



National Research Council of Italy

**Oxana Drofa**

**Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISAC)**

**Modelli meteorologici numerici dell'ISAC (Moloch, Bolam/Globo):  
corso per gli utenti**



Cosa sono **Bolam/Globo, Moloch**, ovvero i modelli dell'ISAC?

Sono i modelli numerici basati sul sistema delle equazioni della **fluidodinamica in atmosfera** (equazioni di Navier-Stokes). In gergo modellistico sono modelli NWP (Numerical Weather Prediction). I modelli sono stati autonomamente **sviluppati** in ISAC. I sviluppatori principali sono Andrea Buzzi, Piero Malguzzi, Oxana Drofa, Maurizio Fantini.

In ordine cronologico il primo modello sviluppato e' Bolam: **BOlogna Limited Area Model** (fine anni '90). E' basato sul sistema di equazioni con l'approssimazione **idrostatica** usata nell'equazione della continuità e con l'uso della **coordinata verticale** in atmosfera basata sulla **pressione**:

P-based hybrid coordinate:  $P_k = a_k + b_k P_s$

Il successivo modello sviluppato e' stato MolocH: **MOdel LOCal H-based hybrid vertical coordinate** (meta' anni 2000). E' basato sul sistema della equazioni complete, ovvero con l'approccio **NONidrostatico** nell'equazione della continuità e con l'uso della **coordinata verticale** in atmosfera basata sulla **altezza geometrica idrida**:

H-based hybrid coordinate:  $H_k = a_k + b_k h_{\text{orog}}$

L'ultimo nato tra i modelli e' Globo: **GLObale Bolam** (inizio anni '10). E' la versione di Bolam per il dominio globale, e' diverso per le proprietà della griglia, e per la presenza di alcuni moduli numerici del trattamento della dinamica nelle zone polari.



Il modello **Bolam** e' stato sviluppato come il **modello nazionale per la previsione del tempo**, lo sviluppo e' stato **ordinato** dal servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare usando le competenze scientifiche maturate nell'ISAC.

Lo sviluppo del Bolam e' andato in due direzioni: come strumento della ricerca dei processi dinamici in atmosfera e come strumento previsionale.

Quando lo sviluppo ha raggiunto i livelli dello stato d'arte internazionale, il Bolam e' stato usato nei vari **progetti internazionali della ricerca dei processi dinamici e fisici dell'atmosfera**, ma e' stato respinto dall'Aeronautica Militare come strumento previsionale per motivi di tipo politico, ma ha avuto il successo in qualita' di strumento previsionale presso i **Servizi Meteorologici dell'ARPA-Liguria e dell'ARPA-Sardegna**, nonché presso il Centro Universitario della Revisione Meteorologica della Grecia.

Lo sviluppo modellistico non e' terminato, anzi e' andato avanti con un ovvio successo, e' nato il modello **Moloch** che e' stato impiegato nei vari progetti nazionali ed internazionali di ricerca. Alla fine degli anni '10 il successo dei modelli Bolam e Moloch come strumento previsionale, dimostrato anche nell'ambito dei progetti con la partecipazione del **Dipartimento della Protezione Civile** (DPC), ha portato al fatto che il DPC ha cominciato ad usarli come **strumenti previsionali aggiuntivi**. Dal 2008 in ISAC le previsioni con Bolam (3 giorni, dominio europeo) e Moloch (2 giorni, dominio nazionale) vengono effettuate in **regime operativo** tutti i giorni usando i propri sistemi di calcolo. Per creare i prodotti previsionali in formato grafico con i parametri richiesti dal DPC e' stato sviluppato il pacchetto dei programmi grafici Plgribfa (**PLplot GRIB DroFA**) basato sul SW libero PLPlot.



Nel corso degli anni nella comunità degli utenti di Bolam e Moloch sono entrati il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (**ISPRA**), ed il Consorzio **LaMMA** (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica per lo sviluppo sostenibile, Regione Toscana e CNR).

Il modello **Globo** e' stato sviluppato per la ricerca nell'ambito della previsione di lungo termine, sia perché c'era interesse dalla parte del DPC che perché sono state maturate le competenze di ricerca in questo ambito. Lo sviluppo ha portato alla creazione della tecnica di **previsione mensile** di natura probabilistica. Tale previsione è entrata in regime operativo nell'anno 2015. I risultati vengono presentati e discussi al DPC e fanno parte del set delle previsioni incluse nel progetto **S2S** presso l'**ECMWF**.

I modelli Bolam e Moloch hanno maturato un'esperienza di successo nell'accoppiamento con i modelli di **qualità dell'aria** (dagli anni '10 in poi). Il sistema **Chimbo** (Bolam+Chimere) viene usato operativamente tutti giorno presso l'ISAC a scopi previsionali, il Molchem e' in fase di sperimentazione.

Quali sono le proprietà dei modelli Moloch e Bolam/Globo che portano ai successi sia come strumenti di ricerca che come gli strumenti di previsione? Sono le seguenti:

- **sviluppo continuo** in linea ai risultati più avanzati della ricerca e tecnologia del campo
- **proprietà computazionali molto efficaci**
- installazione e implementazione **facili**
- buoni punteggi della verifica delle grandezze meteorologiche previste

## Le parametrizzazioni dei processi fisici approssimati dai modelli

- schemi dei processi di **processi radiativi**: ci sono 2 schemi: uno e' quello vecchio semplificato "di Geleyn" (Ritter, Geleyn, 1992), l'altro e' sofisticato "dell'ECMWF" (Morcrette, 1991; Mlawer et al., 1997, Morcrette, 2008); il primo ha gli errori sistematici (bias) dei flussi risultativi alla superficie, l'altro produce i risultato corretti ma molto costoso dal punto di vista computazionale, c'e' algoritmo della combinazione dei due schemi (e' consigliato da usare), ma possono essere usati o uno o altro separatamente; lo schema modifica la temperatura in atmosfera e definisce i flussi varia della radiazione alla superficie;
- schema dei **processi turbolenti alla strato superficiale**: e' uno schema originale basato sulla teoria semi-empirica della similarità di Monin-Onukhov, lo schema definisce i flussi del calore e dell'umidità alla superficie, nonché i profili verticali del momento, della temperatura e dell'umidità tra la superficie ed il livello più basso del modello;
- schema dei **processi turbolenti allo strato limite planetario** (Atmospheric Buondary Layer – ABL) e' uno schema originale basato sul concetto della lunghezza di mescolamento, e' un modello che ha la chiusura dell'ordine 1,5 (E-l scheme, Zampieri et al, 2005) con la grandezza di energia cinetica turbolenta (Turbulent Kinetic Energy -TKE) che e' la variabile previsionale; lo schema modifica il momento, la temperatura e l'umidità;



