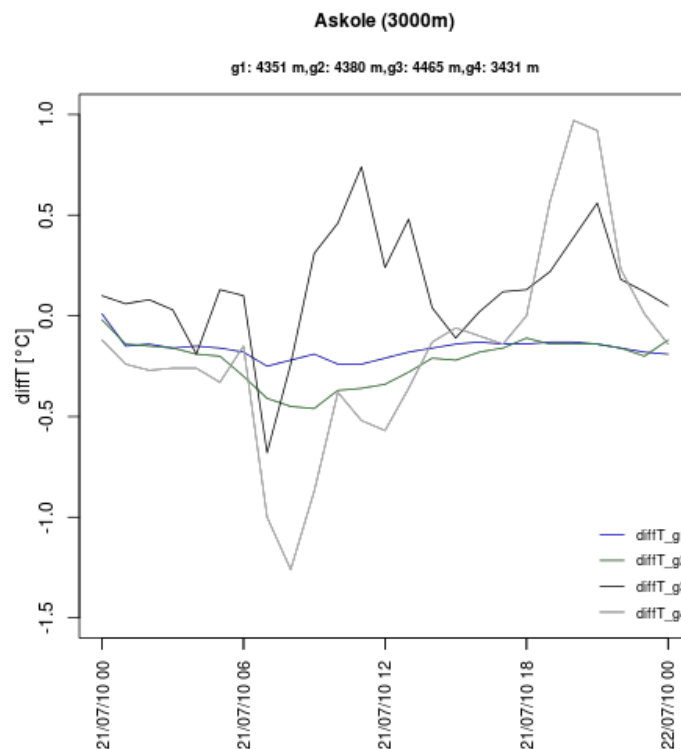


Fig. 6. Confronto degli andamenti (simulati) temporali delle differenze di temperatura sui 4 grigliati, per la stazione NextData di Askole.

In Figura 7 è riportato, per la griglia 4, il confronto tra la temperatura simulata per Case_top3 (asse x) e la temperatura simulata per Case_top0 (asse y). In generale, si può notare una dispersione dei risultati, rispetto al trend di accordo (retta), dell'ordine di $\pm 1^\circ\text{C}$ fino attorno ai 10°C . Per valori superiori a 10°C la simulazione a orografia complessa (Case_top3) fornisce valori più alti di quella a schema semplificato di orografia (Case_top0).

Questi esempi mostrano che l'effetto di *smoothing* della topografia non è trascurabile nel riprodurre i campi meteorologici. Pertanto, nei casi in cui fosse possibile, è preferibile tenere conto del livello di *smoothing* per una rappresentazione più realistica dell'orografia in esame.

Un'analisi più approfondita sull'argomento è trattata nel Report P4.3.1.

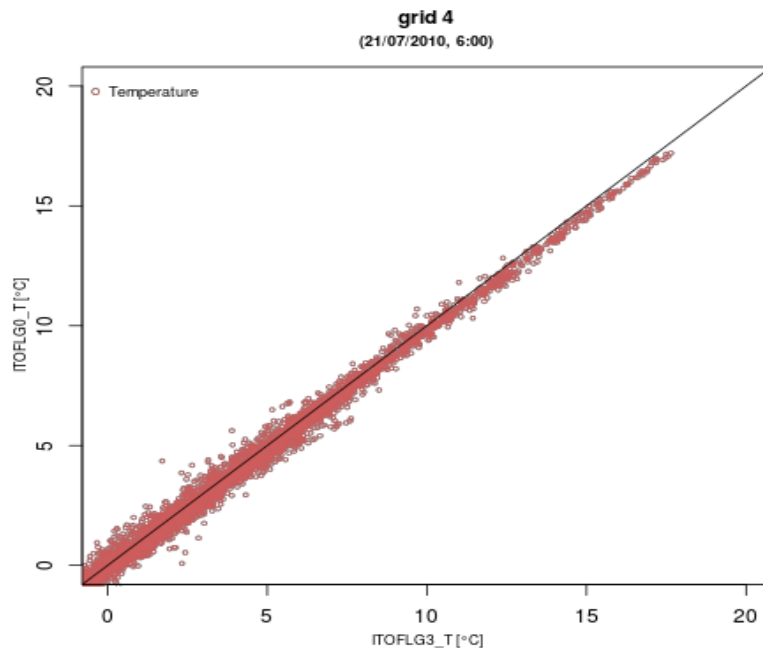


Fig. 7. Confronto delle temperature simulate coi due diversi schemi di topografia per la griglia 4.

Simulazione "one-week case".

Abbiamo effettuato due simulazioni, utilizzando per entrambe lo schema "*Reflected Envelope Orography*" (ITOPSFLG=3) e variando lo schema di microfisica: il primo run "TestW_1" usa il massimo livello di microfisica (LEVEL=3), per cui la parametrizzazione tiene conto di tutti i processi di precipitazione; per il secondo run, "TestW_2", invece, è stata scelta l'opzione più semplificata (LEVEL=2), dove viene considerata solamente la condensazione del vapore d'acqua nelle nubi e nessuna altra forma di liquido o ghiaccio.

Per il caso TestW_1, sono stati effettuati tre tipi di simulazione:

- una simulazione completa "continua" dal 24 al 31 luglio 2010;
- una simulazione di 36 ore all'interno della settimana;
- una simulazione "discontinua" utilizzando la modalità "History" in RAMS (la simulazione è stata volutamente bloccata, per poi essere fatta ripartire dal punto in cui è stata interrotta).

