

Ο κώδικας υπολογιστικής ρευστομηχανικής ADREA-HF

Δρ. Α.Γ. Βενετσάνος

Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΕΠΕΡ)

Ινστιτούτο Πυρηνικής Τεχνολογίας και Ακτινοπροστασίας
Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»

15310, Αγία Παρασκευή, Αττικής

venets@ipta.demokritos.gr

www.demokritos.gr/erel



- Στόχοι

- Εκτίμηση συνεπειών από ανεπιθύμητες ατμοσφαιρικές εκλύσεις σε τοπική κλίμακα κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες γεωμετρίας, έκλυσης και μετεωρολογίας
- Διερεύνηση φαινομένων ροής και διασποράς

- Μέθοδος

- Κώδικας υπολογιστικής ρευστομηχανικής ADREA-HF για πρόβλεψη της χωρικής και χρονικής κατανομής της ροής και του σχηματιζόμενου μετά από έκλυση νέφους (μίγματος αέρα και ανεπιθύμητων ουσιών)
- Ανάπτυξη/χρήση εντός και εκτός του ΕΠΕΡ (1990->σήμερα)
- Διαθέσιμος σε Windows και Linux

- Εφαρμογές

- Εκτίμηση βιομηχανικής ασφάλειας
- Εκτίμηση ποιότητας αέρα
- Εκτίμηση ασφάλειας τεχνολογιών υδρογόνου
- Υποστήριξη κανονισμών, οδηγιών και προτύπων
- Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων
- Μελέτες εκτίμησης ρίσκου



- Ρευστό
 - Πολυ-συστατικά, διφασικά μίγματα ουσιών με αέρα
 - Θερμοδυναμική ισορροπία μεταξύ φάσεων
 - Πραγματικές φυσικές ιδιότητες
- Μέση ροή
 - Επίλυση των 3d, χρονο-εξαρτημένων, πλήρως συμπιεστών εξισώσεων διατήρησης μάζας, ορμής και ενέργειας του μίγματος
 - Επίλυση των εξισώσεων μάζας των συστατικών του
 - Εκτίμηση υγρής φάσης με βάση τον νόμο του Raoult.
 - Δυνατότητα μη υδροδυναμικής ισορροπίας (διαφορική ταχύτητα μεταξύ υγρής και αέριας φάσης)
- Τύρβη
 - Σειρά από διαθέσιμα μοντέλα τύπου RANS
 - Μοντέλα διακυμάνσεων συγκέντρωσης
- Αλληλεπίδραση με τοιχώματα
 - Θερμική: επιλύοντας την 1d εξίσωση ενέργειας εντός του τοιχώματος
 - Υδροδυναμική: σειρά από διαθέσιμες συναρτήσεις τοίχου
- Πηγές
 - Εκλύσεις βαρέων, παθητικών και ανωστικών ρύπων
 - Εκλύσεις ακαριαίες και συνεχείς (πίδακες υποχηητικοί και ηχητικοί)



- Διακριτοποίηση
 - Όγκοι αναφοράς
 - Περιγραφή πολύπλοκης γεωμετρίας σε καρτεσιανά πλέγματα με την μέθοδο του πορώδους
- Ακρίβεια
 - Χωρική έως 3ης τάξης
 - Χρονική έως 2ης τάξης
- Επιλύτες
 - Σειρά από διαθέσιμους επιλύτες με πιο αποτελεσματικό τον Bi-CGStab με διάφορους προ-σταθεροποιητές (χρόνοι υπολογισμού σχεδόν $O(N)$)
- Παράλληλη επεξεργασία
 - Παράλληλος κώδικας με OpenMP για αρχιτεκτονικές κοινής μνήμης
 - Gauss-Seidel παράλληλοι επιλύτες τύπου σκακιέρας
- Σύγκλιση
 - Αυτόματες διαδικασίες περιορισμού του χρονικού βήματος ολοκλήρωσης



- Γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας (GUI)
 - Windows (VC++, F90)
 - Γεωμετρικές/Γραφικές βιβλιοθήκες OpenCascade και DELTA_B
 - Προ-επεξεργασία
 - Εύκολος ορισμός γεωμετρίας (primitive shapes, complex shapes, boolean operations between solids)
 - Εισαγωγή ήδη υπάρχουσας γεωμετρίας από IGES, STEP, BREP, CSFDB
 - Εξαγωγή γεωμετρίας σε IGES, BREP, STL, VRML, TECPLOT
 - Μετά-επεξεργασία
 - Ισο-επιφάνειες
 - Εξαγωγή στο TECPLOT



ADREA-HF

Αξιολόγηση

- Βαρείς ρύποι
 - Fr/N₂ mixture instantaneous releases without and with circular fence (Thorney island 8 and 21)
 - Cl continuous release in a chemical plant (EMU-C1)
- Παθητικοί ρύποι
 - Passive continuous release from the door of L-shape building (EMU-A1)
- Ανωστικοί ρύποι
 - H₂ jet in 20m³ hermetically sealed cylinder (Russian-2)
 - H₂ jet in 78m³ garage like gallery (INERIS-6C)
 - He jet in 67m³ private parking with vehicle (Swain garage)
 - H₂ jet in 0.2m³ compartmented enclosure (GEXCON-D27)
 - H₂ free jets at 100 and 160bar (FZK tests)
 - H₂ free jet at 100bar parallel to ground (HSL-7)
 - H₂ jets at 400bar in the storage room of the Osaka H₂ refuelling station
- Διαφασικές εκλύσεις
 - C₃H₈ release on flat ground with and without fence (EEC-55)
 - LNG release on water (Burro 9)
 - NH₃ release on flat ground (Desert Tortoise 1)
 - LH₂ release within buildings (BAM-5)
 - LH₂ release on flat ground with circular fence (NASA-6)



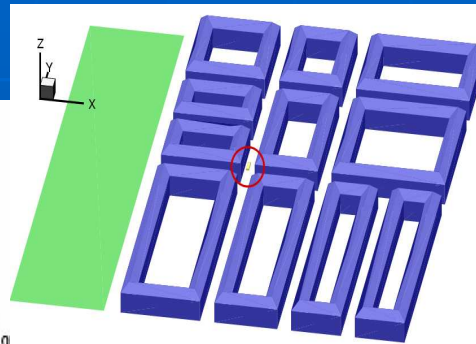
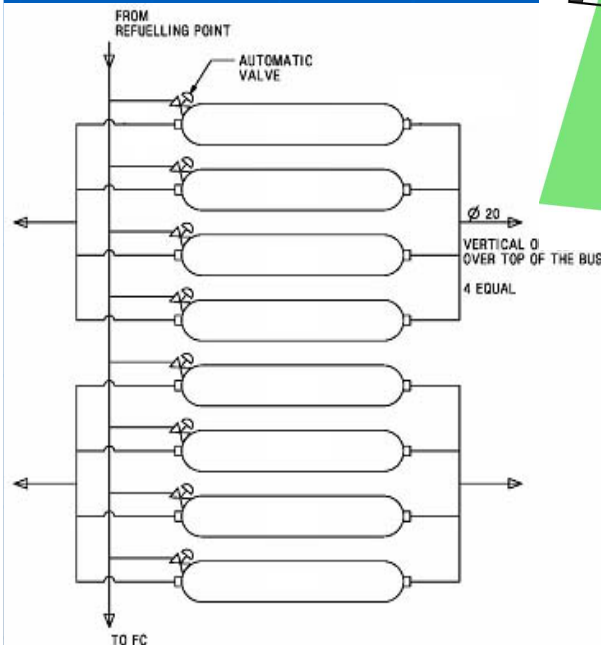
- EIHP project (FP5)
 - H2 releases from private cars in tunnel
- EIHP2 project (FP5)
 - H2 releases from H2 bus in city and tunnel environments. Comparison to NG releases from NG bus
- Hong Kong project (Private Contract)
 - H2 releases from H2 bus in Hong Kong
- HYSAFE project (FP6, NoE)
 - H2 releases validation
- HYAPPROVAL project (FP6, STREP)
 - H2 releases from hydrogen refuelling stations
- HYPER project (FP6, STREP)
 - H2 releases from fuel cells in confined ventilated spaces