## Le parametrizzazioni dei processi fisici approssimati dai modelli

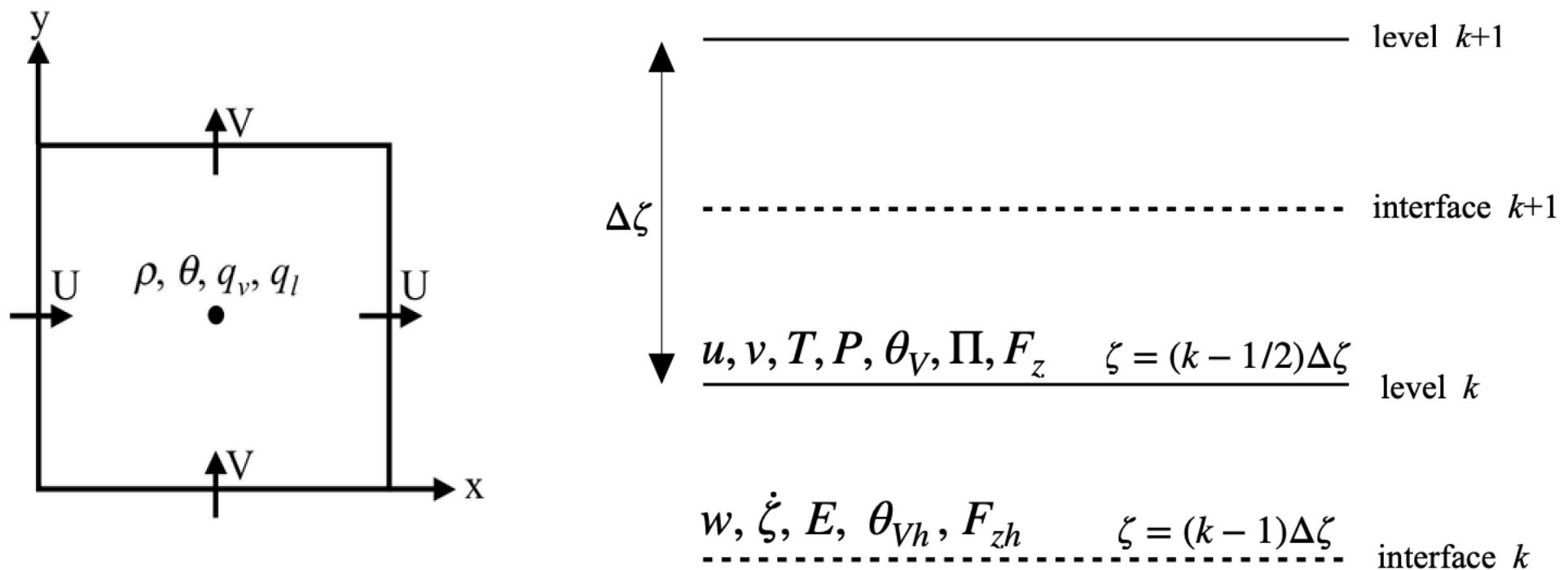
- schema dei **processi alla superficie e nel suolo vegetato e nel manto nevoso**: e' il modello originale "Pochva" basato sugli approcci originali della definizione delle condizioni al contorno inferiore, dei parametri fisici del suolo e della vegetazione, usa l'approccio originale per i processi idrici usando il concetto di profondità della falda; lo schema usa un numero di livelli verticali variabile in funzione delle condizioni fisiografiche; lo schema originale dei processi del manto nevoso di qualsiasi spessore con un algoritmo numerico molto stabile; lo schema definisce la temperatura e l'umidità del suolo a varie profondità ed alla superficie, il contenuto idrico, la temperatura, la densità a varie profondità, l'albedo del manto nevoso, l'albedo e l'emissività della superficie del suolo vegetato e innevato;
- schema dei **processi microfisici** e' uno schema originale basato sugli approcci piu avanzati del campo, include i processi di interazione tra le grandezze microfisiche: contenuto idrico di nube liquida e ghiacciata e di precipitazioni liquida (pioggia) e ghiacciata (neve, grandine); lo schema modifica la temperatura, l'umidità e le grandezze microfisiche;
- schema dei **processi convettivi**: e' lo schema "di Kain–Fritsch" (Kain and Fritsch, 1990) con gli originali sviluppi che riguardano la conservazione dell'energia ed altro; lo schema e' incluso sia nei modelli Bolam/Globo che in Moloch, nel quale può essere attivato o disattivato in funzione della risoluzione numerica applicata.

## Discretizzazione numerica

**La griglia orizzontale** viene definita nel sistema delle coordinate geografiche ruotate. “il centro della rotazione” e’ il punto di intersezione dell’equatore e del meridiano zero (0N, 0E), questo centro può essere collocato in qualsiasi punto del globo terrestre, nel caso di Globo e’ sempre collocato allo centro della geografica non ruotata.

La griglia orizzontale e’ “**staggered Arakawa C-grid**”.

**Discretizzazione verticale** e’ del tipo Lorentz con lo spessore **constant** degli strati in unita’ di pressione per Bolam/Globo e in unita’ di “zita” per Moloch.