Il primo tipo di simulazione è servito come caso studio di base (flood), le altre due simulazioni invece sono servite per effettuare valutazioni numeriche, variando nel secondo caso il momento di inizio della simulazione e nel terzo caso utilizzando il modello RAMS nella sua opzione di "restart" quando un run viene interrotto.

La simulazione "completa" per il caso TestW_2 è stata utilizzata per studiare gli effetti della diversa parametrizzazione della microfisica nel confronto col caso TestW_1.

Per valutare l'affidabilità delle simulazioni meteorologiche, per le stazioni di cui si disponevano i dati misurati, per ogni periodo considerato, sono stati confrontati gli andamenti della temperatura con i valori massimi e minimi, giornalieri, rilevati. Per le altre stazioni ci si è limitati ad analizzare gli andamenti nel tempo della velocità del vento, della temperatura e dell'umidità relativa al fine di evidenziare le differenze tra le simulazioni ed eventuali anomalie.

Il confronto con il dato misurato ha valore sostanzialmente qualitativo in quanto, mentre le misure forniscono valori puntuali, mediati in un'ora e rilevati in un contesto territoriale assai complesso, i campi delle grandezze meteorologiche prodotte dal modello sono rappresentativi di valori istantanei e mediati sul volume, definito dalla risoluzione 3D della

griglia di simulazione e prodotti da simulazioni in un contesto territoriale inevitabilmente idealizzato.

I valori simulati potrebbero essere ulteriormente interpolati sia in orizzontale che in verticale sul punto del dominio identificato dalla stazione ma, in questo caso, data la complessità topografica, si è scelto di riportare nei grafici gli andamenti ricavati dalle uscite del modello nei 4 punti intorno alla stazione, per evidenziare le possibili differenze dovute alle diverse altitudini (l'altitudine di due punti griglia vicini può variare anche di diverse centinaia di metri). Va considerato anche che le variazioni di sottogriglia e le strutture dinamiche più fini (nel nostro caso al di sotto del km) non possono essere risolte direttamente dalle simulazioni numeriche, che, per la loro natura, risolvono i fenomeni atmosferici in modo discreto, condizionato dalle lunghezze di scala determinate dalla risoluzione di integrazione, ma vengono parametrizzate. Peraltro, le misure delle variabili atmosferiche, oltre alle incertezze relative agli strumenti e alla procedura di media, sono affette da un certo grado di incertezza stocastica, indotta dalle fluttuazioni della turbolenza a mesoscala e risentono fortemente degli effetti locali quali la presenza di ostacoli ed altro nelle vicinanze. Altro aspetto da considerare è che le misure sono effettuate vicino al suolo. I risultati delle simulazioni di RAMS sono invece relativi al primo livello della griglia di calcolo, corrispondente a circa 24 m dal terreno. E' stata utilizzata la modalità "DUMP" di REVU per estrarre i campi meteorologici nei 4 punti griglia attorno alla stazione considerata (SW=sud-ovest, NW=nord-ovest, SE=sud-est, NE=nord-est). In Figura 8, si riporta il confronto tra gli andamenti temporali di temperatura simulata utilizzando i due diversi livelli di microfisica (TestW_1 e TestW_2) per la stazione NextData di Askole. In particolare è stato considerato il punto SW (alla quota di 3841 m) per il grigliato 1 e il punto SW (alla quota di 3215 m) per il grigliato 4. Come si può notare, in entrambi i grafici, gli andamenti simulati sono pressoché identici fino alle ore 12 del 28 luglio 2010; dopo tendono a discostarsi: la curva in verde (TestW_2) tende a valori maggiori di temperatura rispetto alla curva in blu (TestW_1). In particolare sul grigliato 4, è evidenziato non solo un abbassamento di temperatura per il caso TestW_1, ma anche un diverso andamento rispetto al caso TestW_2 che continua a mantenere il classico ciclo diurno di temperatura: valori simulati attorno ai 15 °C nelle prime ore del giorno e con picchi tra i 20 e 25 °C a mezzogiorno. Dal momento che l'unica differenza tra i due tipi di simulazione è legata alla parametrizzazione di microfisica adottata, possiamo dedurre che la variazione di temperatura, visibile negli ultimi giorni del caso TestW_1, sia legata all'episodio di pioggia intensa verificatosi nel periodo 29 luglio 1 agosto 2010 (Figura 9).