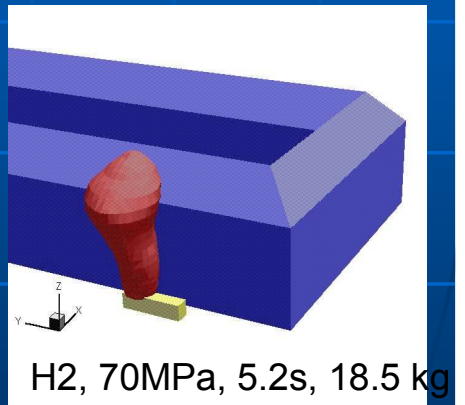
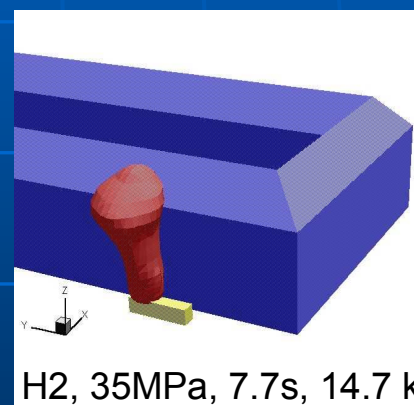
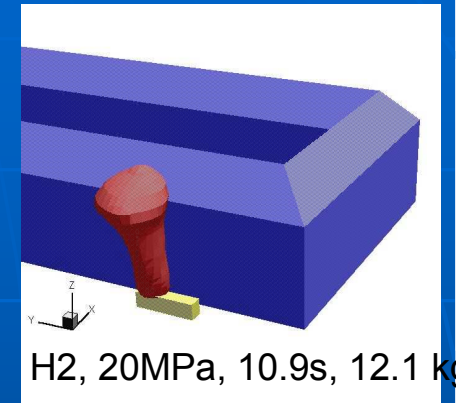
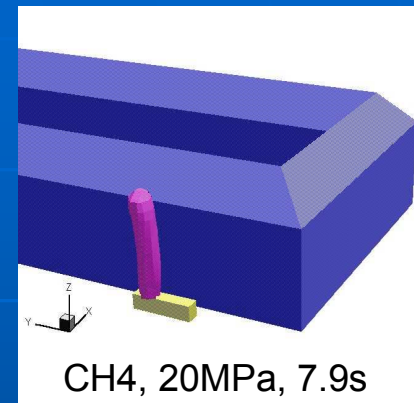
EIHP2 project: CGH2 bus in a city

Release of 40 kg H₂ (168 kg CH₄) through 4 outlet vents at the top of the bus (Stockholm accident site)

Predicted max LFL clouds



Urban site (Stockholm) showing assumed bus location



Bus storage system

REACFLOW code for combustion

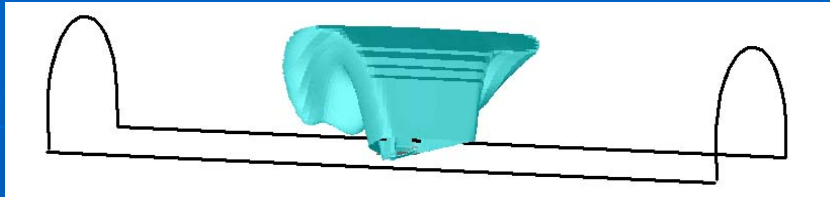


Fuel- Pressure (MPa)	Overpressure		
	Distance to 2kPa overpressure (m)	Distance to 21kPa overpressure (m)	Distance to 35kPa overpressure (m)
H ₂ -20	75	7	3
H ₂ -35	91	8	3
H ₂ -70	100	9	5
CH ₄ -20	65	L	L

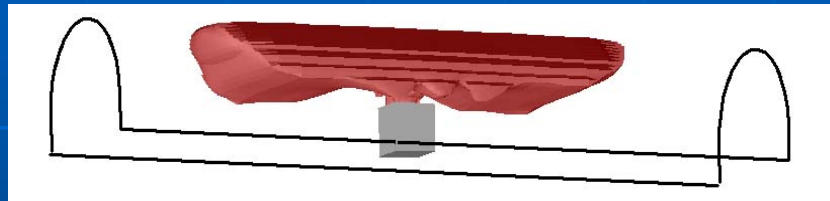
Taken from Venetsanos et al., J. Loss Prevention in the Process Industry, 21, (2007)