Definizione della coordinata '**zita**' ( $\zeta$ ) del Moloch:

$$\zeta = H \left( 1 - e^{-\frac{z-h(x,y)G(\zeta)}{H\beta(\zeta)}} \right)$$

La funzione di decadimento  $G$ :

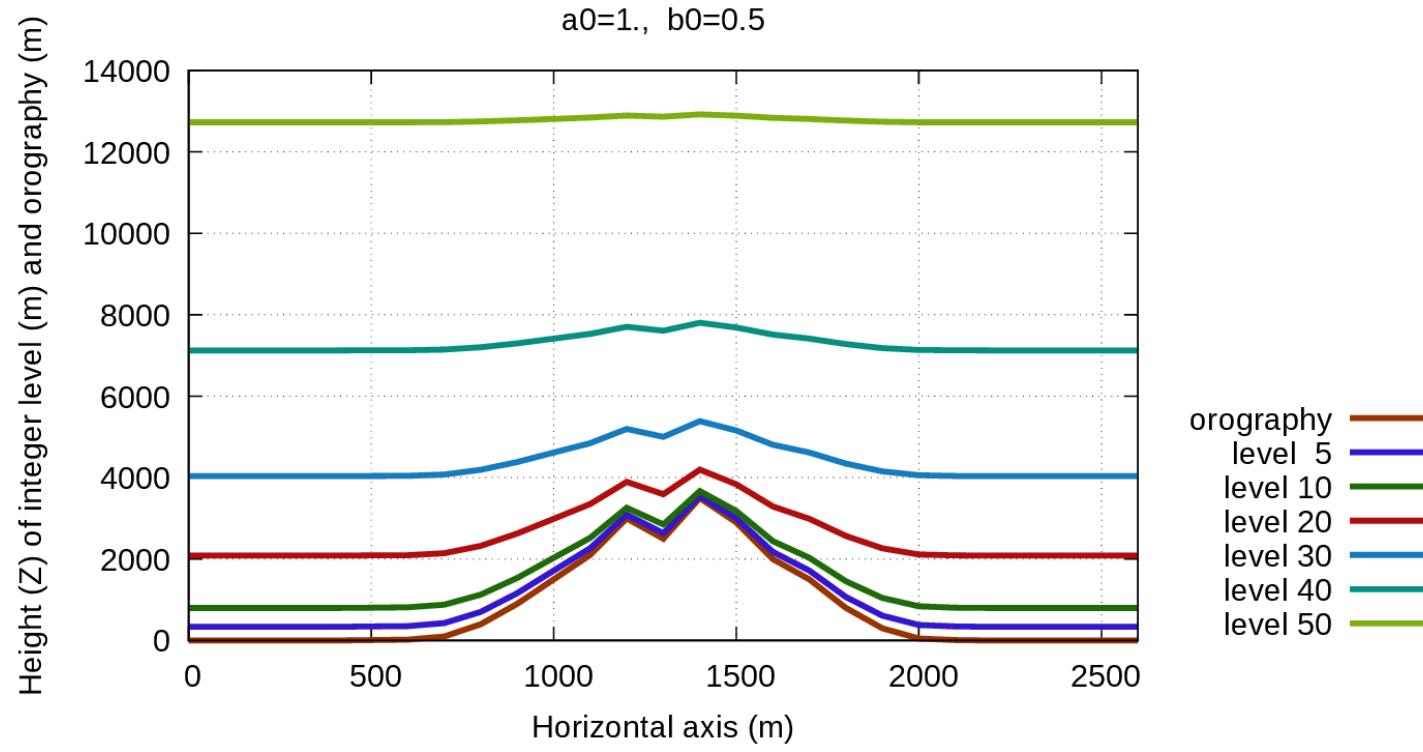
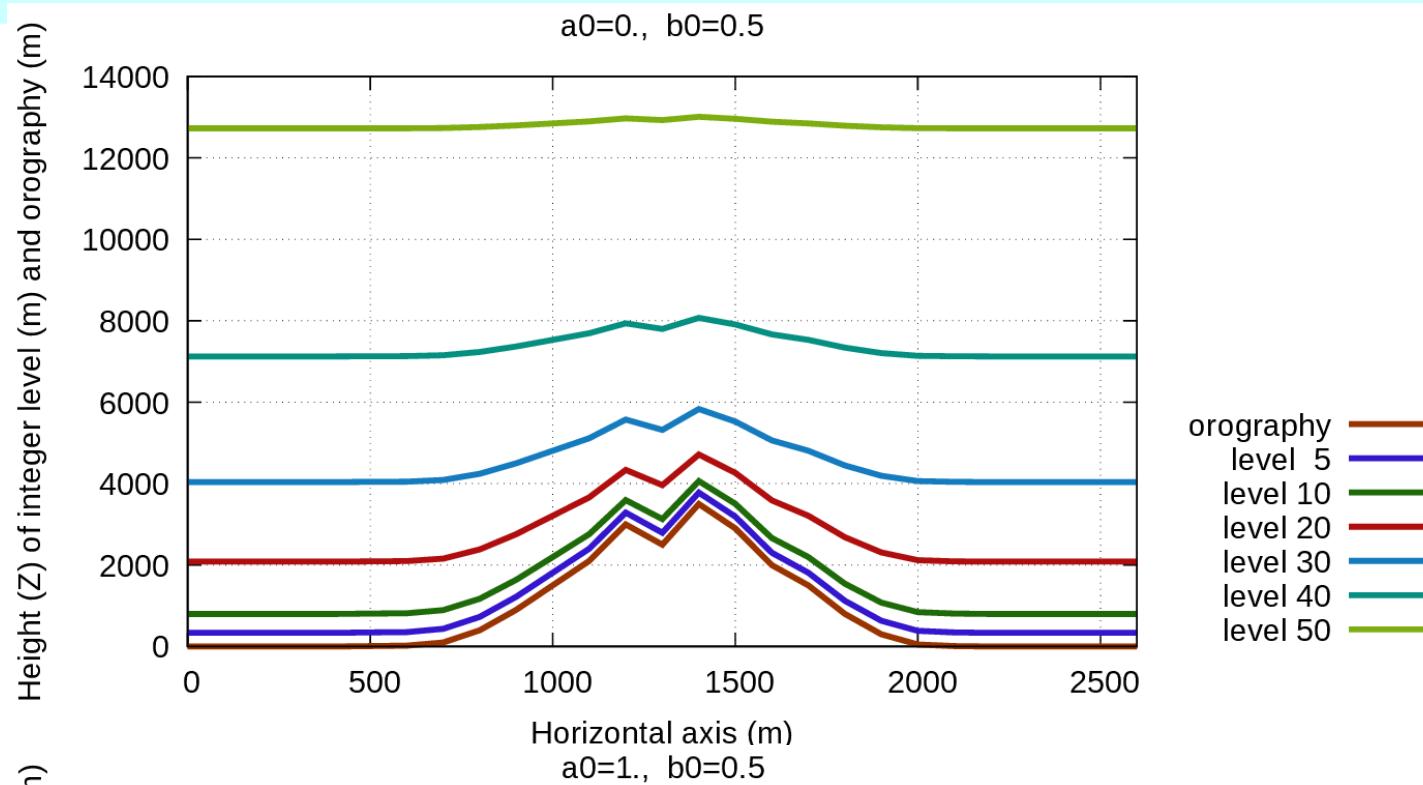
$$G(\zeta) = 1 - a_0 \left( \frac{\zeta}{H} \right) - (3 - 2a_0) \left( \frac{\zeta}{H} \right)^2 + (2 - a_0) \left( \frac{\zeta}{H} \right)^3$$