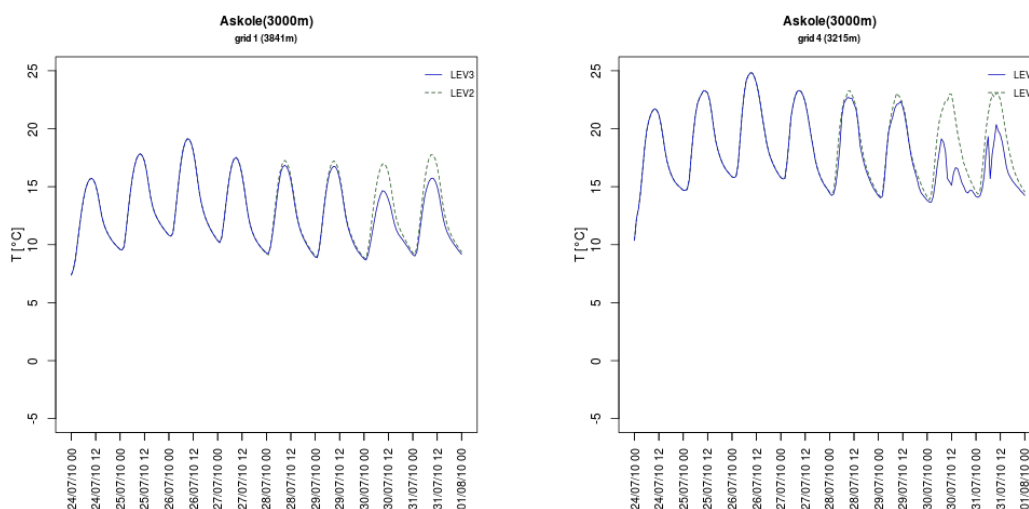


Fig. 8. Confronto tra gli andamenti temporali di temperatura, per i due livelli di microfisica, in uno dei 4 punti attorno alla stazione NextData di Askole per la griglia 1 (a sinistra) e per la griglia 4 (a destra).

Per quanto riguarda la temperatura e la precipitazione, abbiamo riportato il grafico relativo alla stazione PMD di Skardu per la griglia 3 (Figura 9). E' stato possibile estrarre i valori solo fino alla griglia 3, in quanto la stazione è collocata fuori dalla griglia più fine.

Inoltre, come si noterà dai grafici seguenti, la latitudine della stazione coincide esattamente con un punto griglia. Pertanto sono considerati solo i due punti griglia con longitudine più vicina a quella della stazione: il punto SW (2532 m di altitudine) e il punto SE (2745 m).

Nel grafico di sinistra, l'andamento temporale della temperatura simulata è confrontato col valore medio giornaliero misurato alla stazione.

Considerata la risoluzione orizzontale della griglia 3 (4 km), l'evoluzione temporale della temperatura e le oscillazioni relative ai cicli giornalieri sono simulate in modo soddisfacente e si collocano bene all'interno del range dei valori misurati. In particolare sono ben riprodotti alcuni picchi e valori minimi osservati.

Nel grafico di destra, l'andamento temporale della precipitazione simulata è confrontato col valore medio giornaliero misurato alla stazione. In questo caso il modello, tende in generale a sottostimare i valori misurati e a non riprodurre correttamente il picco registrato nella giornata del 30 luglio 2010.

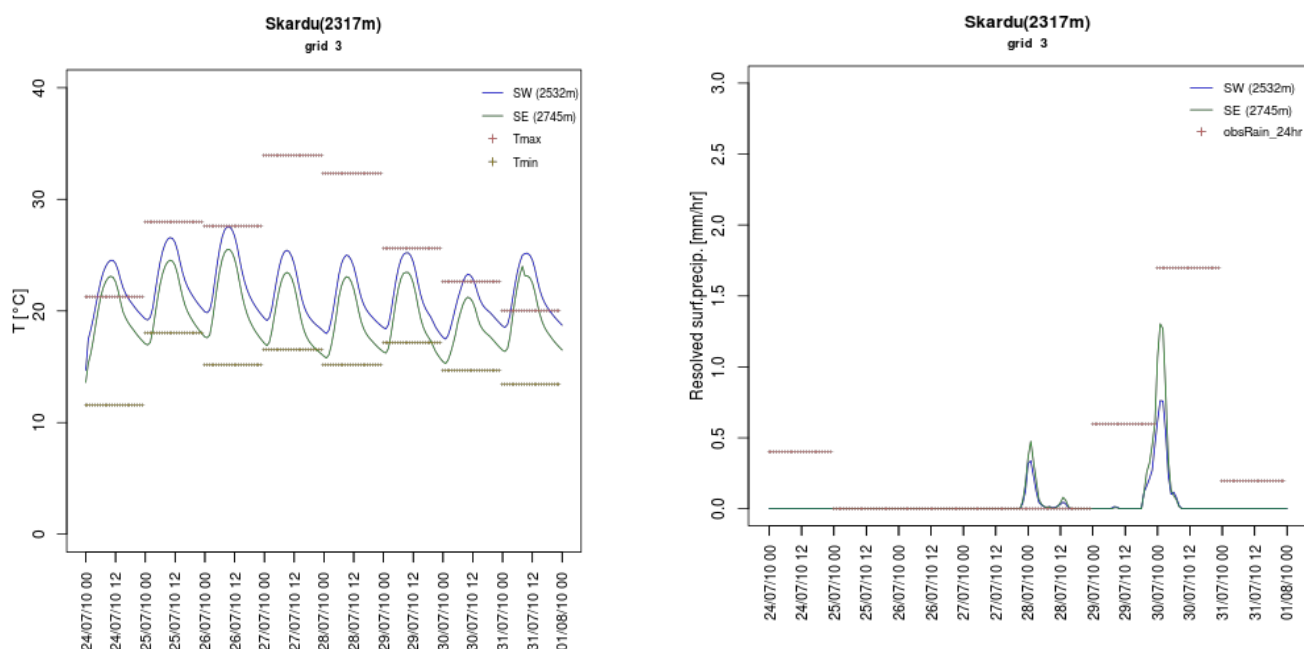


Fig. 9. Confronto tra l'andamento temporale della temperatura simulata (a sinistra), nei 4 punti attorno alla stazione PMD di Skardu sulla griglia 3, e il valore medio giornaliero di temperatura misurato alla stessa stazione. Confronto tra l'andamento temporale di precipitazione simulata (a destra), nei 4 punti attorno alla stazione PMD di Skardu sulla griglia 3, e il valore medio giornaliero di precipitazione misurato alla stessa stazione.

