

ΜΠΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ
Μάθημα: Υδρομετεωρολογία – Υδρολογία και Κλιματική Αλλαγή

**Υδρομετεωρολογική εκτίμηση - πρόγνωση με
χρήση νέων τεχνολογικών προσεγγίσεων -
*Διεθνής εμπειρία***

Καθηγητής **Φώτιος Π. Μάρης**

Διάρθρωση παρουσίασης

- ❖ Υδρομετεωρολογία
 - ❖ Ορισμός
 - ❖ Πεδία και εφαρμογές
 - ❖ Ιδιαιτερότητες
 - ❖ Κλίμακες στο χρόνο και τον χώρο
 - ❖ Παραδείγματα
- ❖ Νέες τεχνολογίες παρακολούθησης υδρομετεωρολογικών παραμέτρων
 - ❖ Σταθμοί μέτρησης
 - ❖ Δορυφορικές παρατηρήσεις
 - ❖ Ραντάρ καιρού
- ❖ Υδρομετεωρολογική πρόγνωση με έμφαση στις πλημμύρες
 - ❖ Υδρολογική πρόγνωση
 - ❖ Έγκαιρη προειδοποίηση

Εισαγωγή

❖ Υδρομετεωρολογία – Ορισμός :

- Κλάδος της Μετεωρολογίας που ασχολείται με προβλήματα που αφορούν τον υδρολογικό κύκλο του νερού και τα χαρακτηριστικά των καταιγίδων

«...a branch of meteorology that deals with problems involving the hydrologic cycle, the water budget and the rainfall statistics of storms. . .(continued).» [Encyclopaedia Britannica]

❖ Καλύπτει ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών πεδίων, όπως:

- Μοντελοποίηση βροχής – απορροής, διόδευση, αριθμητική πρόγνωση καιρού και άμεση πρόγνωση (nowcasting), πρόγνωση ξηρασίας, έρευνα στη διαχείριση υδατικών πόρων από ποσοτικής και ποιοτικής πλευράς

❖ Συνδέεται με πλήθος παρατηρήσεων, όπως:

- Χρήση βροχομετρικών σταθμών, μετεωρολογικών σταθμών, ραντάρ καιρού, δορυφόρων, σταθμηγράφων και μετρητών παροχής, και άλλων τεχνικών παρακολούθησης

❖ Υδρομετεωρολογική πρόγνωση

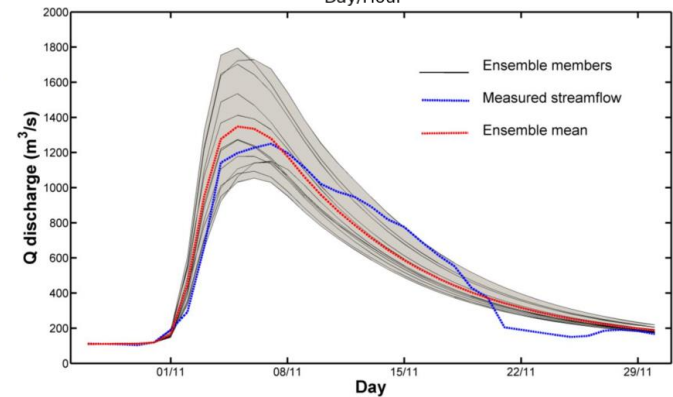
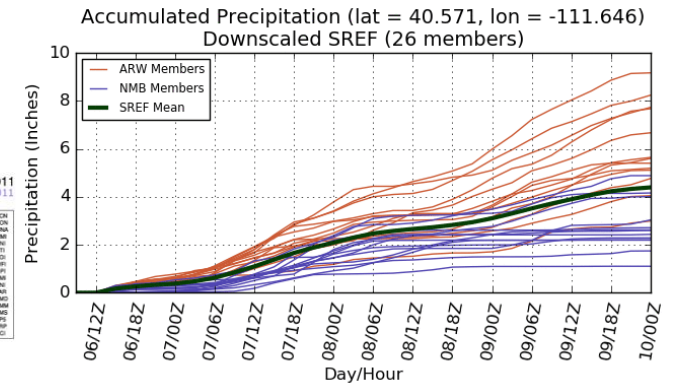
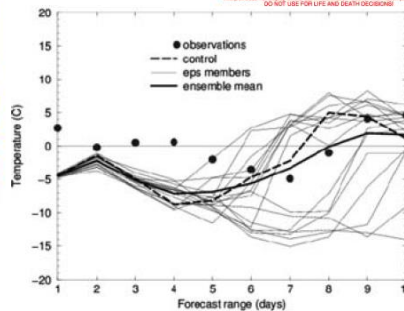
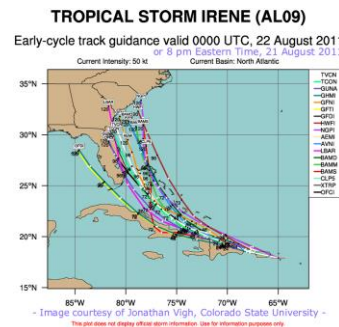
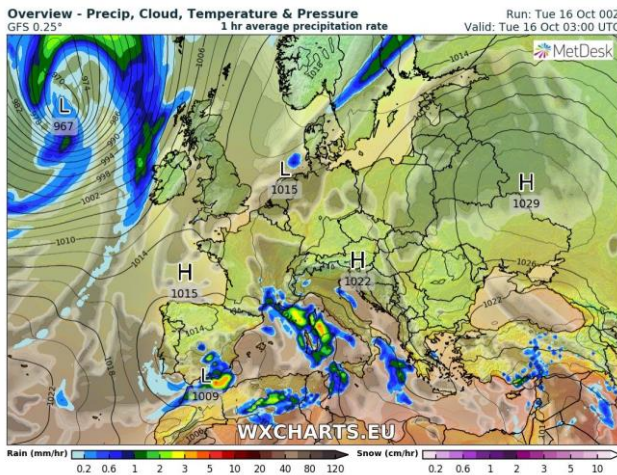
- Εκτιμήσεις αναφορικά με τις υδρομετεωρολογικές συνθήκες που παρέχονται για συγκεκριμένο χρονική περίοδο
- Συχνά απαιτούν χρήση παρατηρήσεων σε πραγματικό χρόνο ή/και προγνώσεις μετεωρολογικών συνθηκών ως δεδομένα εισόδου σε υδρολογικά μοντέλα.

Υδρομετεωρολογική έρευνα και εφαρμογές (I)

Εξελίξεις στις τεχνικές μετεωρολογικής πρόγνωσης → βελτίωση στο χρόνο των προγνώσεων και στη χωρική τους ανάλυση (spatial resolution)

Καλύτερη κατανόηση ατμοσφαιρικών χαρακτηριστικών → βελτίωση ικανότητας πρόγνωσης σε μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα

Ποιο αποδοτικές και αξιόπιστες προγνώσεις υδρολογικών μοντέλων για εφαρμογές που συνδέονται με εμφάνιση πλημμύρας, ξηρασίας, και άλλους περιβαλλοντικούς κινδύνους.



Υδρομετεωρολογική έρευνα και εφαρμογές (II)

Υδρομετεωρολογική πρόγνωση



Συνήθως παρέχεται για λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων

*πχ. Συστήματα Βραχυπρόθεσμων
Λήψης Αποφάσεων για έγκαιρη
εκκένωση οικισμών υπό τον κίνδυνο
εκδήλωσης πλημμύρας*

*πχ. Συστήματα Μακροπρόθεσμης
Λήψης Αποφάσεων για καλύτερη
διαχείριση υδατικών πόρων*

Προγνωστικά μοντέλα



Συνήθως ενσωματώνονται σε συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (ΣΕΠ)



Μπορεί να περιλαμβάνουν συστήματα υποστήριξης αναφορικά με την ανίχνευση υδρομετεωρολογικών κινδύνων, προειδοποίηση και απόκριση κατά την έκτακτη ανάγκη που προκύπτει

Υδρομετεωρολογική έρευνα και εφαρμογές (III)