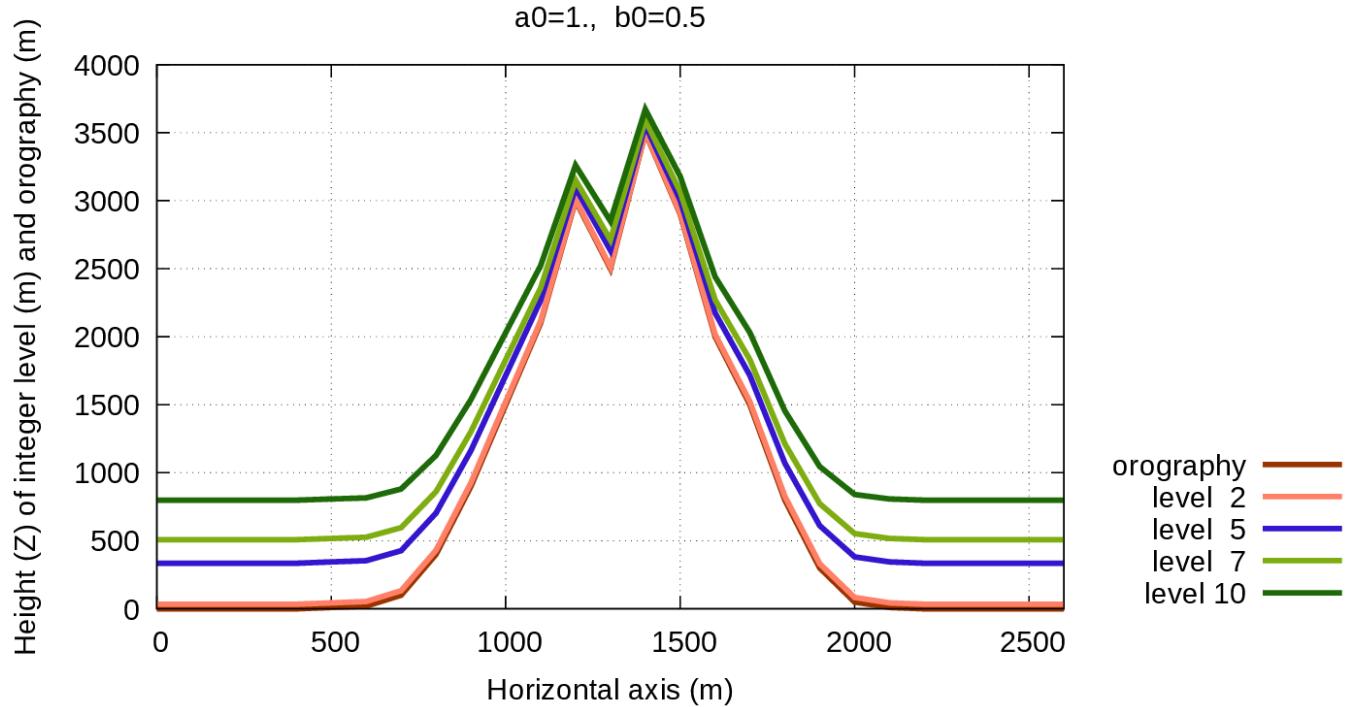
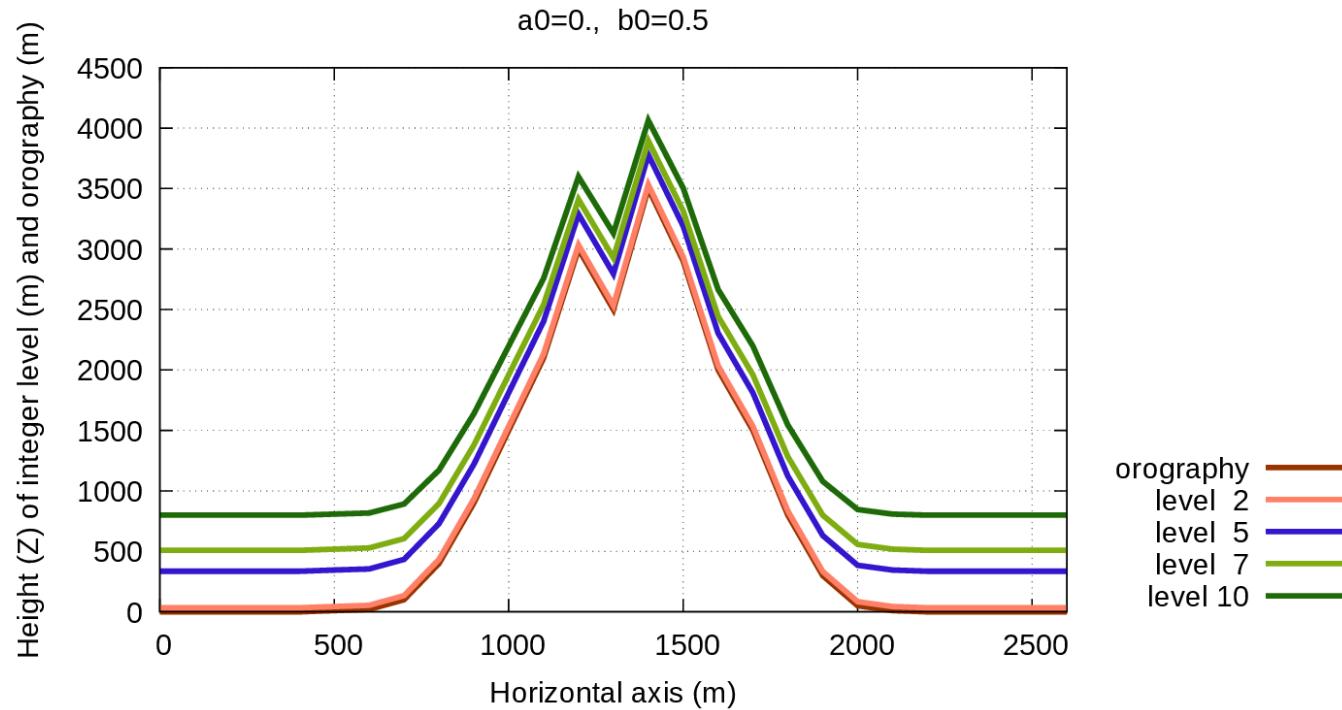
La funzione di “stiramento”  $\beta$ :