Per quanto riguarda i test numerici del caso TestW_1, abbiamo osservato che (1) ci sono differenze significative nell'evoluzione temporale delle variabili meteorologiche, se si fa iniziare la simulazione più tardi all'interno della settimana in esame (run di 36 ore); (2) i campi in uscita da RAMS tendono a divergere se si utilizza l'opzione "RESTART": questo aspetto non è mai stato investigato prima e necessita di un'approfondita discussione poiché è una procedura comunemente adottata. I dettagli di questa analisi sono disponibili nel Report D3.1.

Unità 2, ICTP, WP1.

L'attività di ricerca durante il periodo di riferimento è stata dedicata a continuare la produzione di simulazioni numeriche regionali con il modello RegCM4 mirate alle aree di interesse del progetto, nel bacino del Mediterraneo (MED-CORDEX) nella regione Asiatica (INDIA).

Come pianificato nel piano esecutivo, sono state completate le simulazioni, in particolare:

- per l'area MED-CORDEX, sei simulazioni con RegCM a 50 km di risoluzione sono state effettuate e valutate. I seguenti fattori sono stati analizzati:
 - l'uso di diversi GCMs come condizioni al contorno;
 - due differenti settaggi del modello: schema convettivo e l'irrigazione;
- sempre per l'area MED-CORDEX, due simulazioni a 12km sono state completate, utilizzando come condizioni al contorno sia le ERA-Interim sia la simulazione di scenario effettuata con RegCM4.3 a 50km;
- per l'area asiatica (INDIA) di interesse per il modello regionale REGCM, una simulazione a 25km su tutto il dominio CORDEX Asia Meridionale è stata completata usando le ERA-Interim reanalisi come condizioni al contorno del modello dal 1979 al 2012.

I dati rilevanti saranno poi trasferiti nell'archivio NextData. Con riferimento a Milestone e Deliverable, si è provveduto a trasferimento dati e completamento analisi.

Di seguito, è presentata una descrizione più dettagliata dei risultati principali.

Le attività di quest'anno per il Progetto Speciale RECCO si sono per lo più concentrate sul completamento e l'analisi delle simulazioni effettuate con il modello regionale RegCM4 sulle aree di interesse del progetto, ossia il dominio del Mediterraneo (MED_CORDEX) e sulla regione asiatica (INDIA).

Per MED-CORDEX, sei simulazioni con REGCM4 sono state effettuate a 50km sopra l'intero dominio, usando diversi GCM come condizioni al contorno per lo scenario RCP8.5. Dall'analisi di queste simulazioni sono stati rilevanti i seguenti fattori: per la temperatura, il maggior contributo è stato dato dalle differenze tra le proiezioni del modello alle condizioni al contorno date dai GCM e dalla presenza dell'irrigazione; per la precipitazione l'uso di diversi schemi di convezione ha avuto un effetto analogo. Abbiamo anche trovato che i contributi dei diversi fattori cambiano a seconda delle regioni geografiche (vedi pubblicazione: Torma e Giorgi, 2014). Un altro studio (sottomesso a *JGR: Atmospheres*) si focalizza solo quella regione delle Alpi dove è disponibile un nuovo dataset ad alta risoluzione ed alta qualità.

4 GCM sono stati utilizzati come condizioni al contorno per guidare il modello e sono state ottenute 5 simulazioni RCM a 50km di risoluzione e altrettante 5 simulazioni RCM a 12km che sono state utilizzate per questo studio. I GCM sono parte del CMIP5 mentre le simulazioni RCM sono state messe a disposizione da EURO-CORDEX e MED-CORDEX alle risoluzioni 0.44° e 0.11°. Per MED-CORDEX i modelli regionali utilizzati sono stati ALADIN e RegCM. Tutti i risultati sono stati interpolati su delle griglie comuni: 1.32°, 0.44° e 0.11°. I risultati principali ottenuti da queste simulazioni sono stati:

- l'uso dei RCM produce un sostanziale valore aggiunto sulle regioni con una topografia complessa;
- l'aumento della risoluzione migliora la distribuzione spaziale delle precipitazioni e degli eventi estremi;
- i RCM sono strumenti importanti per studiare processi climatici oltre regioni con topografia complessa.

Nella Figura 10 sono riportate: colonna sinistra le topografie per le Alpi alle tre differenti risoluzioni: 1.32°, 0.44°, 0.11°; colonna di destra: un esempio della distribuzione spaziale sempre per le Alpi alle tre differenti risoluzioni per la stagione invernale (dicembre-gennaio-febbraio).