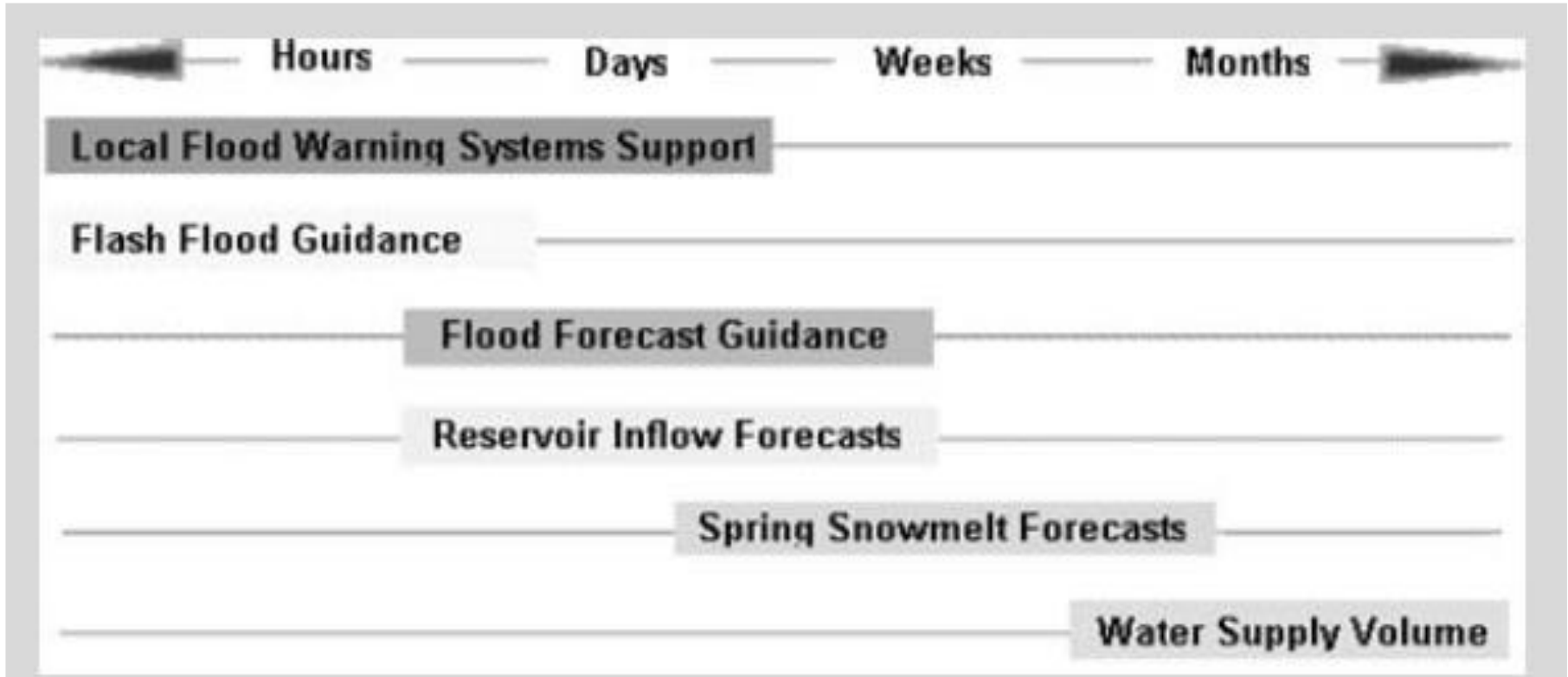
- ❖ Οι υδρομετεωρολογικές προγνώσεις:
 - ❖ βασίζονται συνήθως στις πρόσφατες μετεωρολογικές συνθήκες και υδρολογικές παρατηρήσεις
 - ❖ αποσκοπούν συνήθως στο να παρέχουν μια εκτίμηση της μελλοντικής κατάστασης σε επίπεδο RBD ή λεκάνης απορροής
- ❖ Ενδεικτικές εφαρμογές:
 - ❖ η προειδοποίηση για πλημμύρες,
 - ❖ η πρόγνωση της ξηρασίας,
 - ❖ η αντίδραση σε περιστατικά ρύπανσης,
 - ❖ η υποστήριξη της λειτουργίας μονάδων παραγωγής ενέργειας, με προγνώσεις ανέμων, ακτινοβολίας και ηλιοφάνειας, βροχόπτωσης, κλπ.
 - ❖ ο μακροπρόθεσμος προγραμματισμός για τους υδατικούς πόρους και ορθολογική διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

Παραδείγματα χρονικής κλίμακας

Παραδείγματα απαιτήσεων πρόβλεψης για χωρική και χρονική κλίμακα για μια σειρά από Υδρομετεωρολογικές προγνώσεις

Εφαρμογή	Χωρική κλίμακα	Χρονική κλίμακα
Προειδοποίηση ξηρασίας	Περιφερειακή, εθνική, παγκόσμια	Διαφέρει ανάλογα με την εφαρμογή και τον τύπο ξηρασίας, συνήθως από μέρες μέχρι την εποχιακή, και πιθανόν περισσότερο, για σοβαρή ξηρασία
Κατάσταση οικοσυστήματος	Τοπική, σε λεκάνη απορροής ή λίμνη, σε παράκτια ύδατα	Ένα ευρύ φάσμα χρονοδιαγραμμάτων, που κυμαίνονται από ώρες σε ημέρες μπροστά για περιστατικά ρύπανσης, ημέρες έως και μήνες για θαλάσσια συστήματα, και μακροπρόθεσμα για οικοσυστήματα
Προειδοποίηση μεγάλης έλλειψης	Περιφερειακή, εθνική, παγκόσμια	Ίδανικά εποχιακή, με πληροφορίες διαθέσιμες πριν από την έναρξη της (των) κρίσης
Προειδοποίηση πλημμύρας	Από περιφερειακό μέχρι μικρότερο από λεκάνη	Μπορεί να κυμαίνεται από λίγα λεπτά για την αιφνίδια πλημμύρα, έως ώρες ή μέρες μπροστά για μεγάλα ποτάμια, για εκκένωση οικισμών και σχεδιασμό αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης. Επίσης, περισσότερο χρόνο για τις μεγάλες λεκάνες απορροής ποταμών και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας
Λειτουργίες με υδροηλεκτρική ενέργεια	Σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή περιφερειακό	Ωριαία έως ημερήσια για τον προγραμματισμό της παραγωγής. Καθημερινά, εποχιακή ή μεγαλύτερη χρονική κλίμακα για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Μακροπρόθεσμα για τη λειτουργία μεγάλων ταμιευτήρων καθώς και για τον επενδυτικό σχεδιασμό
Προγραμματισμός αρδεύσεων	Τοπικό, λεκάνη απορροής ή περιφερειακό	Ώρες έως μέρες πριν για την κατανομή του νερού. Ποικίλει για επιχειρησιακές αποφάσεις (π.χ. έλεγχος παρασίτων), εποχιακά για αποφάσεις φύτευσης / συγκομιδής · μεγαλύτερη περίοδος για επενδυτικές αποφάσεις
Πλοήγηση	Κοντά σε συμβολές του οδικού δικτύου με το υδρογραφικό ή με λίμνες, ταμιευτήρες κλπ	Ώρες έως μέρες μπροστά για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και την έκδοση προειδοποιήσεων στην πλοήγηση, συμπεριλαμβανομένων (ανάλογα με την περίπτωση) των εκτιμήσεων για τα επίπεδα στάθμης του νερού, ταχύτητες ροής, ύψη κύματος, σχηματισμό πάγου και άλλους κινδύνους
Ατυχήματα ρύπανσης	Υπολεκάνη, λεκάνη ή λίμνη	Από λεπτά σε ώρες ή μέρες μπροστά για χημικά, βιολογικά, ακτινοβολία κλπ., έως και περισσότερο για γενική ποιότητα νερού και οικολογική κατάσταση
Υδατικοί πόροι	Σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή περιφερειακό	Συνήθως από ώρες έως μέρες μπροστά για λειτουργία-διαχείριση, μέχρι εβδομάδες, χρόνια ή δεκαετίες μπροστά για τη διαχείριση των λεκανών απορροής ποταμών, ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων και επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής
Υδρευση	Σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή περιφερειακό	Διαφέρει από λίγες ώρες έως μερικές ημέρες για τακτική λήψης αποφάσεων σχετικά με την άντληση, την επεξεργασία κ.λπ., σε ημέρες ή μήνες για τον επιχειρησιακό προγραμματισμό και έως τα επόμενα χρόνια για επενδυτικές αποφάσεις

Παραδείγματα χρονικής κλίμακας



Typical applications of flow forecasts for a range of timescales
[California-Nevada River Forecast Center, (<http://www.cnrfc.noaa.gov/>)]

Εργαλεία και τεχνικές υδρομετεωρολογικής πρόγνωσης

Διαδικασία	Περιγραφή
Παρακολούθηση	Τεχνικές που περιλαμβάνουν καταγραφές από βροχογράφους, μετεωρολογικούς σταθμούς, ραντάρ καιρού, δορυφορικές παρατηρήσεις, σταθμηγράφους, παροχογράφους, άλλους αισθητήρες
Μετεωρολογική πρόγνωση	Αριθμητική πρόγνωση καιρού, στατιστικές μέθοδοι πχ. για την έκδοση πρόγνωσης σε χωρική ανάλυση κατάλληλη για υδρολογικές εφαρμογές (downscaling), κ.ά.
Υδρολογική πρόγνωση	Με στοχαστικές-στατιστικές μεθόδους, μεθόδους υδατικού ισοζυγίου, μοντέλα βροχής-απορροής, υδροδυναμικά, προσομοίωσης δικτύων εντός πόλης, και άλλων συστημάτων
Πρόγνωση ζήτησης	Εμπειρικές, στατιστικές κ.ά. μέθοδοι για εκτίμηση ζήτησης νερού, αναγκών γεωργίας, ενέργειας, βιομηχανία κλπ
Λήψη αποφάσεων	Τεχνικές στην υπηρεσία των decision makers, συνήθως με δημιουργία γραφικών, πινάκων, χαρτών, κατωφλίων, κ.ά. συστημάτων λήψης απόφασης που βασίζονται στην πρόγνωση