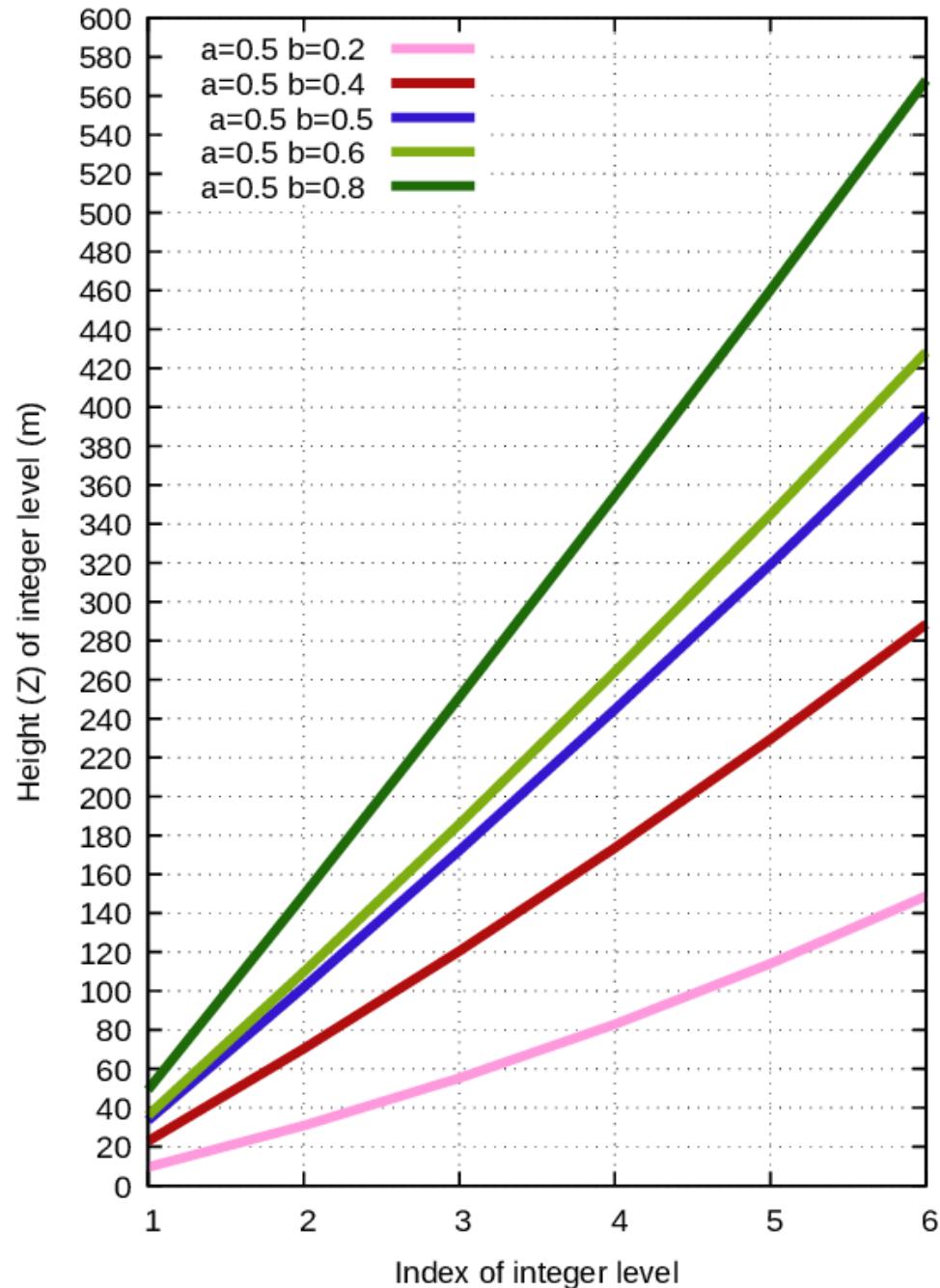
$$\beta(\zeta) = b_0 + (1 - b_0) \frac{\zeta}{H}$$

$H$  – una costante che presenta l’altezza della scala di densità (circa 8 km)  $H = R_d T_0 / g$ , e’ un valore convenzionale,

$h(x,y)$  - altezza dell’orografia,  $z$  – altezza sopra il livello di mare.









## Struttura del software

### **Pre-processing module (.F90)**

preglobo.F90  
prebolam.F90  
premoloch.F90  
+....

### **Pre-processing input file (.inp)**

preglobo.inp  
prebolam.inp  
premoloch.inp  
Parametri dei dati di input, parametri della griglia orizzontale, parametri della coordinate verticale in atmosfera e sotto la superficie

### **Model include file (.inc)**

dimensions.inc  
Dimensioni delle griglie

### **Model module (.F90)**

bolam.F90  
moloch.F90  
+....

### **Model input file (.inp)**

bolam.inp  
moloch.inp  
Parametri dei dati di input ed output, parametri della simulazione numerica

### **grib\_sample.inp**

Il path completo al eccodes sw sample grib file

### **Post-processing module (.F90)**

postbolam.F90  
postmoloch.F90  
+....