EIHP2 project: CGH2 bus in tunnel

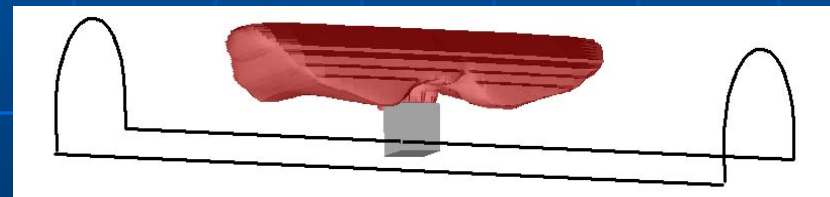
Predicted max LFL clouds



CH₄, 20MPa, 40s, 1756m³, 110kg



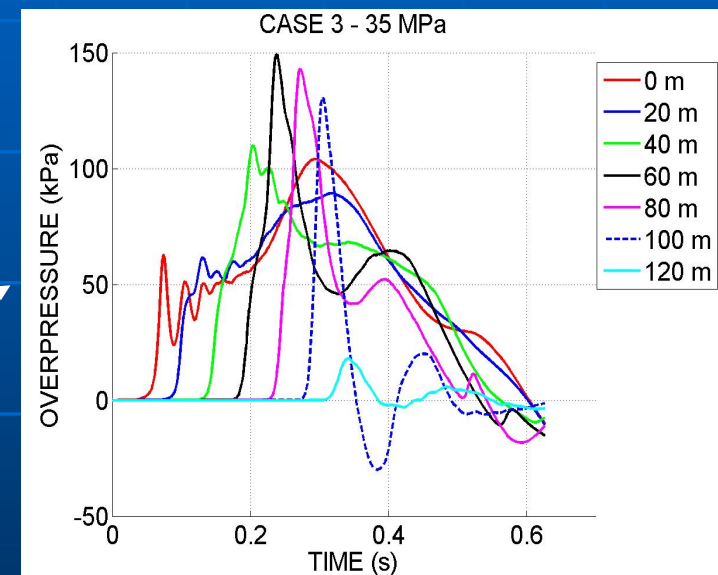
H₂, 20MPa, 40s, 2358m³, 32.4kg



H₂, 35MPa, 30s, 2180m³, 32.5kg

Release of 40 kg H₂ (168 kg CH₄) through 4 outlet vents at the top of the bus

REACFLOW code for combustion



FUEL	PRESSURE (MPa)	OVERPRESSURE
		Peak Overpressure (kPa)
H ₂	20	42.5
	35	150
NG	20	45

Taken from Venetsanos et al., J. Loss Prevention in the Process Industry, (2007)

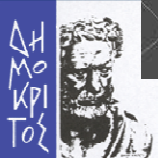


HyApproval: Examined scenarios

- Dispenser: rupture of dispensing line (CGH2 35 and 70 MPa, LH2)
- Trailer: Hose disconnection during discharge (CGH2 20 MPa, LH2)