Επιχειρησιακή υδρομετεωρολογική πρόγνωση

Παραδείγματα διεθνούς συνεργασίας στην μετεωρολογία και υδρολογία

Ακρωνύμιο	Περιγραφή
FRIEND	Flow Regimes from International Experimental and Network Data; a UNESCO-initiated programme of research into low flows, floods, variability among regimes, rainfall/runoff modeling, processes of streamflow generation, sediment transport, snow and glacier melt and climate and land-use impacts involving more than 100 countries http://www.unesco.org/water/ (1984-ongoing)
GEWEX	Global Energy and Water Cycle Experiment, a key component of the WMO World Climate Research Programme, whose goal is to reproduce and predict, by means of suitable models, the variations of the global hydrological regime, its impact on atmospheric and surface dynamics, and variations in regional hydrological processes and water resources and their response to changes in the environment, such as the increase in greenhouse gases http://www.gewex.org/gewex (1990-ongoing)
HEPEX	The Hydrologic Ensemble Prediction EXperiment (HEPEX) is an international effort that brings together hydrological and meteorological communities from around the globe to build a research project focused on advancing probabilistic hydrologic forecast techniques http://hydis8.eng.uci.edu/hepex/ (2004-ongoing)
PUB	The Predictions in Ungauged Basins (PUB) programme is an International Association of Hydrological Sciences (IAHS) initiative for the decade 2003–2012, aimed at uncertainty reduction in hydrological practice http://pub.iwmi.org/
WWRP	The WMO World Weather Research Programme, which advances society's ability to cope with high impact weather through research focused on improving the accuracy, lead time and utilization of weather prediction, and includes the THORPEX (1 day to 2 week ahead high impact forecasting; 2003–2013) and TIGGE (global grand ensemble forecast) components http://www.wmo.int/

Υδρολογική πρόγνωση – Επιχειρησιακή λειτουργία

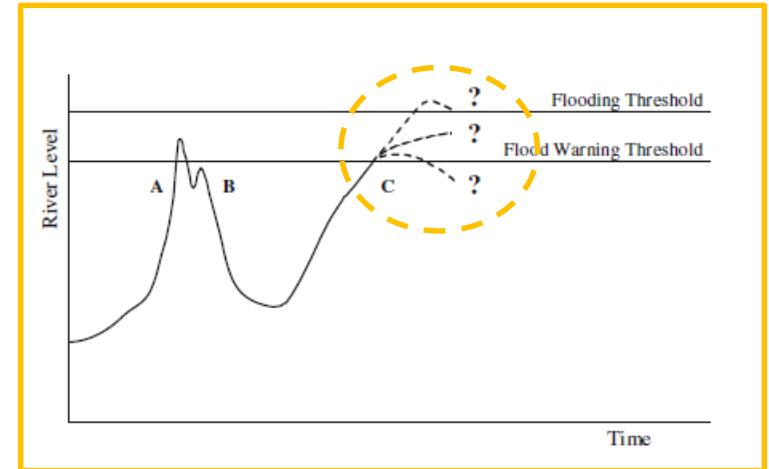
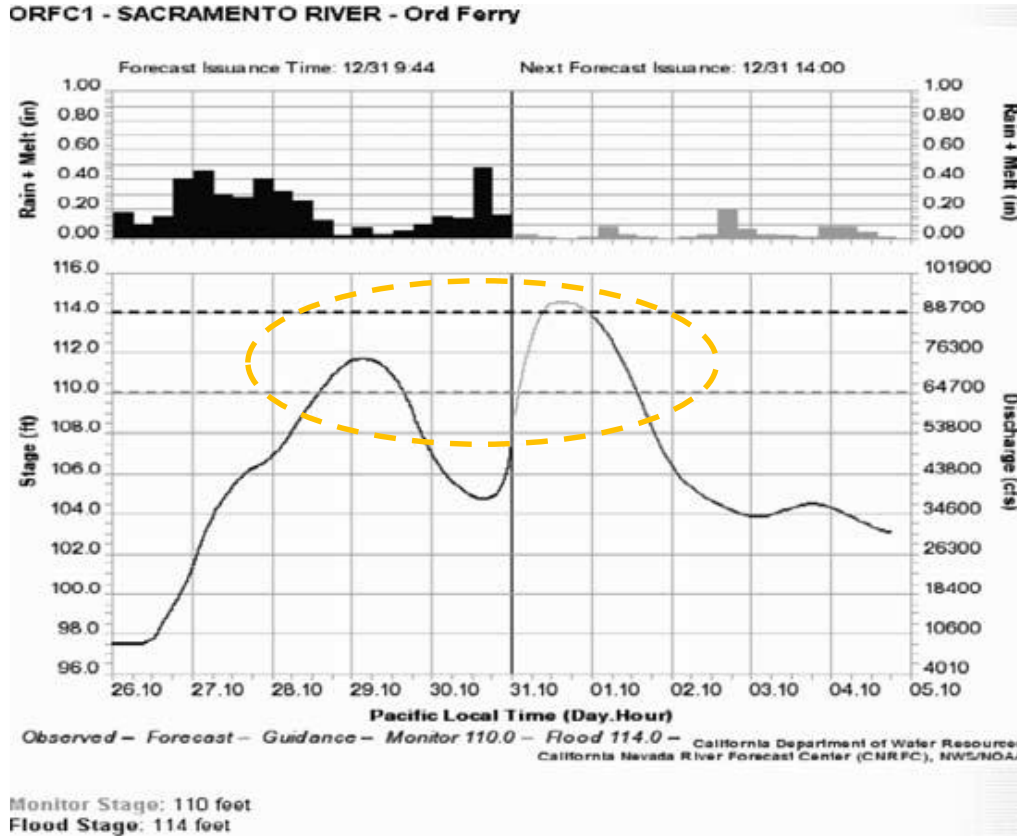
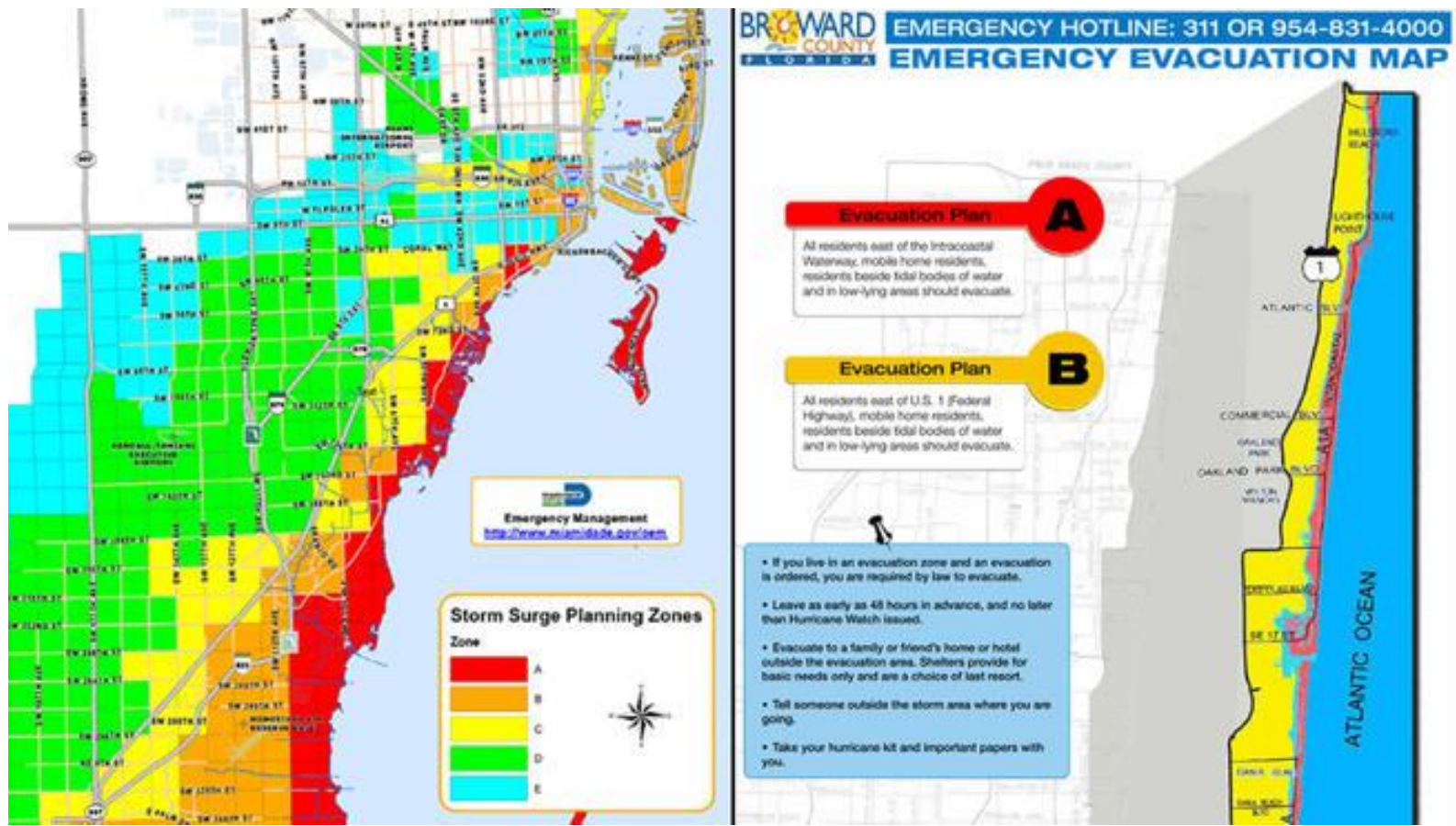