### **Post-processing input file (.inp)**

postbolam.inp  
postmoloch.inp  
Parametri dei prodotti in output:  
lista della grandezze meteorologiche ai vari livelli atmosferici, alla superficie e sotto la superficie, lista e parametri delle sezioni verticali in atmosfera

convert\_shf\_to\_grib2.F90



## Struttura del software

### **Pre-processing common modules:**

eccodes package

(pacchetto libero dell'ECMWF)

common\_routines.F90

read\_grib2\_data.F90

def\_soil.F90

### **Models common modules:**

mpi (opzionale)

libecmwf\_rad.a (pacchetto

dell'ECMWF, opzionale)

pochva.F90

pochva\_module.F90

### **Post-processing common modules:**

eccodes package

(pacchetto libero dell'ECMWF)

common\_routines.F90

write\_grib2\_data.F90

prepar\_grib2\_coding.F90

### **convert\_shf\_to\_grib2:**

eccodes package

(pacchetto libero dell'ECMWF)

convert\_shf\_to\_grib2.F90

write\_grib2\_data.F90

### **read\_grib2\_write\_meteogram.F90:**

eccodes package (pacchetto libero dell'ECMWF)

read\_grib2\_write\_meteogram.F90 (errore del nome)

common\_routines.F90

read\_grib2\_data.F90

### **Input files:**

meteogram.inp:

lista delle grandezze ai punti,

parametri di interpolazioni

geopoint\_meteogram.txt:

lista dei punti con le coordinate geografiche



## Dati dello scambio tra i moduli modellistici

### **Pre-processing output:**

model\_param\_constant.bin, (land\_par.bin.bin),  
input\_atm\_01.mhf, input\_soil\_01.mhf,  
input\_atm\_nn.mhf, input\_soil\_nn.mhf,...



### **Model output:**

moloch\_atm\_001.mhf, moloch\_soil\_001.mhf,  
moloch\_atm\_nnn.mhf, **moloch\_soil\_nnn.mhf**,...

moloch\_001.shf, moloch\_002.shf...

“bolam” nel caso di Bolam

model\_param\_constant\_not\_full\_res.bin (opzionale)



### **Post-processing output:**

moloch\_domain\_orogr\_lsm.grib2,  
moloch\_YYYYMMDDHH\_DDDHHMM.grib2,  
moloch\_cross\_YYYYMMDDHH\_DDDHHMM.grib2,  
YYYY(4 cifre)MM(2 cifre)DD(2 cifre)HH(2 cifre) –  
data e ora dell'inizio della simulazione,  
DDD(3 cifre)HH(2 cifre)MM(2 cifre) – numero di  
giorni, ore e minuti della scadenza previsionale

### **mhf\_atm format:**

formato binario  
convenzionale per tutte le  
grandezze previsionali su  
tutti i livelli in atmosfera

### **mhf\_soil format:**

formato binario  
convenzionale per tutte le  
grandezze previsionali e  
diagnostiche alla  
superficie e su tutti i  
livelli sotto la superficie

### **shf format:**

formato binario  
convenzionale per alcune  
grandezze previsionali e  
diagnostiche



## Dati dell'input di tutti i modelli (pre-processing)

**Global static geophysical dataset,**  
**fixed-record binary** and **ascii** format:  
orogr\_global\_latlon\_1km.bin  
soil\_fao\_global\_latlon\_8km.bin  
worldexp.dat  
veget\_global\_latlon\_1km.bin  
vegtype\_GLC2000\_global\_latlon\_1km  
ecmwf\_glob\_0\_25\_lsm.bin  
ecmwf\_ifs\_1979\_2014\_t2\_clim.bin

oppure

**Globo/Bolam/Moloch at defined grid static geophysical variables,**  
binary format:  
land\_par.bin.bin  
model\_param\_constant.bin

**Global season-dependent geophysical dataset,**  
**fixed-record binary** format:  
lai\_global\_latlon\_1km\_day<iday>.bin  
fveg\_global\_latlon\_1km\_day<iday>.bin  
iday=005,015,025,036,046,056,064,074,084,095,10  
5,115,125,135,145,156,166,176,186,196,206,217,22  
7,237,248,258,268,278,288,298,309,319,329,339,34  
9,359



## Dati dell'input di Globo (pre-processing): analisi globale in formato grib2

1) IFS (ECMWF) o 2) GFS (NCEP, USA);

opzionalmente previsione delle grandezze alla superficie e sotto la superficie in formato mhf\_soil  
(variante Globo) prodotta da Globo stesso di una corsa precedente alla scadenza valida per l'inizio della simulazione in corso;

opzionalmente le grandezze statiche definite per la griglia di simulazione in corso in un formato binario convenzionale (model\_param\_constant.bin, land\_par.bin.bin)

## Dati dell'input di Bolam (pre-processing): analisi e/o previsione globale in formato grib2

1) IFS (ECMWF) o 2) GFS (NCEP, USA) oppure

previsione in formato mhf\_atm e mhf\_soil variante Bolam

3) Globo o 4) Bolam "padre";

opzionalmente previsione delle grandezze alla superficie e sotto la superficie in formato mhf\_soil  
(variante Bolam) prodotta da Bolam stesso di una corsa precedente alla scadenza valida per l'inizio della simulazione in corso;

opzionalmente le grandezze statiche definite per la griglia di simulazione in corso in un formato binario convenzionale (model\_param\_constant.bin, land\_par.bin.bin)



Dati dell'input di Moloch (pre-processing): analisi e/o previsione globale in formato **grib2**

1) IFS (ECMWF) o 2) GFS (NCEP, USA) o 3) Cosmo oppure  
previsione in formato mhf\_atm e mhf\_soil variante Bolam 4) Globo o 5) Bolam oppure  
previsione in formato mhf\_atm e mhf\_soil variante Moloch 6) Moloch “padre”;  
opzionalmente previsione delle grandezze alla superficie e sotto la superficie in formato mhf\_soil  
(variante Moloch) prodotta da Moloch stesso di una corsa precedente alla scadenza valida per l'inizio  
della simulazione in corso;  
opzionalmente le grandezze statiche definite per la griglia di simulazione in corso in un formato binario  
convenzionale (model\_param\_constant.bin, land\_par.bin)

Grandezze richieste dalle analisi/previsioni del modelli esterni (IFS/GFS/Cosmo):

sui livelli isobarici o livelli “sigma”: geopotenziale, temperatura, componenti del vento, umidità  
specificia o relativa, contenuto idrico totale o diviso tra liquido e ghiacciato delle nubi;  
sui livelli sotto la superficie (può essere opzionale) temperatura e contenuto idrico;  
alla superficie: pressione (oppure ln(ps)) solo nel caso dei livelli “sigma”, geopotenziale, frazione mare-  
terra, “soil type” solo nel caso dell'IFS, temperatura, contenuto idrico del manto nevoso alla superficie,  
frazione del ghiaccio marino, temperatura del ghiaccio marino solo nel caso dell'IFS, spessore del  
ghiaccio marino solo nel caso del GFS alla superficie.



