

DALLA DEPOSIZIONE ALLA RISOSPENSIONE, DAL PARTICOLATO ALLE MICROPLASTICHE, DA MILORD A SPRAY



UNIVERSITÀ
DI TORINO

Matteo Maria Musso

11 Aprile 2024



Matteo Maria Musso (UniTo, CNR-ISAC)

Gianni Tinarelli (ARIANET-SUEZ)

Silvia Trini Castelli (CNR-ISAC)

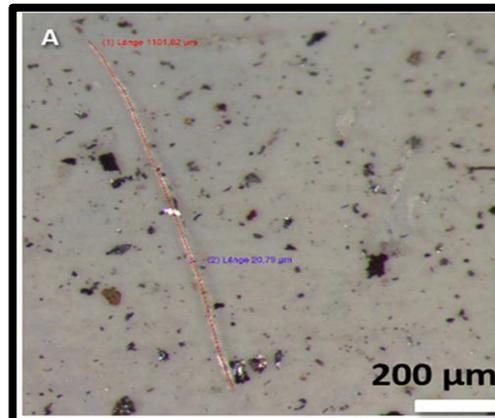
INTRODUZIONE: LE MICROPLASTICHE



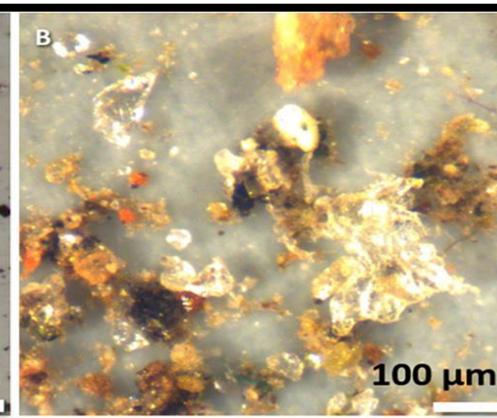
UN PROBLEMA
EMERGENTE

- Le microplastiche sono definite come particelle di plastica di dimensione comprese tra $1 \mu m < s < 5 mm$.
- Possono essere generate per deterioramento di macroplastiche (bottiglie, sacchetti, vestiti ecc.) oppure prodotte *ad hoc* ed in genere si presentano in due forme: frammenti (di natura più o meno sferica) e fibre.
- MPs di dimensioni ridotte ($s \lesssim 50 \mu m$) sono state rinvenute in luoghi poco antropizzati come l'altopiano del Tibet (Zhang et al., 2021), Pirenei francesi (Allen et al. 2019, 2021), Alpi europee (Ambrosini et al. 2019) e ghiacci artici (Bergman et al. 2019).
- La ragione si considera essere legata ai fenomeni di trasporto atmosferico a grande scala (Long Range).

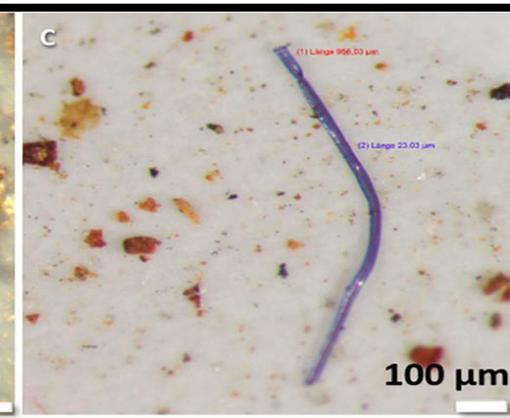
PS (polistirene)



PP (polipropilene)



PVC (Polivincloride)



APPROCCIO: MODELLISTICA A GRANDE SCALA



IDENTIFICAZIONE AREE DI ORIGINE

- Lo studio del trasporto in **luoghi remoti** di MPs può essere approcciato inizialmente tramite la modellistica a grande scala. Il modello di riferimento è il modello di dispersione a particelle lagrangiane MILORD.
- MILORD necessita di un input meteorologico e orografico (attualmente fornito dall'ECMWF) ad una risoluzione di $0.5^\circ \times 0.5^\circ$. Il modello consente la ricostruzione delle traiettorie, deposizione e concentrazione (indietro e avanti nel tempo) particelle lagrangiane contenenti l'inquinante.
- A queste scale i contributi alla deposizione in MILORD sono approssimati dalla deposizione secca e umida. Data la scala, il processo di **risospensione** non è preso in considerazione.