Illustration of river stage forecast guidance for Ord Ferry on the Sacramento River (California-Nevada River Forecast Center, <http://www.cnrfc.noaa.gov/>)

Ο ρόλος της πρόγνωσης στα σχέδια εκκένωσης

South Florida Evacuation Zones in the Event of a Hurricane



Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης

Α. Ατμοσφαιρικές παράμετροι

Raingauges



Tipping bucket rain gauge (foreground) and storage gauge (background) in southern England. Photo: Y. Chen (Copyright © Environment Agency 2009 all rights reserved)

Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης

Α. Ατμοσφαιρικές παράμετροι

Weather Stations



Example of (a) a manually operated weather station and (b) an automatic weather station installed at the top of Mount Snowdon in Wales, including an antenna for radio telemetry of data (© Crown Copyright 2008, the Met Office)

Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης

A. Ατμοσφαιρικές παράμετροι

Satellite Rainfall Estimation

Method	Satellite	Main inputs to method	References
CMORPH (NOAA)	Various	Combines polar orbiting passive microwave and geostationary infrared outputs	Joyce et al. (2004)
MPE (EUMETSAT)	Meteosat, others	Combines polar orbiting passive microwave and geostationary infrared outputs	Kidd et al. (2008)
Hydro-Estimator (NOAA/NESDIS)	GOES	Geostationary infrared temperature observations, Numerical Weather Prediction model outputs	http://www.star.nesdis.noaa.gov/
MPA-RT (NASA)	Various	Multiple microwave and infrared inputs from geostationary and polar orbiting satellites	Huffman et al. (2003)
PERSIANN algorithm	GOES, TRMM, others	Uses artificial neural network techniques based on infrared brightness temperatures	Sorooshian et al. (2008)
RFE2 (NOAA/CPC)	Various	Combines information from three satellite systems and raingauge data	See Box 2.1
TAMSAT algorithm	Meteosat	Geostationary infrared observations	Grimes and Doiop (2003)

Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης

A. Ατμοσφαιρικές παράμετροι

Weather Radar



National Weather Service WSR-88D Doppler radar at Pueblo County, Colorado, USA and example of Storm Total Precipitation output (http://www.crh.noaa.gov/pub/?n=/radar_about.php)

Αρχή λειτουργίας

RAYLEIGH

$D/\lambda < 0.1$

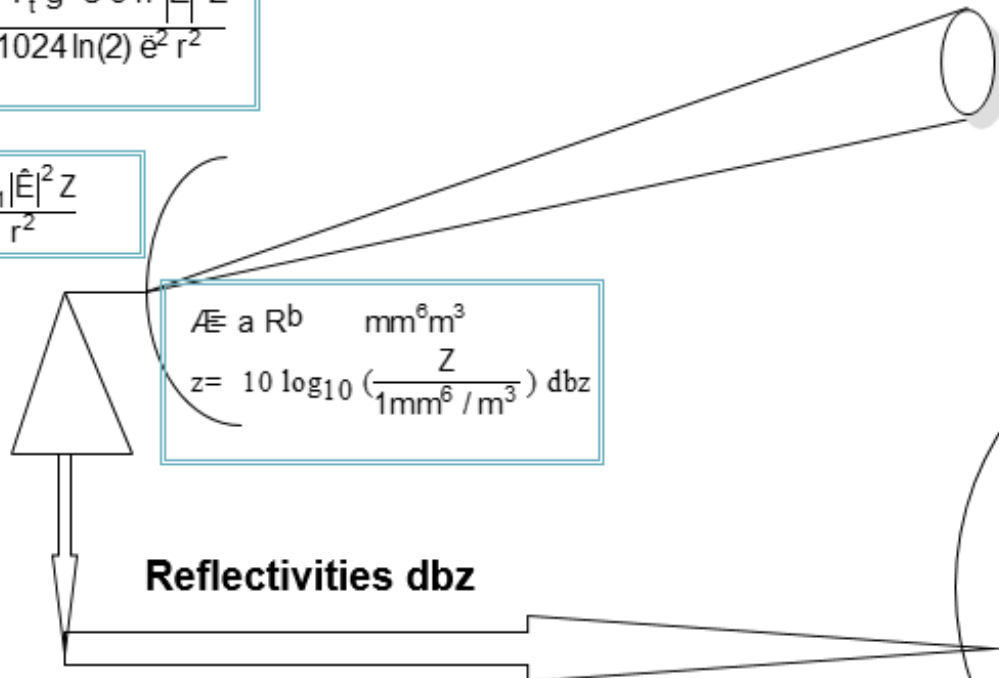


$$Pr = \frac{\delta^3 P_t g^2 \epsilon^0 h |\hat{E}|^2 Z}{1024 \ln(2) \epsilon^2 r^2}$$

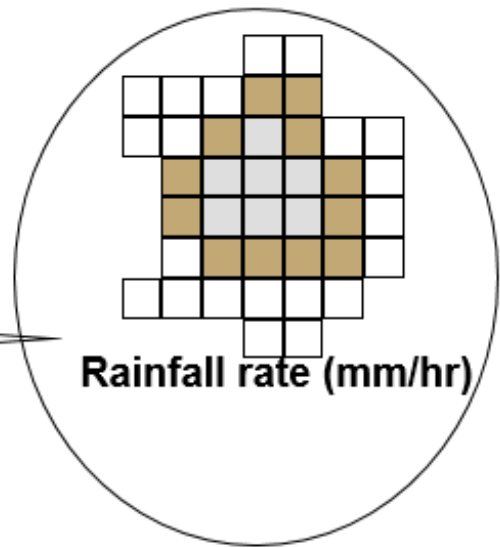
$$Pr = \frac{C_1 |\hat{E}|^2 Z}{r^2}$$

$$Z \approx a R^b \quad \text{mm}^6/\text{m}^3$$

$$z = 10 \log_{10} \left(\frac{Z}{1 \text{mm}^6/\text{m}^3} \right) \text{ dbz}$$



Reflectivities dbz



Rainfall rate (mm/hr)

$$R = \frac{\delta}{6} \int_0^\infty 3N(D)W(D)dD \quad Z = \sum_i N_i D_i^6 = \int_0^\infty N(D) D^6 dD$$

$$N(D) = N_0 e^{-\epsilon D}, \quad \epsilon = 4.1 R^{-0.21} \quad N_0 = 8000/\text{mm}^6\text{m}^3$$