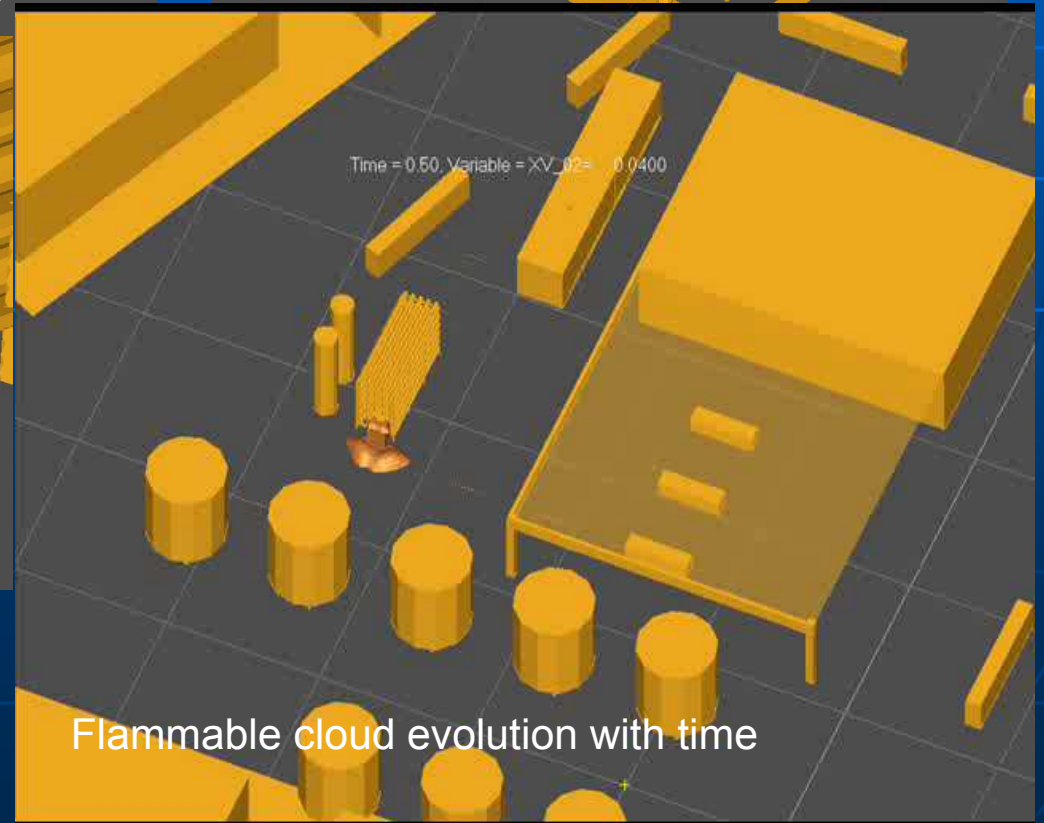
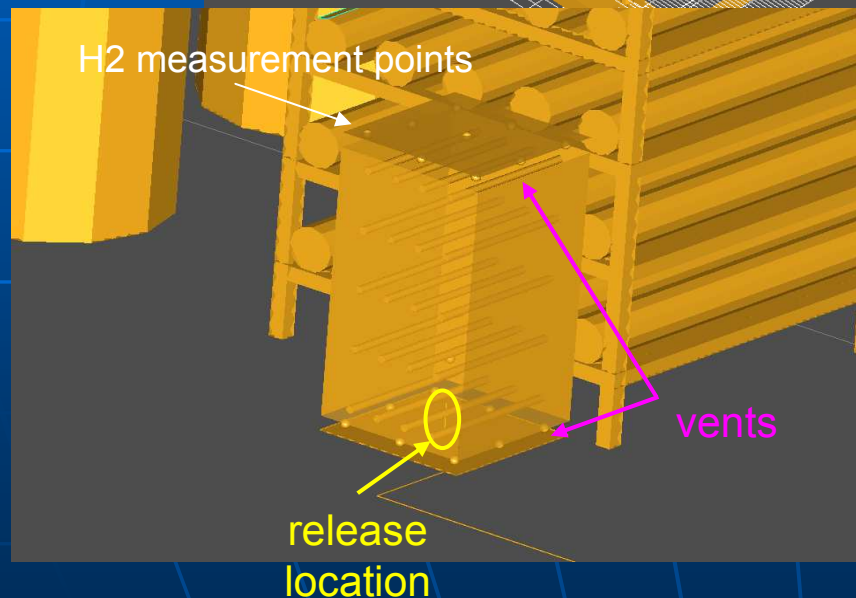
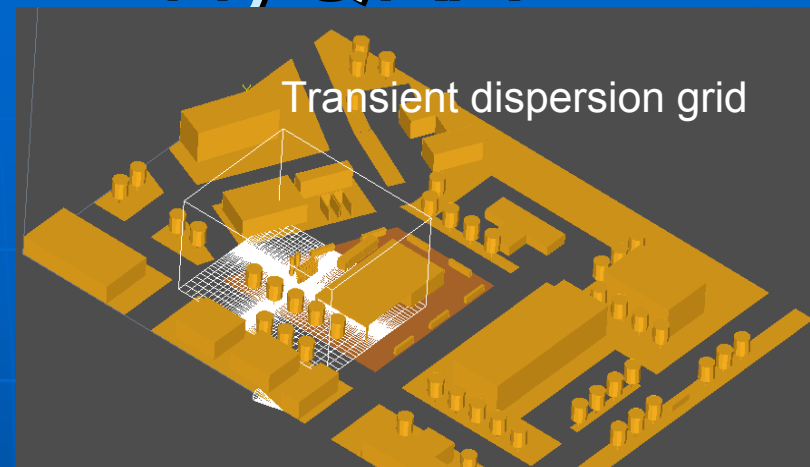
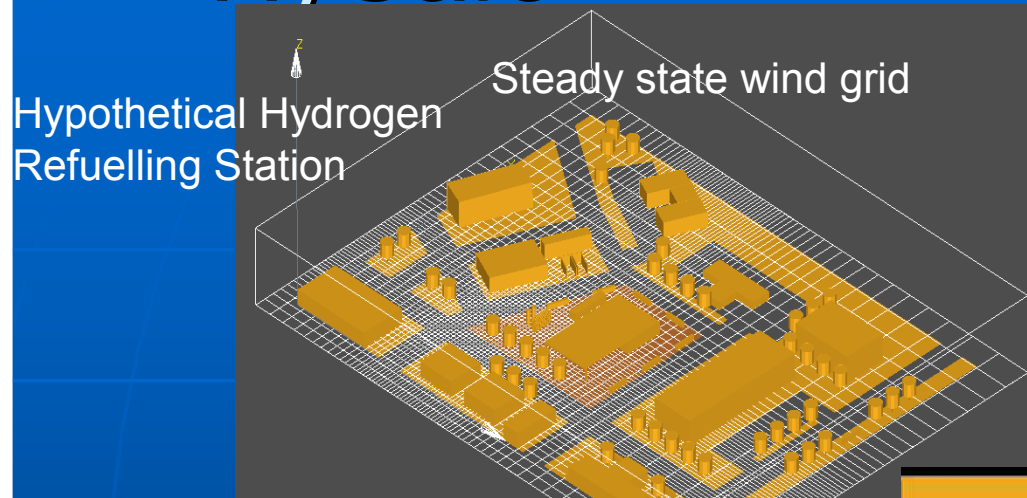


