

## Μελετώντας τις αλληλεπιδράσεις του αέρα με τα θαλάσσια κύματα, με χρήση της υπερυπολογιστικής υποδομής ARIS του GRNET



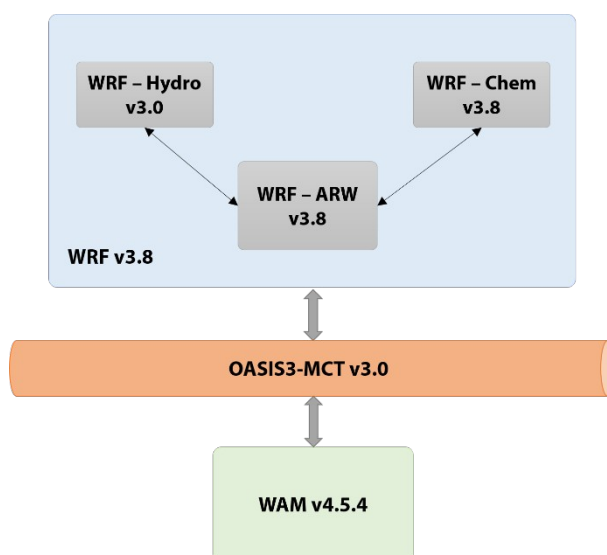
### Η σπουδαιότητα της μελέτης των αλληλεπιδράσεων αέρα-θαλάσσιων κυμάτων

Καθώς το παγκόσμιο ενδιαφέρον για την ισορροπία του Γήινου συστήματος αυξάνεται, γίνεται όλο και πιο αναγκαία η έγκαιρη και έγκυρη πρόγνωση ακραίων καιρικών φαινομένων, καθώς και η παραγωγή αιολικής και κυματικής ενέργειας. Στην κατεύθυνση αυτή, είναι σημαντική η μελέτη των αλληλεπιδράσεων ατμόσφαιρας-θάλασσας μέσω πειραμάτων μεγάλης κλίμακας, τα οποία απαιτούν σύγχρονες δικτυακές και υπολογιστικές υποδομές. Η βελτιστοποίηση στην πρόγνωση ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων παραμέτρων όπως του ανέμου και του κύματος, επηρεάζει πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη θάλασσα, όπως οι θαλάσσιες μεταφορές, η αλιεία, ο τουρισμός, η εξόρυξη πετρελαίου και οι παραθαλάσσιες κατασκευές. Οι αλληλεπιδράσεις ατμόσφαιρας-θάλασσας καθορίζουν τη δημιουργία των κυκλώνων που συνοδεύονται από θυελλώδεις ανέμους, υψηλά κύματα και πλημμύρες, προκαλώντας θανάτους και οικονομικές ζημιές. Ωστόσο οι γνώσεις σχετικά με τους πολύπλοκους μηχανισμούς των αλληλεπιδράσεων αυτών εξακολουθούν μέχρι και σήμερα να είναι ανεπαρκείς.

### ARIS High Performance Computing: η τεχνολογική λύση του GRNET για ενοποιημένες προσομοιώσεις ατμόσφαιρας-θαλάσσιων κυμάτων

Ο Δρ. Πέτρος Κατσαφάδος και η ερευνητική του ομάδα Δυναμικής της Ατμόσφαιρας και του Κλίματος από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, έθεσαν στόχο τη δημιουργία και εφαρμογή ενός καινοτόμου, αμφίδρομα συζευγμένου συστήματος προσομοιώσεων ατμόσφαιρας-θαλάσσιων κυμάτων με απώτερο σκοπό την ανάλυση και την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων ατμόσφαιρας-κυμάτων. «Η απόκτηση πρόσβασης σε υπολογιστικούς πόρους ήταν ζωτικής σημασίας για την επιτυχία του εγχειρήματος και την εξαγωγή αξιόπιστων επιστημονικών δεδομένων», τονίζει ο Δρ Κατσαφάδος, προσθέτοντας: «Στην ανάγκη αυτή μας έδωσε λύση το GRNET, με την παροχή πρόσβασης στην εθνική υπερυπολογιστική υποδομή ARIS».

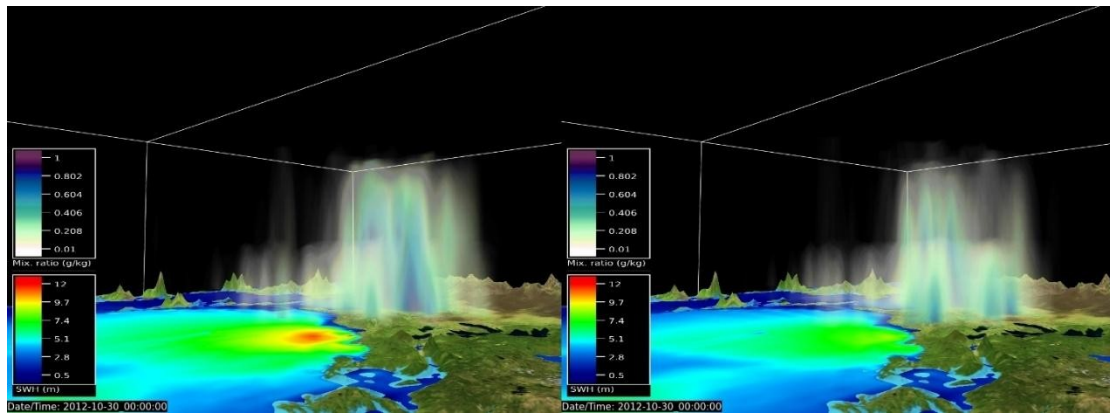
Με στόχο να υποστηρίξεται η ταυτόχρονη προσομοίωση ατμοσφαιρικών, κυματικών, χημικών και υδρολογικών διαδικασιών, η ερευνητική ομάδα ανέπτυξε το σύστημα προσομοιώσεων CHAOS; Chemical Hydrological Atmospheric Ocean wave System. Το σύστημα εφαρμόστηκε για πρώτη φορά, με χρήση της υπερυπολογιστικής υποδομής ARIS και περιλαμβάνει το ατμοσφαιρικό μοντέλο WRF και το κυματικό μοντέλο WAM. Τα δύο μοντέλα τρέχουν παράλληλα, επικοινωνούν και ανταλλάσσουν πληροφορία μέσω του συζευκτής OASIS3-MCT. Για το καινοτόμο εγχείρημα ο ερευνητής Γιώργος Βάρλας απέσπασε το Βραβείο Νέου Ερευνητή 2018 από την Ευρωπαϊκή Μετεωρολογική Κοινότητα. <https://www.emetsoc.org/ems-young-scientist-award-2018-for-georgios-varlas>