PROPOSED NEXRAD SITES

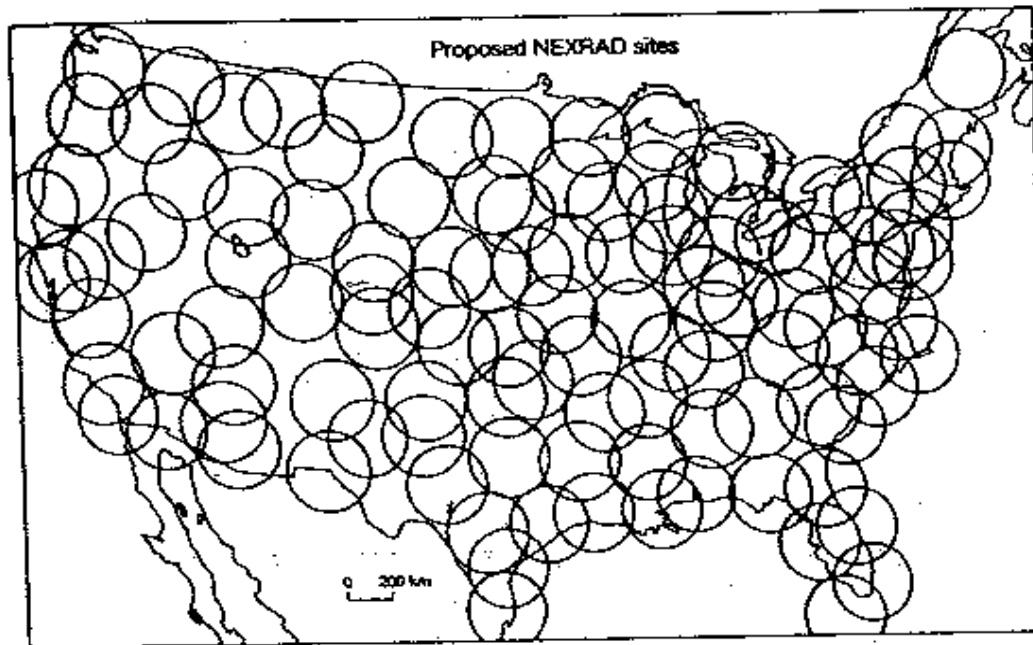
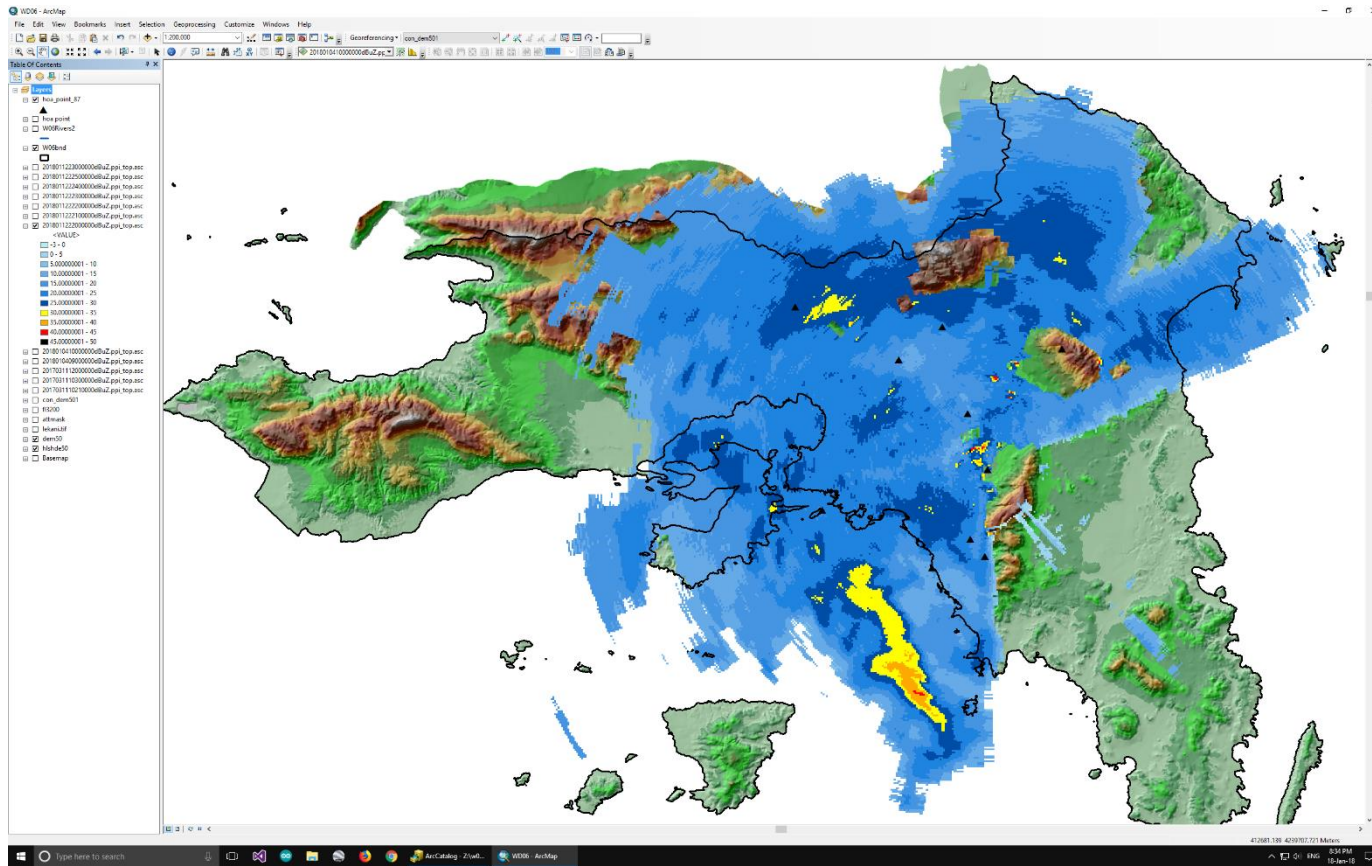
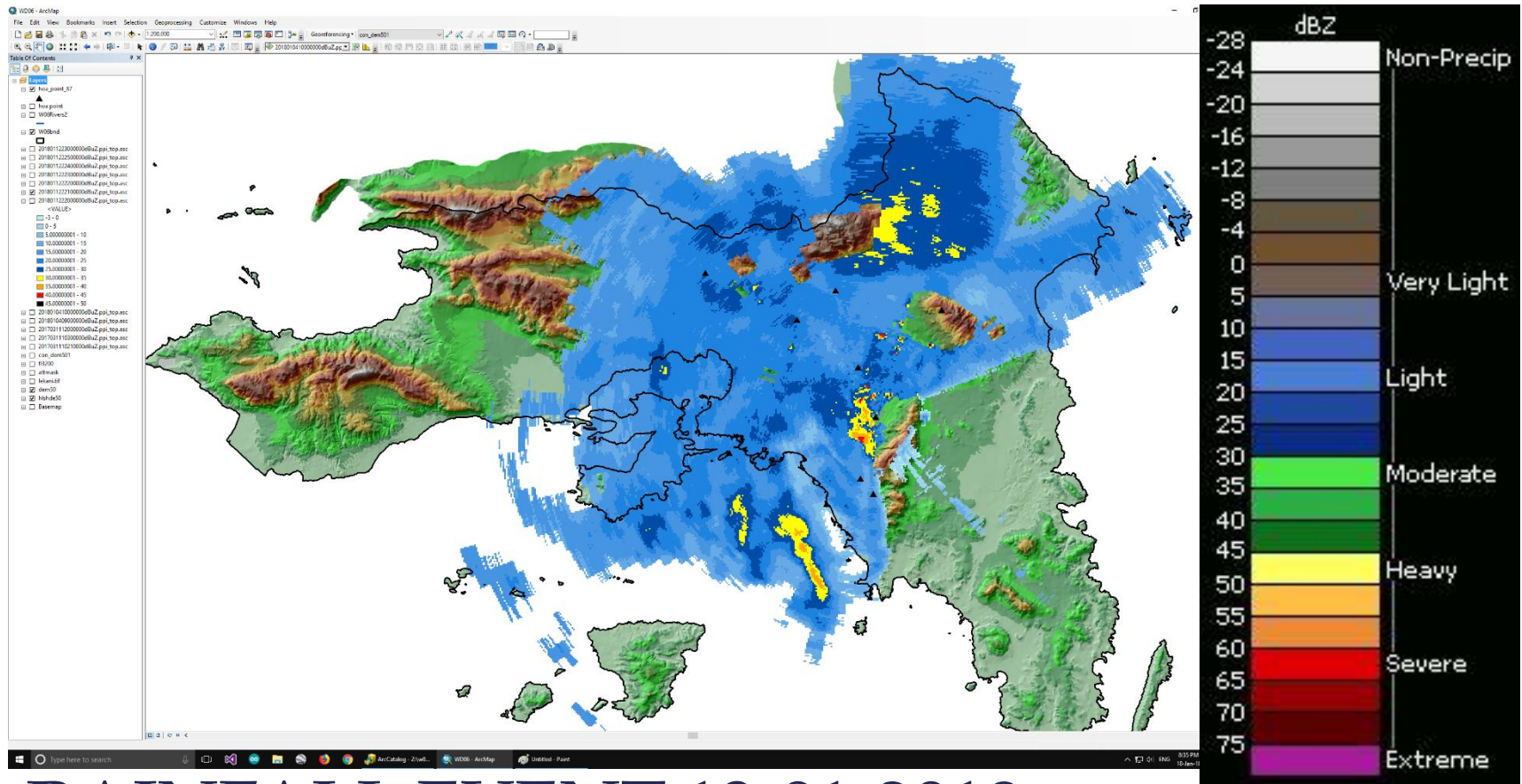


Fig. 4.7 — The proposed NEXRAD radar sites; each circle has radius of 200 km (partly after NEXRAD 1984.)