Sulle prossime diapositive sono presentati gli  
Schemi dei flussi di dati tra i vari modelli di un catena modellistica previsionale con i  
modelli Globo, Bolam e Moloch

**Calma! Non spaventatevi!**

Global analysis data,  
**GRIB2** format  
IFS (ECMWF) ✓  
GFS (NCEP, USA):  
input\_data.grib2

Previous forecast soil, snow  
cover, surface variables,  
**binary** format “**mhf\_soil**”:  
globo\_forecast\_soil.mhf

Global static geophysical dataset,  
**fixed-record binary** and **ascii** format:  
orogr\_global\_latlon\_1km.bin  
soil\_fao\_global\_latlon\_8km.bin  
worldexp.dat  
veget\_global\_latlon\_1km.bin  
vegtype\_GLC2000\_global\_latlon\_1km  
ecmwf\_glob\_0\_25\_lsm.bin  
ecmwf\_ifs\_1979\_2014\_t2\_clim.bin

Globo static geophysical  
variables,  
**binary** format:  
land\_par.bin.bin  
model\_param\_constant.bin

Global season-dependent geophysical dataset,  
**fixed-record binary** format:  
lai\_global\_latlon\_1km\_day<iday>.bin  
fveg\_global\_latlon\_1km\_day<iday>.bin  
iday=005,015,025,036,046,056,064,074,084,095,105,  
115,125,135,145,156,166,176,186,196,206,217,227,23  
7,248,258,268,278,288,298,309,319,329,339,349,359

## Pre-GLOBO procedure: creation of initial condition for Globo forecast simulation and Globo static geophysical parameters

Globo static geophysical variables,  
**binary** format:  
model\_param\_constant.bin

Globo atmospheric variables  
**binary** format “**mhf\_atm**”:  
input\_atm\_01.mhf

Globo soil, snow cover, surface variables,  
**binary** format “**mhf\_soil**”:  
input\_soil\_01.mhf

Globo atmospheric variables  
**binary** format  
“**mhf\_atm**”:  
globo\_atm\_<index>.mhf  
index=01,02,03...  
optional output

## GLOBO procedure: Globo forecast simulation

Globo soil, snow cover,  
surface variables  
**binary** format “**mhf\_soil**”:  
globo\_soil\_<index>.mhf  
index=01,02,03...  
**obligatory** output, either  
with mhf\_atm frequency or  
with other frequency

Globo selected variables  
**binary** format “**shf**”:  
globo\_<index>.shf  
index=01,02,03...  
optional output

Globo atmospheric variables  
**binary** format “**mhf\_atm**” at cut  
domain:  
globo\_zoom\_atm\_<index>.mhf  
index=01,02,03...  
optional output

Globo atmospheric variables  
**binary** format “**mhf\_soil**” at cut  
domain:  
globo\_zoom\_soil\_<index>.mhf  
index=01,02,03...  
optional output

model\_param\_constant\_zoom.bin

**Post-Globo ≡**  
**Post-Bolam**

**Conversion shf  
to grib2**

**Pre-BOLAM**  
**Pre-MOLOCH**

Globo restart files  
**binary** format:  
bolam\_<index>.rf,  
bolam\_pochva\_<index>.rf  
index=01,02,03...  
optional output

Global analysis or/and forecast data:  
 IFS (ECMWF) **GRIB2** format ✓  
 GFS (NCEP, USA) **GRIB2** format ✓  
 Globo (CNR-ISAC) binary format  
**MHFB:**  
 grib\_<index> ✓ mhfb\_<index>,  
 index=001,002,003...

Previous forecast soil, snow  
 cover, surface variables,  
**binary** format “**mhf\_soil**”:  
 bolam\_forecast\_soil.mhf

Global static geophysical dataset,  
**fixed-record binary** and **ascii** format:  
 orogr\_global\_latlon\_1km.bin  
 soil\_fao\_global\_latlon\_8km.bin  
 worldexp.dat  
 veget\_global\_latlon\_1km.bin  
 vegtype\_GLC2000\_global\_latlon\_1km  
 ecmwf\_glob\_0\_25\_lsm.bin  
 ecmwf\_ifs\_1979\_2014\_t2\_clim.bin

Bolam static geophysical  
 variables,  
**binary** format:  
 land\_par.bin.bin  
 model\_param\_constant.bin

Global season-dependent geophysical dataset,  
**fixed-record binary** format:  
 lai\_global\_latlon\_1km\_day<iday>.bin  
 fveg\_global\_latlon\_1km\_day<iday>.bin  
 iday=005,015,025,036,046,056,064,074,084,095,105,  
 115,125,135,145,156,166,176,186,196,206,217,227,23  
 7,248,258,268,278,288,298,309,319,329,339,349,359

## Pre-BOLAM procedure: creation of initial and boundary condition for Bolam forecast simulation and Bolam static geophysical parameters

Bolam static geophysical variables,  
**binary** format:  
 model\_param\_constant.bin

Bolam atmospheric variables  
**binary** format “**mhf\_atm**”:  
 input\_atm\_<index>.mhf,  
 index=01,02...

Bolam soil, snow cover, surface variables,  
**binary** format “**mhf\_soil**”:  
 input\_soil\_<index>.mhf, index=01,02...