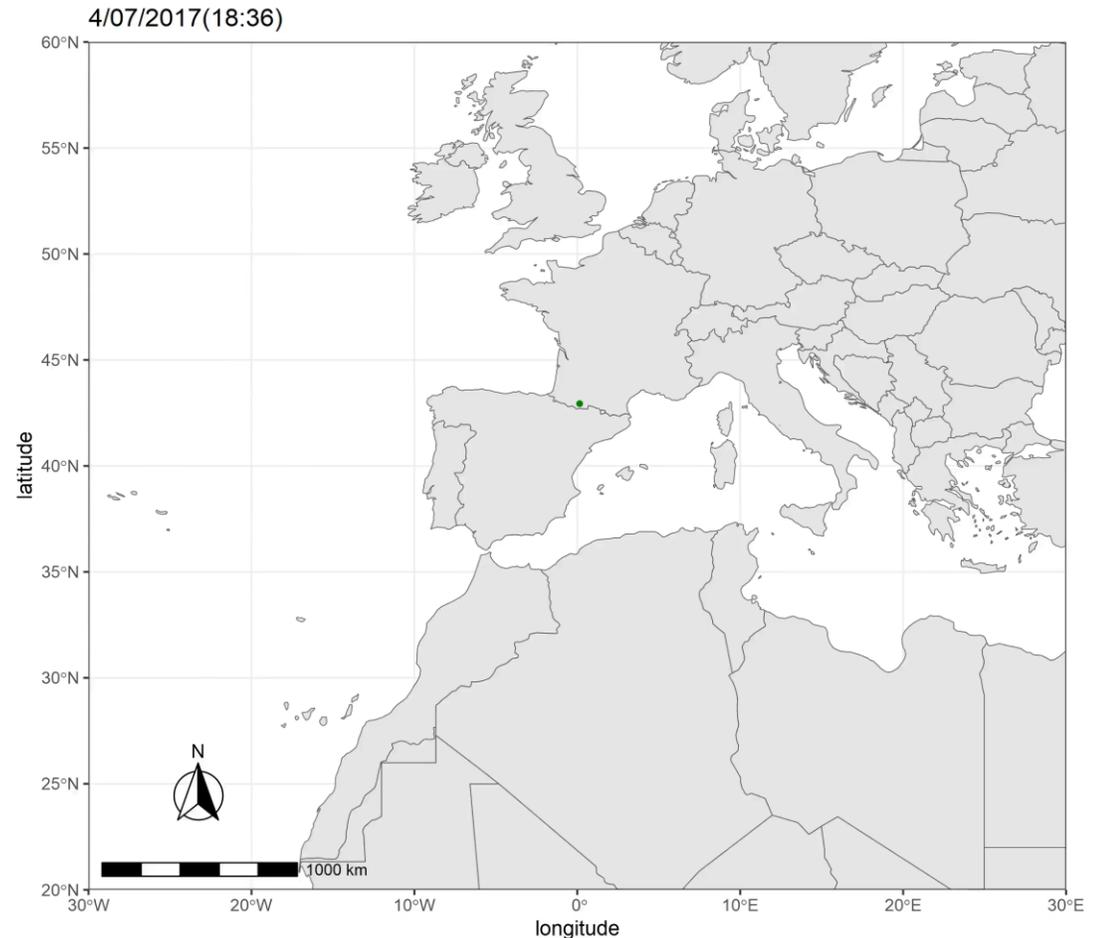


APPROCCIO: MODELLISTICA A GRANDE SCALA



IDENTIFICAZIONE AREE DI ORIGINE

- MILORD è stato applicato all'analisi dei casi studio in cui si riporta la presenza di MPs in luoghi remoti.
- Nello specifico, il lavoro di Allen et al. (2021) ha rinvenuto la presenza di MPs a Pic Du Midi (2877 m a.s.l.), nei Pirenei francesi.
- Lo studio modellistico con MILORD ha riprodotto le traiettorie con una retro emissione, per ricostruire la possibile origine dell'inquinante