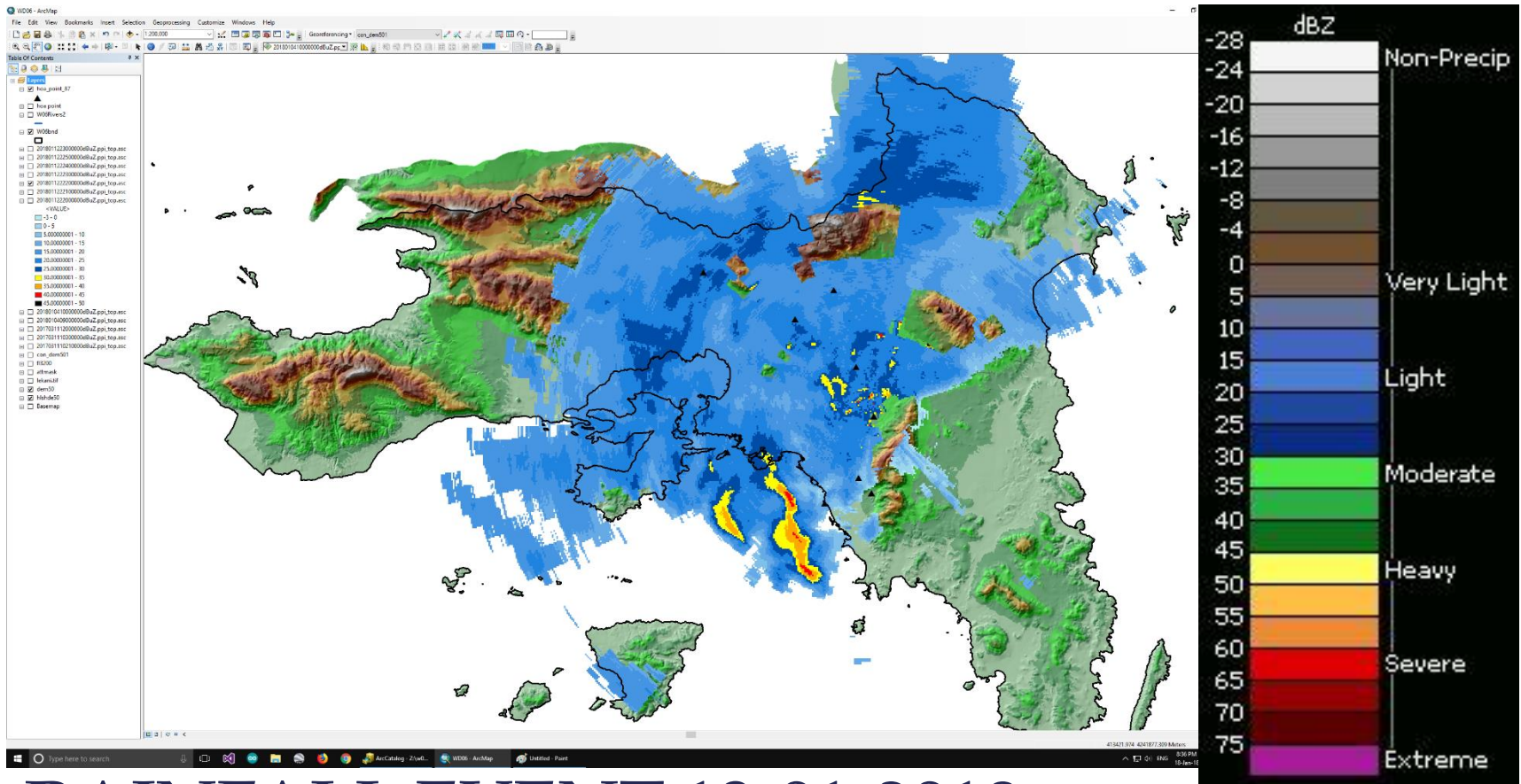


RAINFALL EVENT 13-01-2018 (00:00)

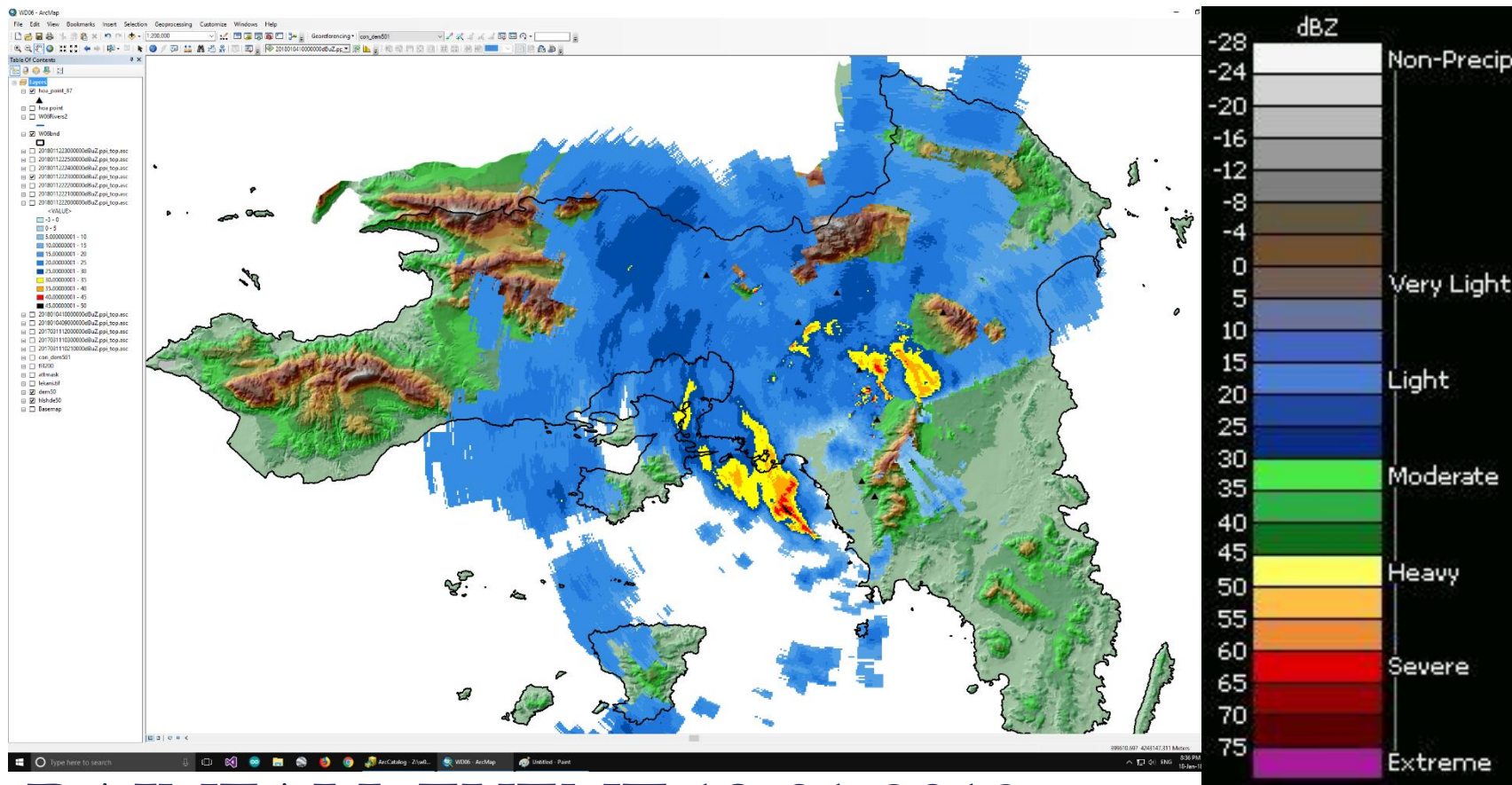


RAINFALL EVENT 13-01-2018

(00:10)