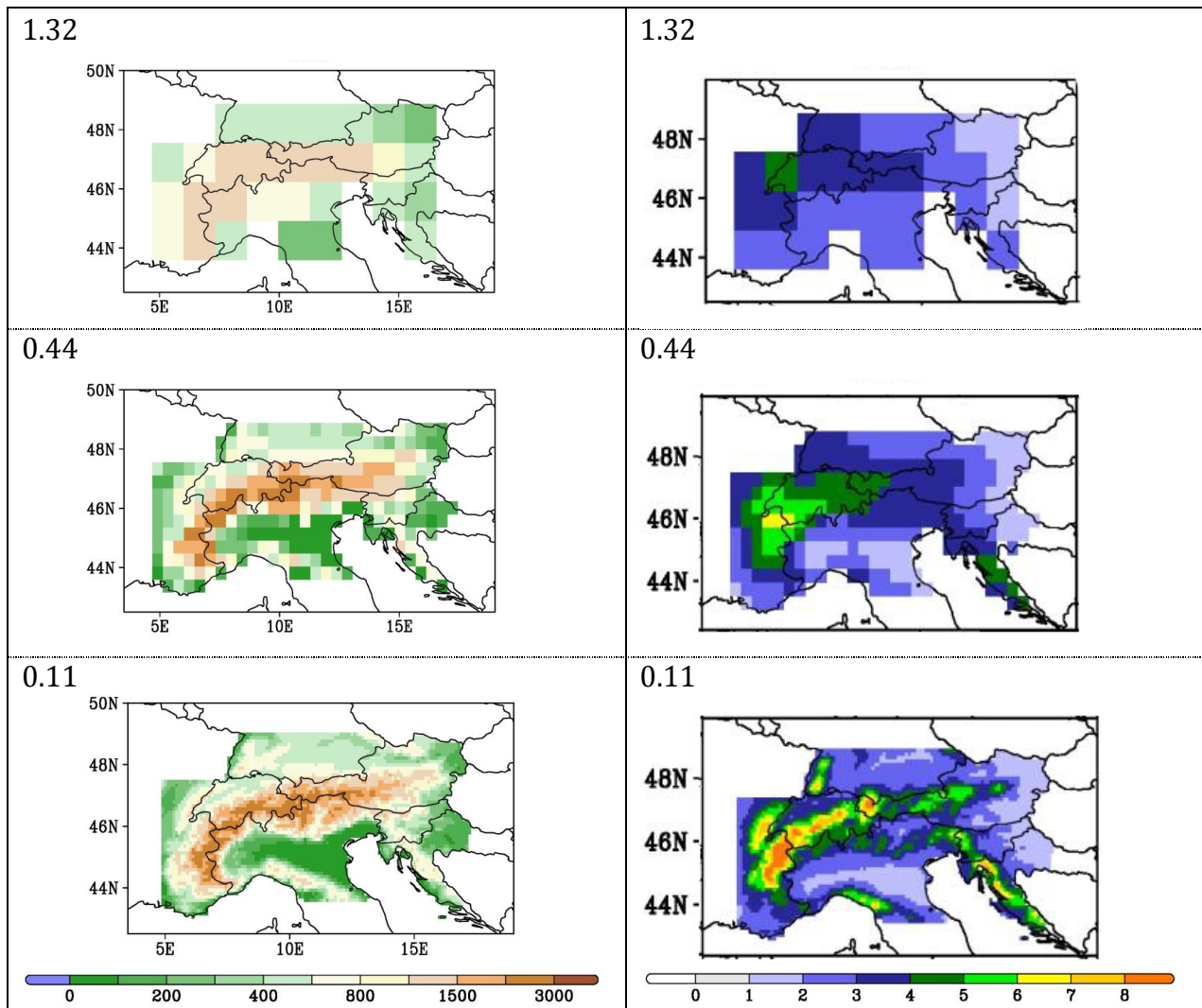


Fig. 10. (colonna di sinistra) Topografia per la regione Alpina alle tre differenti risoluzioni: 1.32°, 0.44° e 0.11° (unità di misura in metri); (colonna di destra) esempio delle mappe di precipitazione alle tre differenti risoluzioni per la stagione invernale (dicembre-gennaio-febbraio)

Una nuova simulazione regionale ad alta risoluzione sul CORDEX Asia meridionale è stata eseguita con RegCM4.4 a 25km di risoluzione utilizzando le reanalisi ERA-Interim come condizioni al contorno. I risultati simulati sono stati confrontati con le osservazioni superficiali medie mensili sia per la temperatura sia per le precipitazioni su tutto il dominio. La stagione delle piogge nei mesi di giugno-luglio-agosto-settembre (JJAS) mostra un miglioramento significativo quando è stata utilizzata una diversa parametrizzazione del sistema convettivo MIT-Emanuel per la terra e l'oceano. Un altro grande miglioramento è stato trovato utilizzando il nuovo schema UW PBL. La precipitazione monsonica sul continente indiano è ragionevolmente rappresentata come mostrato nella Figura 11, dove la precipitazione ottenuta da RegCM è stata confrontata con varie osservazioni.