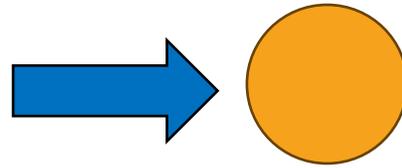


APPROCCIO: DALLA GRANDE SCALA A QUELLA REGIONALE

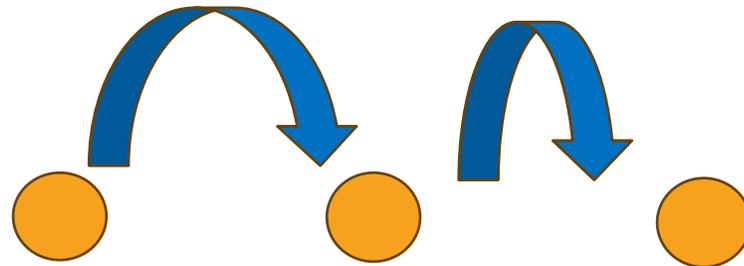


PROCESSI DI RISOSPENSIONE

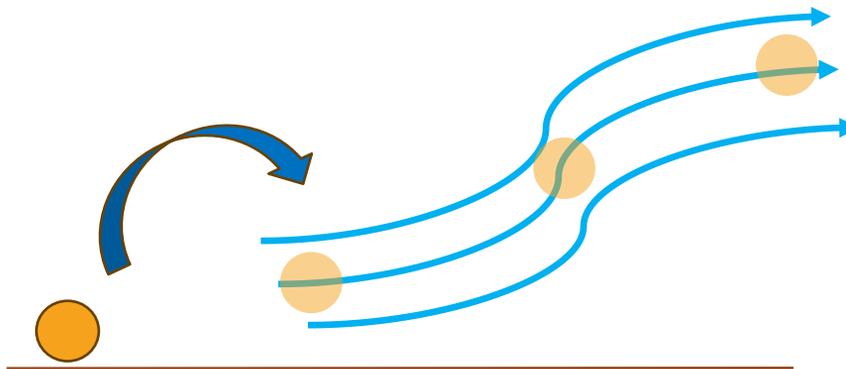
- La **risospensione** è il processo di re-immissione in atmosfera di materiale precedentemente depositato al suolo. Ciò può avere diverse cause, ma la più comune è la presenza di venti intensi al suolo.



Le particelle troppo pesanti per essere risollevate si limitano a «rotolare» sul terreno, un fenomeno noto come **Creeping**,



Particelle più leggere vengono risollevate per brevi periodi, muovendosi a «salti». Questo fenomeno è detto **Saltation**,



Le particelle più leggere vengono risollevate ed immesse in atmosfera, dove saranno soggette ai flussi di vento. Ciò è detto **Resuspension**.

PROCESSI DI RISOSPENSIONE



ALGORITMI

- Diversi algoritmi sono stati sviluppati nel tempo per tenere conto della risospensione di **polveri e sabbie**. La maggior parte adotta un approccio «statico», ovvero fornisce un flusso risospeso a partire dalle caratteristiche del terreno:

- Marticorena e Bergametti (1995) legano il flusso risospeso alla percentuale di argilla nel terreno ed alla velocità del vento al suolo



$$F = F(f_{clay}, U_*, \dots)$$

- Shao et al. (2001-2004) ottiene il flusso a partire dalla frazione di volume del terreno rimossa per effetti di bombardamento



$$F = F(\Omega, U_*, G_S, \dots)$$

- Ginoux et al. (2001) lega il flusso risospeso ad un termine sorgente dipendente dalla concavità del terreno