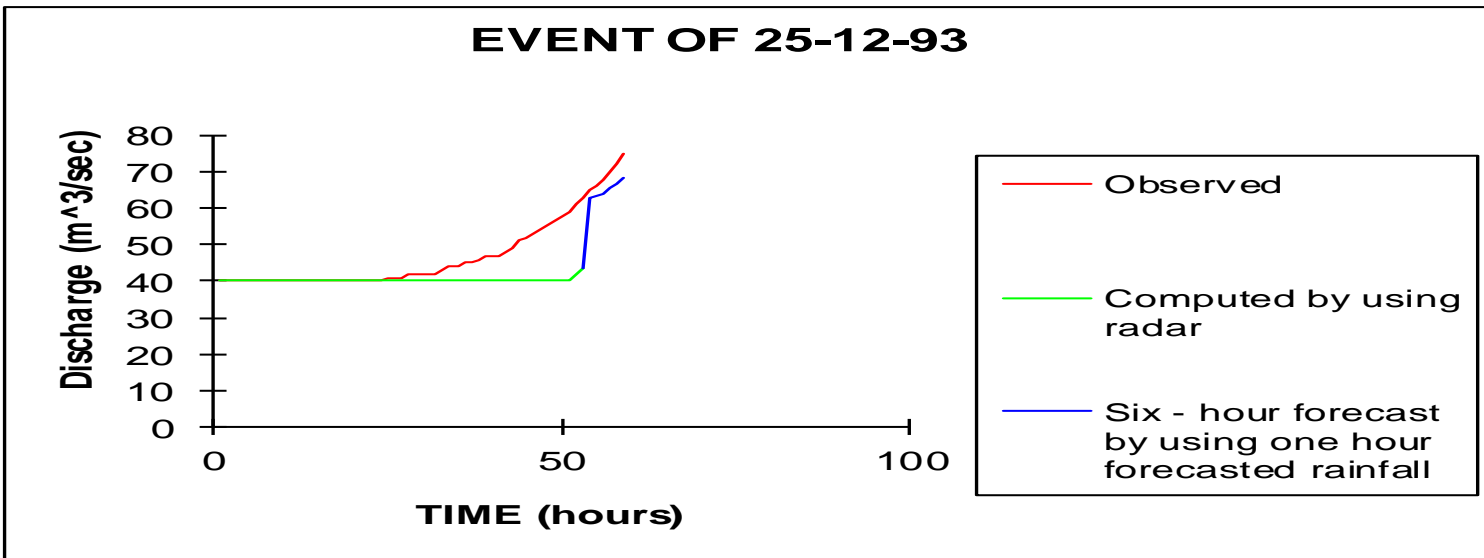
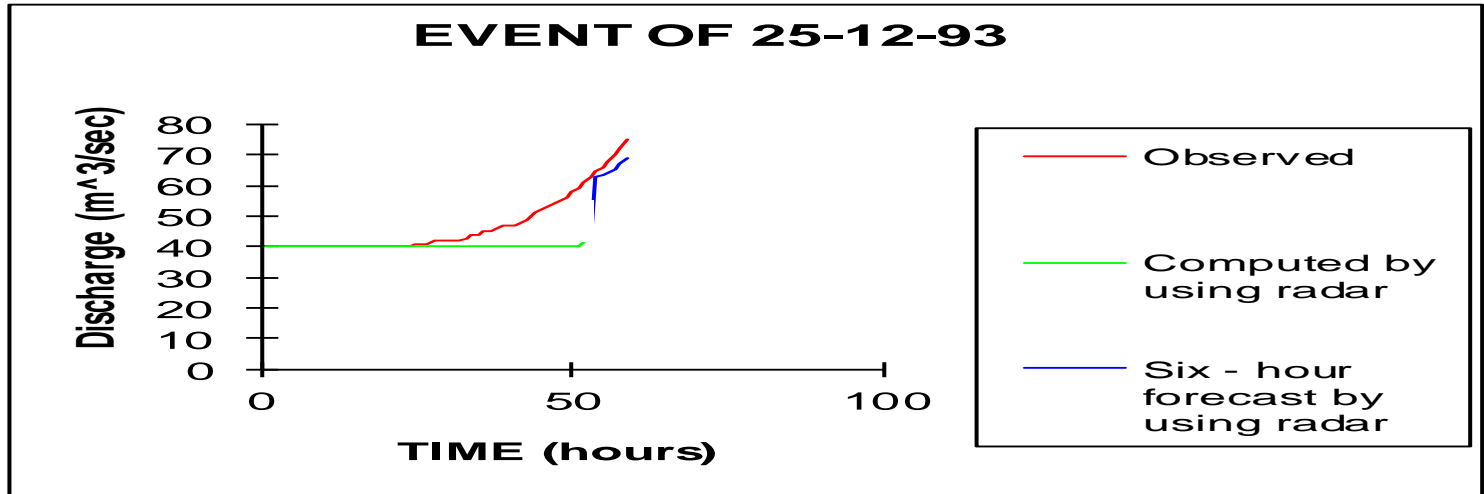


RAINFALL EVENT 13-01-2018 (00:20)



RAINFALL EVENT 13-01-2018

(00:30)





• Rainfall rate R (mm/h) :

$$R = \frac{\pi}{6} * \frac{3.6}{10^3} * \frac{1}{F * t} * \sum_{i=1}^{20} (n_i * D_i^3)$$

• Radar reflectivity factor Z (mm⁶/m³) :

$$Z = \frac{1}{F * t} * \sum_{i=1}^{20} \left(\frac{n_i}{V(D_i)} * D_i^6 \right)$$

• Liquid water content W (mm³/m³) :

$$W = \frac{\pi}{6} * \frac{1}{F * t} * \sum_{i=1}^{20} \left(\frac{n_i}{V(D_i)} * D_i^3 \right)$$

• Drop size distribution N(D):

$$N(D_i) = \frac{n_i}{F * t * V(D_i) * \Delta D_i}$$

• N₀ (m⁻³mm⁻¹) :

$$N_0 = \frac{1}{\pi} * \left(\frac{6!}{\pi} \right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{W}{Z} \right)^{\frac{4}{3}} * W$$

• \ddot{E} (mm⁻¹) :

$$\Lambda = \left(\frac{6!}{\pi} * \frac{W}{Z} \right)^{\frac{1}{3}}$$

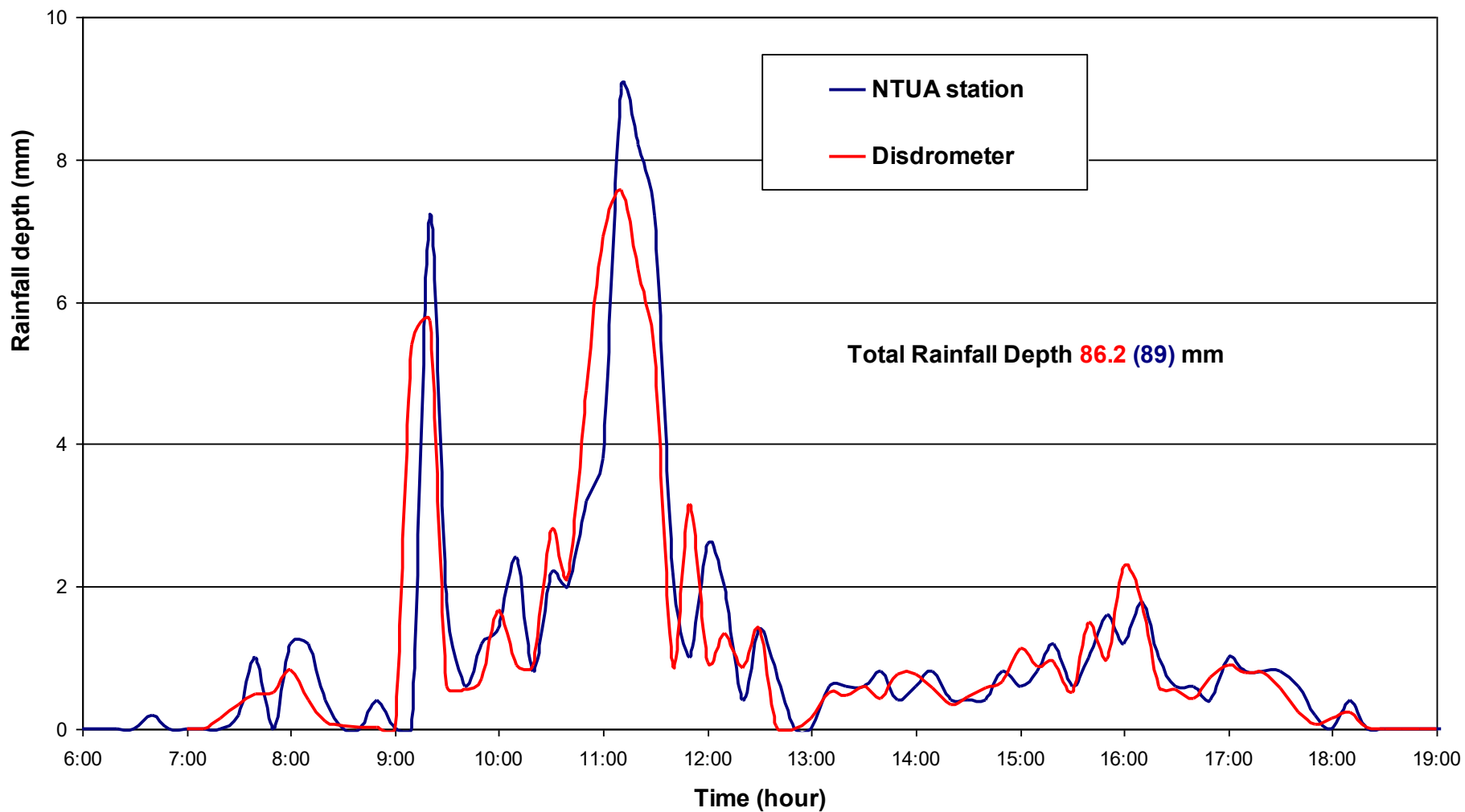
• E_k (N/m²) :

$$E_k = \frac{\pi}{12} * \frac{1}{At} * \sum_{i=1}^{20} D_i^3 * V(D_i)^2 * N_A(D_i)$$