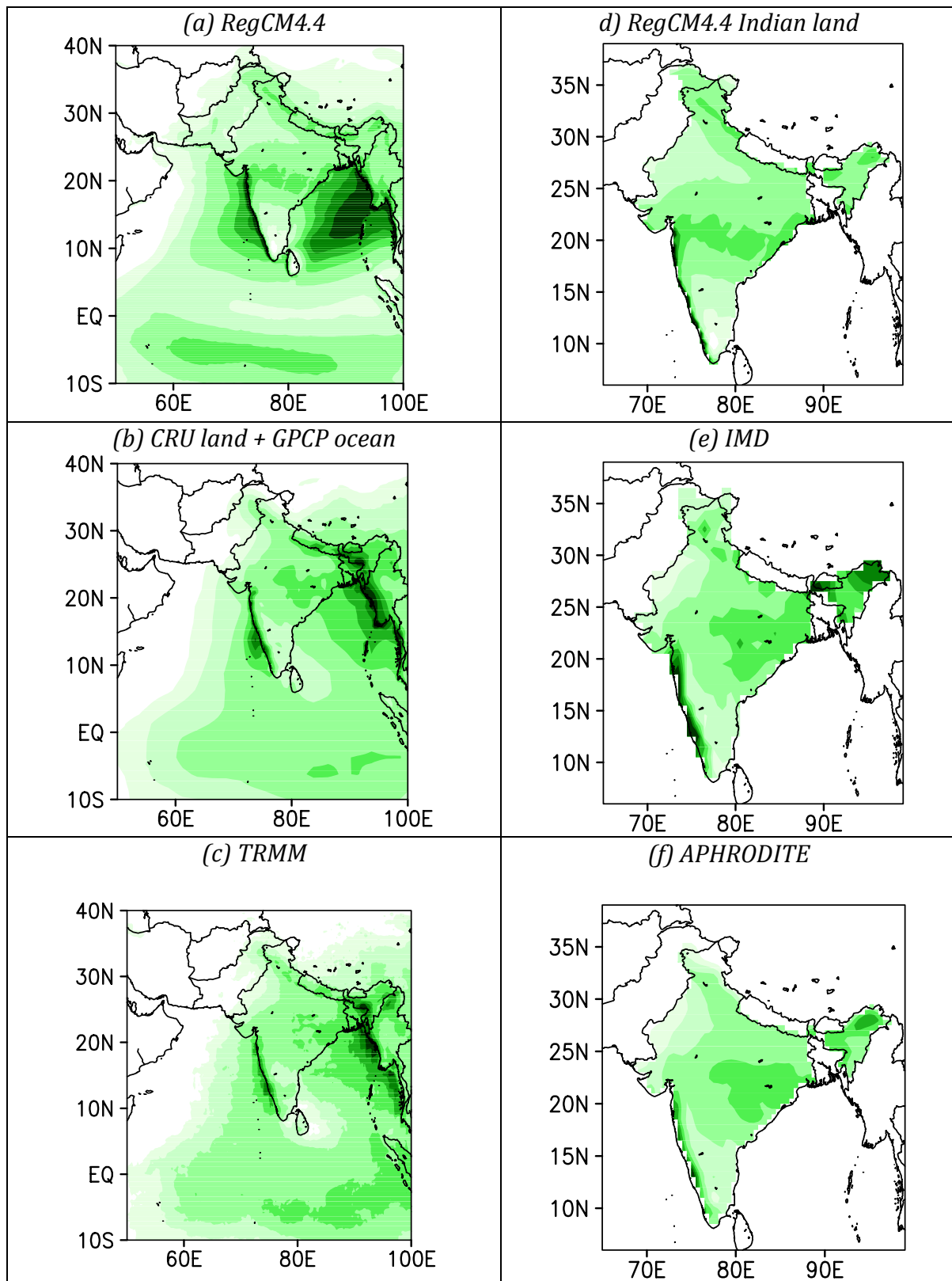


Fig. 11. Mappe di Precipitazione (mm/giorno) dal 1980 al 2012 per (a) RegCM4.4, (b) CRU sulla terra e GPCP sopra l'oceano, (c) TRMM per il periodo 1998-2006, (d) RegCM4.solo sopra l'INDIA, (e) IMD (Indian Meteorological Department), (f) APHRODITE.

Unità 3, CINECA, P4-WP2,3.

CINECA è l'unico Consorzio di Supercalcolo in Italia e pertanto fornisce servizi di “enabling” di codici HPC su piattaforme di calcolo Tier-0 e Tier-1.

Nello specifico dell'attività prevista per RECCO, CINECA si è occupato della messa a punto di simulazioni WRF e WRF-CHEM sulla piattaforma Tier-0 FERMI (sita a CINECA BO).

Per quanto riguarda l'attività di “sensitivity analysis” per RAMS è stata messa a punto l'installazione ed il test preliminare della versione parallela di RAMS sulla piattaforma PLX (ora GALILEO) in attesa di simulazioni più massive.

Unità 4, IMAA-CNR, P4-WP4.

Nel periodo di riferimento, il CNR-IMAA ha provveduto a quanto segue:

- processamento delle osservazioni dal suolo e da satellite per lo studio delle nubi e delle precipitazioni (accessibili sia sui database delle reti alle cui attività partecipa il CNR-IMAA ma anche da archiviare sul database di NextData).
- Stima giornaliera della precipitazione accumulata sull'intero dominio italiano ottenute dalle osservazioni da satellite.
- Valutazione sistematica delle performance dei principali modelli europei alla mesoscala (ECMWF, MetOffice, MeteoFrance,).

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Unità 1, ISAC-CNR, P4-WP3.

Analisi degli aspetti numerici e computazionali relative al tempo di spin-up e alle procedure di re-start delle simulazioni possono rappresentare test di riferimento per la comunità modellistica meteorologica.

Unità 2, ICTP; P4-WP1.