Taken from HyApproval Deliverable 4.6, 2007



HySafe

HyQRA



Scenario: Constant 1.2 Kg/s H₂ release (450 bar) for 5 s (ESD activation) dropping to zero in 20 s



- Εμβάθυνση σε φαινόμενα διασποράς υδρογόνου
 - Αέριου υδρογόνου σε κλειστούς χώρους (Ε. Παπανικολάου)
 - Διφασικού υδρογόνου σε σχετικά ανοικτούς χώρους (Σ. Γιαννίση)
- Μοντελοποίηση φαινομένων
 - Τύρβη (LES)
 - Χημεία (καύση υδρογόνου, Χημεία ατμόσφαιρας)
 - Ακτινοβολία (φωτιές)
- Βελτιστοποίηση υπολογιστικών αλγορίθμων
 - Παράλληλη επεξεργασία (Η. Τόλιας)
 - Παράλληλοι επιλύτες
 - Αρχιτεκτονικές κατανεμημένης μνήμης
 - Σχήματα διακριτοποίησης αυξημένης ακρίβειας
- Βελτιστοποίηση "interface"
 - GUI, manuals, website
 - Διασύνδεση με άλλα υπολογιστικά εργαλεία του ΕΠΕΡ



- Συνεργασίες εξωτερικού
 - JRC-Petten, Institute for Energy, Clean Energies Unit
 - Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), IKET
 - CEA-Saclay, Heat Transfer and Fluid Mechanics Laboratory
 - University of PISA, Nuclear Department
- Συνεργασίες εσωτερικού
 - Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών
 - ΕΜΠ, τμήμα Χημικών Μηχανικών
 - ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος
 - Συνεργασία με άλλα εργαστήρια εντός και εκτός ΙΠΤΑ
 - Κοινά προγράμματα ...
 - Χρήση ADREA-HF ...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