$$F = F(S(z_t), U_*, \dots)$$

PROCESSI DI RISOSPENSIONE



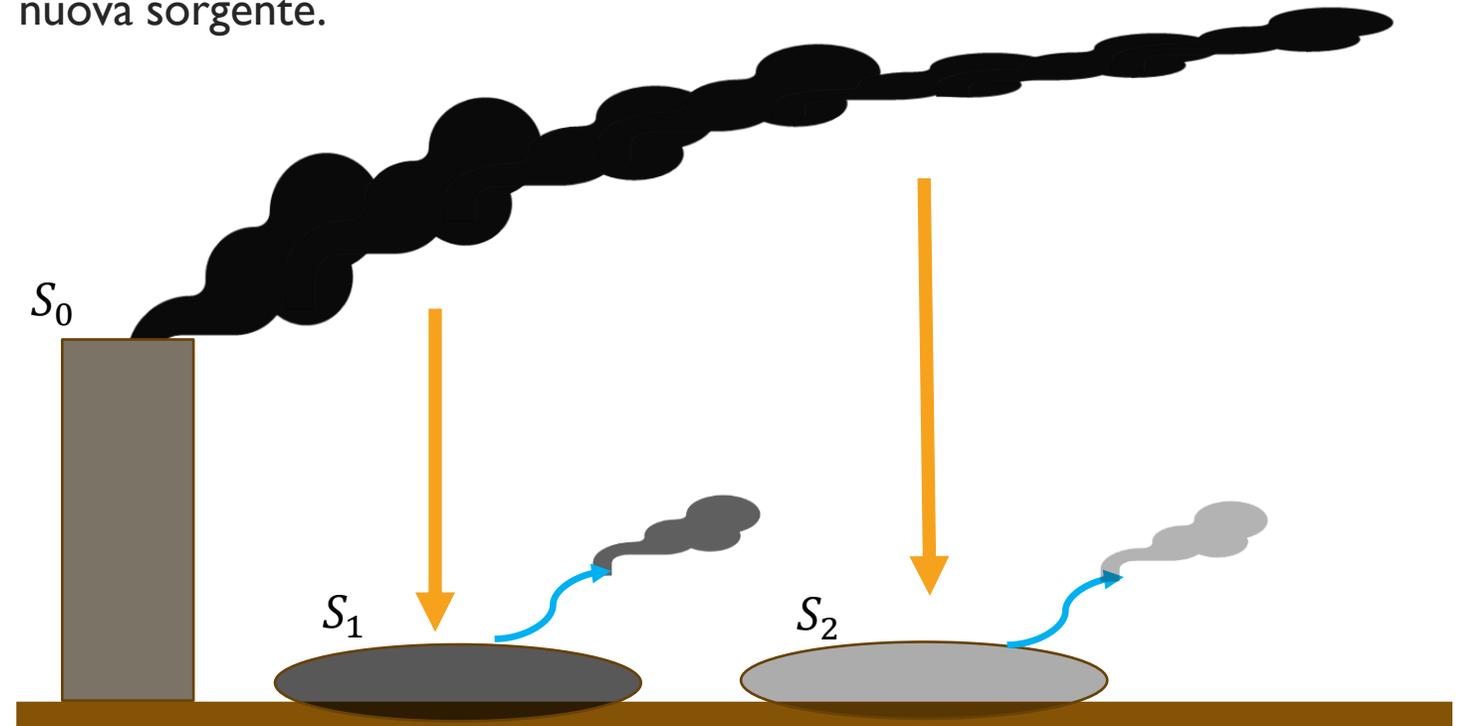
SCELTA
DELL'ALGORITMO
IN **SPRAY**

- La risospensione per le MPs dipende anche dalla composizione del terreno ma dobbiamo passare ad una valutazione «dinamica» per determinare il flusso risospeso **a partire** da ciò che viene depositato.

- Ginoux et al. (2001) è il più versatile. Verrà usato come termine **sorgente** la **quantità di materiale depositato** al suolo. Ogni cella in cui è presente del materiale depositato sarà una potenziale nuova sorgente.



$$F = F(S(m_{dep}), U_*, \dots)$$



PROCESSI DI RISOSPENSIONE



ALGORITMO IN **SPRAY**: GINOUX 2001

- Nella formulazione iniziale di Ginoux, il flusso verticale di particelle F è legato in modo esplicito ad un termine sorgente, che determina la quantità di materiale a disposizione per la risospensione:

$$F = C S s_p u_{10m}^2 (u_{10m} - u_t), \quad u_{10m} > u_t$$

- C è una costante numerica,
- s_p rappresenta la frazione di particelle appartenenti alla classe avente dimensione «p»,
- u_t è una velocità di soglia,
- u_{10m} è la velocità del flusso a 10 m di altezza,
- S è il termine sorgente che determina la quantità di materiale a disposizione

L'algoritmo di Ginoux viene modificato *ad hoc*, legando il **termine sorgente** alla **massa depositata**

$$F = C' \frac{m_{dep}}{\Delta t A} u_*^2 (u_* - u_{*t}), \quad u_* > u_{*t}$$

- u_* , u_{*t} sono la friction velocity e la corrispettiva soglia
- C' è una costante numerica
- Δt è l'intervallo di tempo
- A è l'area della cella
- m_{dep} è la massa depositata disponibile nella cella

RISOSPENSIONE IN SPRAY



IMPLEMENTAZIONE

Il nuovo modulo di risospensione sarà implementato in **SPRAY**.