Una nuova versione del modello RegCM4.4.5 è stata rilasciata a dicembre e non sarà più modificata. Lo sviluppo del modello si concentrerà sul passaggio del modello da idrostatico a non idrostatico.

3.3 Attività di formazione

Unità 2, ICTP; P4-WP1.

Durante un workshop del maggio 2014 (svolto presso l'ICTP a Trieste) è stata presentata l'ultima versione del modello RegCM, RegCM4.4,. Questo workshop includeva sia lezioni teoriche sia sessioni di esercitazioni/laboratorio. Circa 90 studenti hanno partecipato a questo workshop. Inoltre, uno studente è stato invitato all'ICTP per un periodo di 9 mesi per sperimentare la nuova versione del modello sotto la supervisione del personale scientifico ICTP.

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Unità 2, ICTP; P4-WP1.

Il modello RegCM4.4 è un codice libero e pubblico ed è mantenuto per uso di tutta la comunità. I dati di output delle simulazioni CORDEX sono disponibili per tutta la comunità, in particolare per gli studi di impatto.

3.5 Partecipazione a conferenze

Laura Mariotti ha partecipato alla

- conferenza *EGU* a Vienna, 27 aprile - 2 maggio, 2014;
- alla riunione *RECCO Meeting* di Torino, 26 giugno, 2014 e
- alla conferenza *The future of the Italian geosciences* a Milano, 11 settembre, 2014.

Filippo Giorgi ha partecipato alla

- riunione *RECCO Meeting* di Torino, 26 giugno, 2014 e
- alla conferenza *The future of the Italian geosciences* a Milano, 11 settembre, 2014.

Silvia Trini Castelli e Alessia Balanzino hanno partecipato al

- meeting *NextData* a Roma, 3-4 giugno 2014 e al
- *RECCO Meeting* a Torino, 26 giugno 2014.

KRANZLMÜLLER D., VON HARDENBERG J., PARODI A., PIERI A.B., & PROVENZALE A., (2014): EXtreme PREcipitation and Hydrological climate Scenario Simulations (EXPRESS-Hydro project), *High Performance Computing in Science and Engineering*, Garching, Munich, 2014, Editors S. Wagner, A. Bode, H. Satzger, M. Brehm, Bayerische Akademie der Wissenschaften.

PIERI A., VON HARDENBERG J., PARODI A., & PROVENZALE, A., (2014): Role of resolution and of sub-grid parameterizations in modeling precipitation over the Euro-CORDEX domain with the Weather Research and Forecast model. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 16, 12628.

PIERI A., VON HARDENBERG J., PARODI A., & PROVENZALE A., (2014):. High-resolution retrospective precipitation climatology for the Euro-CORDEX domain with the Weather Research and Forecast model. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 16, 12501.

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

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

Unità 1, ISAC-CNR, P4-WP3.

I campi risultanti dalle simulazioni numeriche fino a 1 km di risoluzione sulle aree delle Alpi Italiane e dell'HKKH sono disponibili e possono essere utilizzati come casi studio di riferimento e come base per ulteriori analisi ed approfondimenti.

Unità 2, ICTP; P4-WP1

Il post-processing dei dati delle simulazioni CREMA del 2013 sono in fase di completamento, i dati sono progressivamente trasferiti sull'archivio NextData al CINECA.

Unità 4, IMAA-CNR, P4-WP4.

- Osservazioni dal suolo di variabili climatiche essenziali (ECV) per lo studio di aerosol, nubi, precipitazioni e radiazioni (disponibili dal 2004).
- Output dei principali modelli europei alla mesoscala calcolati per l'osservatorio del CNR-IMAA (CIAO), in collaborazione con Cloudnet (www.cloud-net.org).
- Radiosondaggi sistematici in grado di fornire i profili verticali di PTU e vento comprensivi del bilancio dell'incertezza stimato con gli algoritmi della rete GRUAN (GCOS Upper-Air Network Reference).
- Stima del tasso di precipitazione calcolato per tutti i passaggi di AMSU sull'Italia a partire dal 2008.

- Dati pluviometrici della stazione CIAO e di tutta la rete disponibile in Basilicata (dati forniti dall'Agenzia regionale ALSIA) per la validazione dei modelli sulla regione montuosa dell'Appennino.

4.2 Pubblicazioni

VON HARDENBERG J., PARODI A., PIERI A.B., & PROVENZALE A., (2015): Impact of Microphysics and Convective Parameterizations on Dynamical Downscaling for the European Domain. In *Engineering Geology for Society and Territory-Volume 1* (pp. 209-213). Springer International Publishing.

PIERI A., VON HARDENBERG J., PARODI A., & PROVENZALE A., (2015 submitted): Sensitivity of precipitation statistics to resolution, microphysics and convective parameterization: a case study with the high-resolution WRF climate model over Europe, *Journal of Hydro-Meteorology*.

Ricciardelli E., Cimini D., Di Paola F., Romano F., and Viggiano M., (in review): A statistical approach for rain class evaluation using Meteosat Second Generation-Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager observations, *Hydrology and Earth System Sciences*.

Submitted to *Climatic Change Special Issue 2014*:

COPPOLA ET AL.: The bias and climate change signal in the Phase I CREMA ensemble.

GIORGI ET AL.: Changes in extremes and hydroclimatic regimes in the CREMA ensemble projections.

MARIOTTI ET AL.: Seasonal and intraseasonal changes of African monsoon climates in 21st century CORDEX projections.