Εικόνα 1. Τα υποσυστήματα του αμφίδρομο συζευγμένου συστήματος προσομοιώσεων CHAOS.

## Επιστημονικά ευρήματα σε προσομοιώσεις κυκλώνων αξιοποιώντας τις δυνατότητες του ARIS

Το συζευγμένο σύστημα προσομοιώσεων εφαρμόστηκε για τη μελέτη κυκλωνικών συνθηκών στη Μεσόγειο θάλασσα και στον Ατλαντικό ωκεανό (τυφώνας Sandy, 2012). Η μελέτη έδειξε μεταξύ άλλων ότι τα κύματα εξασθενούν το σχηματισμό των κυκλώνων και αντικατοπτρίζονται στην κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας, επηρεάζοντας το σχηματισμό των νεφών (Εικ. 2). Επίσης, η μελέτη συμπέρανε ότι η βροχή μειώνει το ύψος του κυματισμού. Είναι τέλος χαρακτηριστικό ότι το σύστημα CHAOS προσφέρει μεγάλες βελτιώσεις σε σχέση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις μοντελοποίησης. Οι βελτιώσεις οποίες ξεπερνούν το 20% υπό συνθήκες ακραίων καιρικών φαινομένων.



Εικόνα 2. Τρισδιάστατη κατανομή νερού (νέφη, βροχή, πάγος, χιόνι και μικροί χαλαζόκοκκοι σε  $g\ kg^{-1}$  και οριζόντια κατανομή του σημαντικού ύψους κύματος (m) στις 00:00 UTC (περίπου τη στιγμή που ο τυφώνας Sandy έφτασε στις ανατολικές ακτές των ΗΠΑ) της 30ης Οκτωβρίου 2012, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων CHAOS-1way (αριστερά, χωρίς επίδραση κυμάτων) και CHAOS-2way (δεξιά, με επίδραση κυμάτων).

Για την παραγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν, 1.134.080 υπολογιστικές ώρες στο σύστημα ARIS. Η μέγιστη κλιμάκωση της ερευνητικής εφαρμογής, δηλαδή ο μέγιστος αριθμός υπολογιστικών πυρήνων που χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα από μια διεργασία ήταν 640 πυρήνες.



Εθνικό Δίκτυο Υποδομών  
Τεχνολογίας και Έρευνας

[www.grnet.gr](http://www.grnet.gr) | [hpc.grnet.gr](http://hpc.grnet.gr)



@grnet\_gr



@grnet.gr



grnet sa



grnet.gr



grnet edyte



Χαροκόπειο  
Πανεπιστήμιο



Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών

[www.hua.gr](http://www.hua.gr) | [meteoclima.gr](http://meteoclima.gr)

## Παραπομπές

1. Katsafados, P., Papadopoulos, A., Korres, G., and Varlas, G. (2016). A fully coupled atmosphere-ocean wave modeling system for the Mediterranean Sea:

interactions and sensitivity to the resolved scales and mechanisms. *Geoscientific Model Development*, 9(1), 161-173 (doi: 10.5194/gmd-9-161-2016).

2. Varlas, G., (2017). Development of an integrated modeling system for simulating the air-ocean wave interactions. PhD Dissertation. Available at: <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/41238>
3. Varlas, G., Katsafados, P., Papadopoulos, A., and Korres, G. (2018). Implementation of a two-way coupled atmosphere-ocean wave modeling system for assessing air-sea interaction over the Mediterranean Sea. *Atmospheric Research*, 208, 201-217 (doi: 10.1016/j.atmosres.2017.08.019).  
<https://www.emetsoc.org/ems-young-scientist-award-2018-for-georgios-varlas>
5. Katsafados, P., Varlas, G., Papadopoulos, A., Spyrou, C., and Korres, G. (2018). Assessing the implicit rain impact on sea state during hurricane Sandy (2012). Specialization, Department of Meteorology and Climatology, Department Geology, Aristotle University of Thessaloniki. *Geophysical Research Letters*, 45, 12.015-12.022 (doi: 10.1029/2018GL078673).
6. Varlas, G., Anagnostou, M., Spyrou, C., Papadopoulos, A., Kalogiros, J., Mentzafou, A., Michaelides, S., Baltas, E., Karymbalis, E. and Katsafados, P. (2019). A multi-platform hydrometeorological analysis of the flash flood event of 15 November 2017 in Attica, Greece. *Remote Sensing*, 11(1), 45 (doi: 10.3390/rs11010045).