Primo blocco: *resusp.f*
calcolerà il flusso di
massa risospesa per
ogni cella del grigliato
di simulazione:

```
C *****
C
C      SUBROUTINE RESUSP(
C      I      MAXMAT,SPECIE,
C      I      DSPEC,RHOSPEC,
C      I      TYPESPEC,NDSPEC,
C      I      ARRAYDEP,NPART,
C      I      IDTER2,JDTER2,
C      I      MTOT,VEL_FR,
C      I      DEPTOT,WETFLAG,WETTHR,
C      I      NPARES,QPARES)
C *****
C SOFTWARE: SPRAY 3.0
C AUTHOR:  MATTEO MARIA MUSSO
C *** etc ***
C *****
C      THE ROUTINE STARTS HERE
C *****
C      IMPLICIT NONE
C *****
C *****
C *****INPUT*****
C
C NDSPEC  = Maximum number of species
C MAXMAT  = Maximum number of arrays
C IDTER2,JDTER2 = number of x-y points in the grid
C MTOT    = total mass of a given specie
C VEL_FR  = value of the friction velocity in the i,j cell
C RHOSPEC = mass density of the single species
C DSPEC   = diameters of the species
C TYPESPEC = Type of the species (0 = gas, 1 = aerosols, 2 =
C          particulate)
```

Secondo blocco: *gpares.f*
genererà le particelle
lagrangiane risospese sulla
base dei dati ottenuti da
resusp.f:

```
C *****
C
C      SUBROUTINE GPARES(
C      I      DSEED,SPECIE,
C      I      NPARES,QPARES,MAXMAT,
C      I      MAXREL,MAYREL,MAXPTC,
C      I      MAXNDP,IPTER,
C      I      XC,YC,ZC,
C      I      DELTAX,DELTAY,DELTAZ,
C      I      XLSO,YLSO,
C      I      IOUT,IWCODE,
C      I      XREL,YREL,DX,DY,
C      I      TERAIN,MXUTIL,NYUTIL,
C      I      IERREU,UXVEL1,VYVEL1,
C      I      WZVEL1,SIGMU1,SIGMV1,SIGMW1,
C      I      TIMEU1,TIMEV1,TIMEW1,
C      I      CROUW1,CROWW1,CROUV1,
C      I      THETA1,SKEWW1,UXVEL2,VYVEL2,
C      I      WZVEL2,SIGMU2,SIGMV2,SIGMW2,
C      I      TIMEU2,TIMEV2,TIMEW2,CROUW2,
C      I      CROWW2,CROUV2,THETA2,SKEWW2,
C      I      SGRIDH,ZTOP1,ETAPAR,IMMAI,
C      I      JMMAI,KMMAI,IDTER,JDTER,MAXINZ,
C      I      XNORM,YNORM,SNORM,TINORM,SAVES,
C      I      UXVELU,VYVELU,WZVELU,SIGMU,SIGMV,
C      I      SIGMW,TIMEU,TIMEV,TIMEW,CROUW,
C      I      CROWW,CROUV,THETA,SKEWW,IMPRS,
C      I      MATMAS,NUMARR,IREL,JREL,NS,
C      I      ITIPSC,ITINT,ZRUGOS,ITH87,
C      I      UPR,VPR,WPR,
C      I      XP,YP,ZP,
C      I      ISTATU,PMASS)
C *****
C Subroutine GPARES: generates the resuspended particles
C SPRAY 3.0
```




UNIVERSITÀ
DI TORINO



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Matteo Maria Musso

11 Aprile 2024

Matteo Maria Musso (UniTo, CNR-ISAC)

Gianni Tinarelli (AriaNet-SUEZ)

Silvia Trini Castelli (CNR-ISAC)

BIBLIOGRAFIA

- Allen, S., Allen, D., Baladima, F., 2021. Evidence of free tropospheric and long-range transport of microplastic at pic du midi observatory. *Nature communications*,
- Zhang, Y., Gao, T., Kang, 2020, Microplastics in glaciers of the tibetan plateau: Evidence for the long-range transport of microplastics, *Science of the total environment*
- Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., 2019. White and wonderful? microplastics prevail in snow from the alps to the Arctic, *Science advances*
- Ambrosini, R., Azzoni, R.S., Pittino, F.,. First evidence of microplastic contamination in the supraglacial debris of an Alpine glacier, *Environmental pollution*
- Marticorena, B. and Bergametti, G., 1995: Modeling the atmospheric dust cycle: I. Design of a soil-derived dust emission scheme, *Journal of geophysical research: atmospheres*
- Ginoux, P., Chin, M., Tegen, I., Prospero, J. M., Holben, B., Dubovik, O., and Lin, S.-J., 2001: Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*
- Shao, Y. 2004: Simplification of a dust emission scheme and comparison with data, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*