DASH ET. AL.: Projected Seasonal Mean Summer Monsoon over India and Adjoining Regions for the 21st Century.

FUENTES FRANCO ET AL.: Changes in inter-annual variability of precipitation over Southern Mexico and Central America from RegCM4 CORDEX projections and their relationship to Sea Surface Temperature.

DIRO ET AL.: Tropical cyclones in a regional climate change projections with RegCM4 over the CORDEX Central America domain.

DA ROCHA ET AL.: Interannual variability associated with ENSO: present and future climate projections of RegCM4 for South America-CORDEX domain.

LLOPART ET AL.: Climate change impact on precipitation for the Amazon and La Plata basins.

Submitted to *Atmospheric Science Letters*

TORMA ET AL.: Assessing the contribution of different factors in regional climate model projections using the Factor Separation method.

In preparation

TRINI CASTELLI S., BALANZINO A. (2015): Numerical experiments with RAMS model in highly complex terrain. To be submitted to *Environmental Fluid Mechanics*.

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

Unità 2, ICTP; P4-WP1.

L'Output delle simulazioni è in formato NetCDF secondo il protocollo NextData.

Unità 4, IMAA-CNR, P4-WP4.

Tutti i dati sono disponibili sia sull'archivio del CNR-IMAA sia sui database "open access" delle reti di osservazione in cui il CNR-IMAA partecipa attivamente (Cloudnet, AERONET, EARLINET, GRUAN, ...). I dati sono in formato NetCDF.

4.3 Deliverables completati

D2.5.R.1, inclusi:

P4.1.1: Report describing the P4-WP1 data transferred to the NextData Archive.

P4.1.2: Report summarizing the main findings from the analysis of the available P4-WP1 simulations.

P4.2.1: Report on the analysis of the preliminary WRF simulations, with illustrative examples, identifying the critical issues related to simulations in the two study regions. Simulations outputs in archives and available for the P4-WP4 activity.

P4.3.1: Report discussing the critical issues for high-resolution and complex-terrain simulations and the analysis of the preliminary RAMS runs over the HKKH area.

5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati

Il ritardo rispetto al programma iniziale della proposta originale, dovuto al tardivo ricevimento dei fondi 2013 che non ha consentito l'attivazione di assegni di ricerca in tempo utile, è stato compensato dall'attività dei collaboratori acquisiti ed è ora superato dalla rimodulazione del programma di ricerca prevista per il prolungamento del Progetto NextData fino a fine 2016.

Il mancato ricevimento dei fondi 2014 sta mettendo a serio rischio la continuazione dell'attività di ricerca del Progetto Speciale RECCO perché non sarà possibile provvedere al rinnovo degli assegni di ricerca e dei contratti per i giovani collaboratori. Ciò implica che non si potrà proseguire fino a completare l'attività modellistica, in maggior parte a cura dei giovani ricercatori associati al progetto RECCO. Di conseguenza, gran parte dell'attività di ricerca nel migliore dei casi sarà pesantemente ritardata, nel peggiore cesserà del tutto. In tal caso, i risultati del Progetto Speciale RECCO saranno pesantemente compromessi e limitati, il programma di ricerca non sarà portato a compimento come pianificato nella proposta originale. Anche il training e la formazione in corso dei giovani ricercatori sarà interrotta, vanificando i risultati ottenuti finora.

6. Attività previste per il periodo successivo

P4-WP1. Per l'area Himalaya e del HKKH sono in programma una serie di simulazioni con RegCM a 12 km di risoluzione.

P4-WP2. Il set delle simulazioni di scenario (RCP 4.5) sarà completato e risultati ed output saranno inseriti nel database di NextData.

P4-WP3. Sulla base dei risultati con il modello RAMS sull'area HKKH, sono in programma nuovi casi studio:

simulazioni sullo stesso dominio della regione pachistana dell'HKKH, ma relativamente a un altro periodo di interesse: 20 agosto 2012 – 20 ottobre 2012, con riferimento alla campagna sperimentale PAPRIKA, durante la quale episodi di forte inquinamento atmosferico sono stati studiati. Lo scopo è fornire campi meteorologici simulati ad alta risoluzione per studiare la circolazione e la turbolenza che hanno determinato trasporto di inquinanti;

simulazioni su un nuovo dominio: la Khumbu Valley (Nepal), localizzata nella parte centrale dell'Himalaya e comprendente il Sagarmatha National Park. In questa area un network di sette stazioni meteorologiche a differenti quote fornisce dati misurati dal 1994. Scopo principale è analizzare ed interpretare i processi atmosferici nella valle che determinano il trasporto di inquinanti tra lo strato limite atmosferico alla atmosfera libera. La scelta degli episodi di interesse e dei relativi periodi di simulazione nell'arco del quinquennio 2006-2011 è ancora in fase di valutazione.

Per i P4-WP2 e P4-WP3 sono programmate simulazioni massive di WRF, WRF-CHEM e RAMS in linea con gli obiettivi del progetto e fruendo delle call a ISCRA B, C e nel caso PRACE.

Per il P4-WP4 si prevede di:

- fornire osservazioni di telerilevamento in situ, dal suolo e da satellite nonché le stime delle variabili climatiche essenziali (ECV) ottenuti con algoritmi di calcolo.
- Individuare osservazioni e prodotti rilevanti per le attività correlate ai modelli.