Bolam atmospheric  
 variables  
**binary** format  
 “**mhf\_atm**”:  
 bolam\_atm\_<index>.mhf  
 index=01,02,03...  
 optional output

## BOLAM procedure: Bolam forecast simulation

Bolam soil, snow cover,  
 surface variables  
**binary** format “**mhf\_soil**”:  
 globo\_soil\_<index>.mhf  
 index=01,02,03...  
**obligatory** output

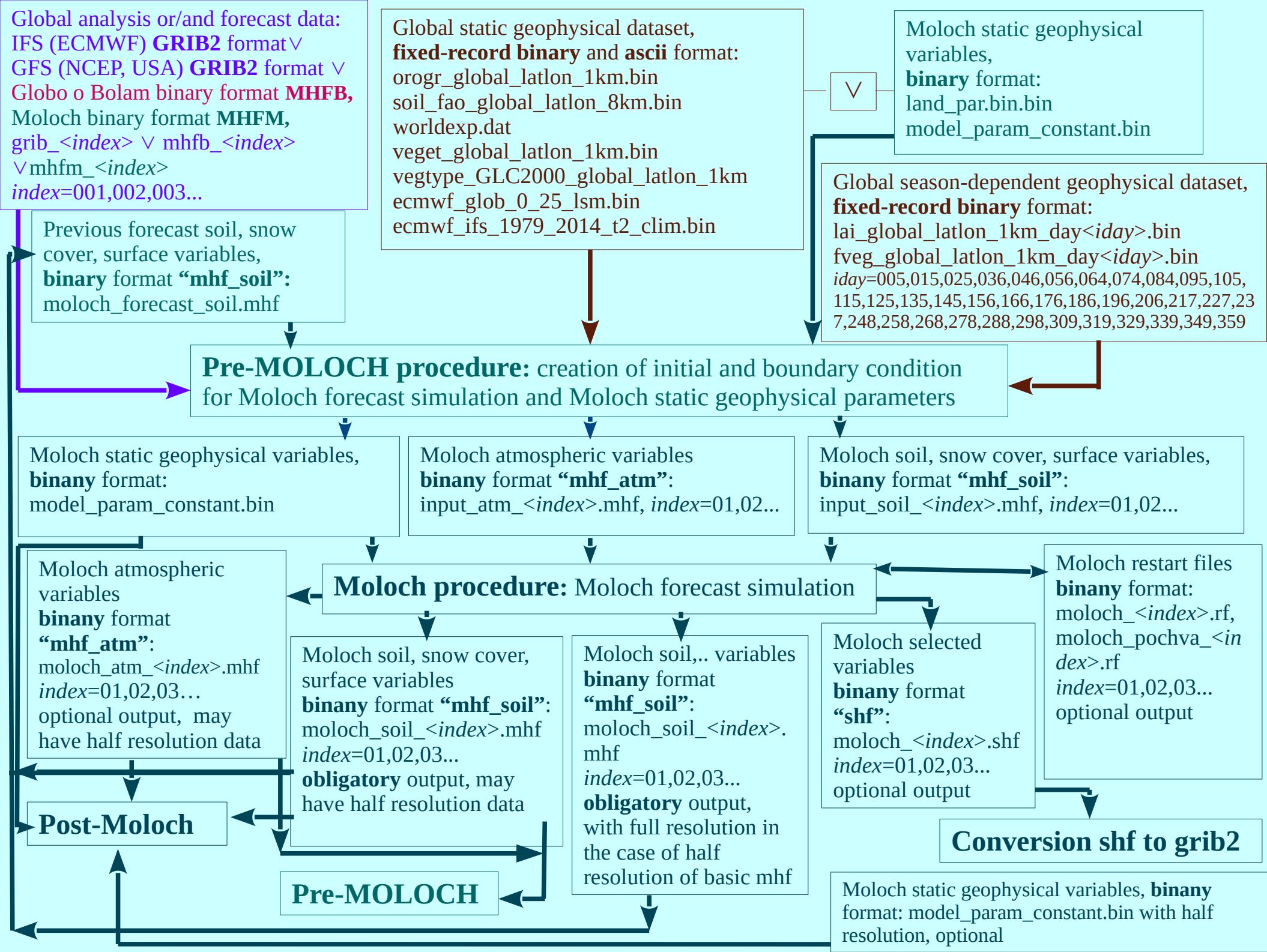
Blobo selected variables  
**binary** format “**shf**”:  
 globo\_<index>.shf  
 index=01,02,03...  
 optional output

Bolam restart files  
**binary** format:  
 bolam\_<index>.rf,  
 bolam\_pochva\_<index>.rf  
 index=01,02,03...  
 optional output

## Post-Bolam

## Pre-BOLAM Pre-MOLOCH

## Conversion shf to grib2



## Schemi dei flussi di post-elaborazione dei prodotti previsionali

**Post-processing:** definition of forecast and diagnostic variables at surface, under surface, at isobaric levels, at vertical sections (for Moloch with half or full resolution ), (at full or cut domain for Globo)  
**grib2** format

**Post-processing+**  
**RTTOV:** definition of variables analogue to satellite observation variables (at rarefied grid) for Moloch and Bolam only  
**grib2** format

**Conversion of shf to grib2:**  
conversion of output forecast and diagnostic variables to  
**grib2** format

**Meteograms creation:**  
meteorological forecast variables at predefined geographical points at each forecast instant in ascii conventional format

**Meteograms regrouping:**  
meteorological forecast variables at predefined geographical point for all forecast period in ascii conventional format

**Graphic elaboration of meteograms**

**Graphic elaboration of horizontal map**

**Graphic elaboration of vertical cross-section**



One example of execution **time comparison** between **WRF** and **Moloch** models according the study in LaMMA Consortium (Tuscany Meteo Service):

<http://www.lamma.rete.toscana.it/modelli/atmo/bolam-e-moloch-info-sui-modelli>

The same forecast runs performed by WRF and Moloch model: Moloch has a more narrow horizontal spacing and demonstrates execution time in **2.6 times better**

Modello	Risoluzione	Dominio (NXxNY)	Livelli Verticali	Time-step	Numero di processori utilizzati *	Tempo di calcolo x 24 ore di simulazione (minuti)
WRF	3 km	400x440	50	20	106 / 108	44
MOLOCH	2.5 km	498x626	50	22.5	96 / 108	17

\* Not all available nodes (108) are used for model run because of some nodes are used for output product creation in real time, also Moloch has some restrictions for number of calculation cores used depending on domain grid points number.



## My own contribution in the model development

- Microphysical processes parametrization
- Land model schema “Pochva” for processes in surface, soil, vegetation and multilayer snow cover
- Preprocessing elaboration
- Elaboration of physiographic dataset
- Elaboration of the procedure for operational and other applications

Contact: o.drofa@isac.cnr.it

Link to models package: <https://gitlab.com/isac-meteo/globo-bolam-moloch>  
[\(https://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts/\)](https://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts/)