• Dead time correction N(i)corr. :

$$N_{(i)corr} = N_{(i)} * \exp\left(\frac{0.035}{T} * \sum_{D_k=0.85D_i}^{D_k \max} N_{(k)} * \ln \frac{D_k}{0.85(D_i - 0.25)}\right)$$

Rainfall event of 20/11/1998



SHORT-PERIOD FORECASTING USING RADAR DATA

Short-period forecasting using radar data

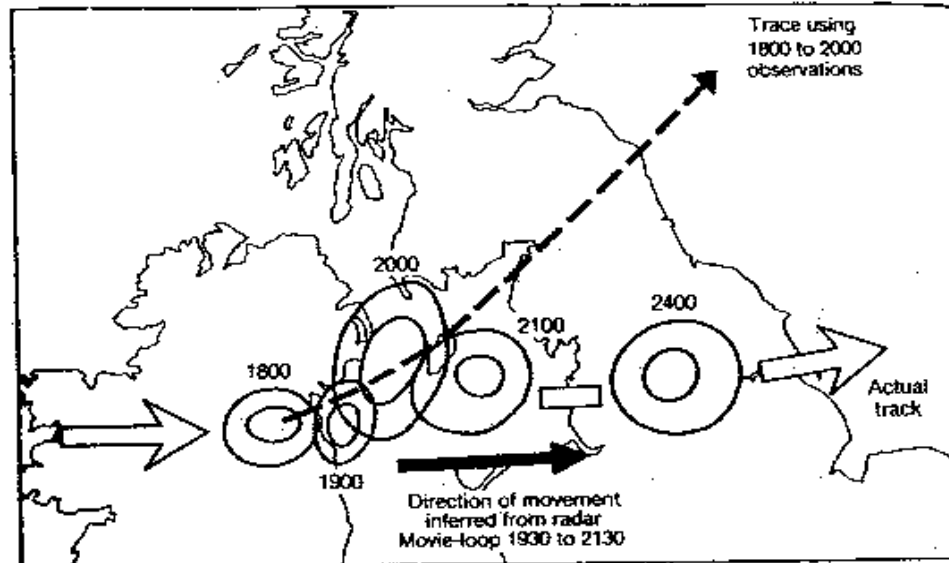


Fig. 6.10 — Positions of low between 1800 and 2400 GMT on 22 December 1983 according to the analyses of the Central Forecasting Office at Bracknell. Each position is defined by the innermost two isobars (2 mb intervals) irrespective of the actual pressure values. The possible track inferred from analyses between 1800 and 2000 is shown by the broken arrow, whilst the direction of movement suggested by radar data up to 2130 is shown by the bold full arrow. The 2130 radar picture (available within 2 min) was available before the 2100 surface chart. The position of the Hameldon Hill radar is shown by a cross. (From Monk *et al.* 1987).

Γιατί ραντάρ; Z – R Σχέσεις & Τύπος βροχής

- Οι **Joss et al. (1970)** ανέφεραν ότι όλες οι Z – R σχέσεις που έχουν ήδη δημοσιευτεί, καλύπτονται κατά μεγάλο ποσοστό από τις παρακάτω εκθετικές σχέσεις:

$$Z = 140 R^{1.5}$$

για ασθενή βροχή (drizzle)

$$Z = 250 R^{1.5}$$

για βροχή μεγάλης χωρικής διασποράς (widespread)

$$Z = 500 R^{1.5}$$

για σφοδρή καταιγίδα (thunderstorm).

- Ο **Austin (1987)** πρότεινε τις παρακάτω εξισώσεις, ανάλογα με τον τύπο βροχόπτωσης:

$$Z = 400 R^{1.3}$$

για επεισόδια κατακόρυφης μεταφοράς (convective)

$$Z = 230 R^{1.4}$$

για επεισόδια στρατόμορφου τύπου (stratiform) σε συνδυασμό με κυτταρικές καταιγίδες (cellular)

$$Z = 100 R^{1.4}$$

για καθαρά μη κυτταρικές καταιγίδες (non cellular).

Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης

Β. Υδρολογικές παράμετροι

Water Levels

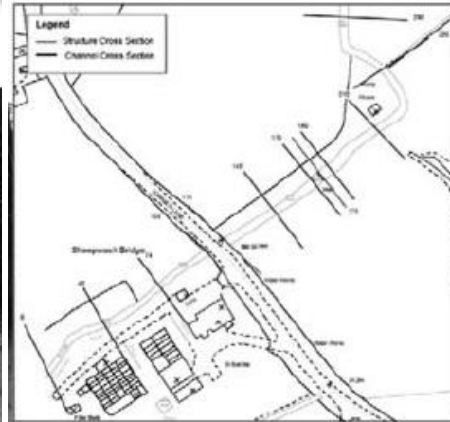
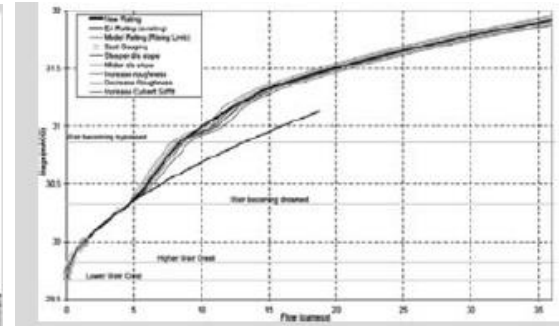
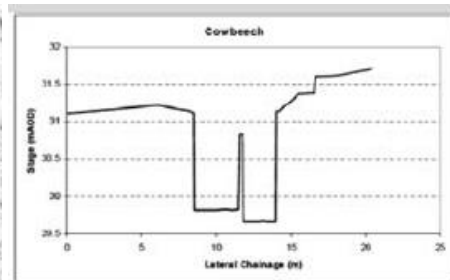


Examples of pressure transducer installations with associated gauge boards (a) river level gauge (b) reservoir gauge (Sene 2008)

Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης

B. Υδρολογικές παράμετροι

River Flows



Cowbeech gauging station. From top left clockwise (a) station at low flows (b) cross section through station (c) survey locations (d) hydrodynamic model schematic (e) extended rating curve (f) station drowned at high flows (photograph a) Y. Chen; photograph (f) Environment Agency (Copyright © Environment Agency 2009 all rights reserved)

Τεχνολογίες καταγραφής – παρακολούθησης - παρατήρησης Παράδειγμα:

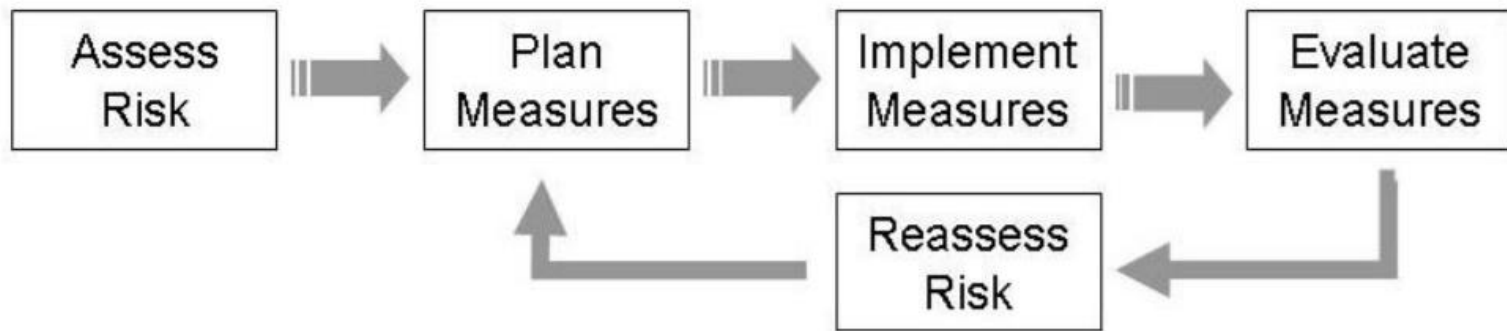
ALERT is an acronym for Automated Local Evaluation in Real Time, which is a method of using remote sensors in the field to transmit environmental data to a central computer in real time (<http://www.alertsystems.org/>). The most common application is to provide rainfall and streamflow data to support the operation of local river flood warning systems (Fig. 2.9), although other uses include monitoring of water quality, river control structures, and coastal conditions.



Principles of operation of a radio-reporting rain gauge (NOAA/NWS 2005) and illustration of an ALERT weather station and combined rain gauge and streamflow gauge (Stewart 2009)

Διαδικασία Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας & Αντιπλημμυρική Προστασία

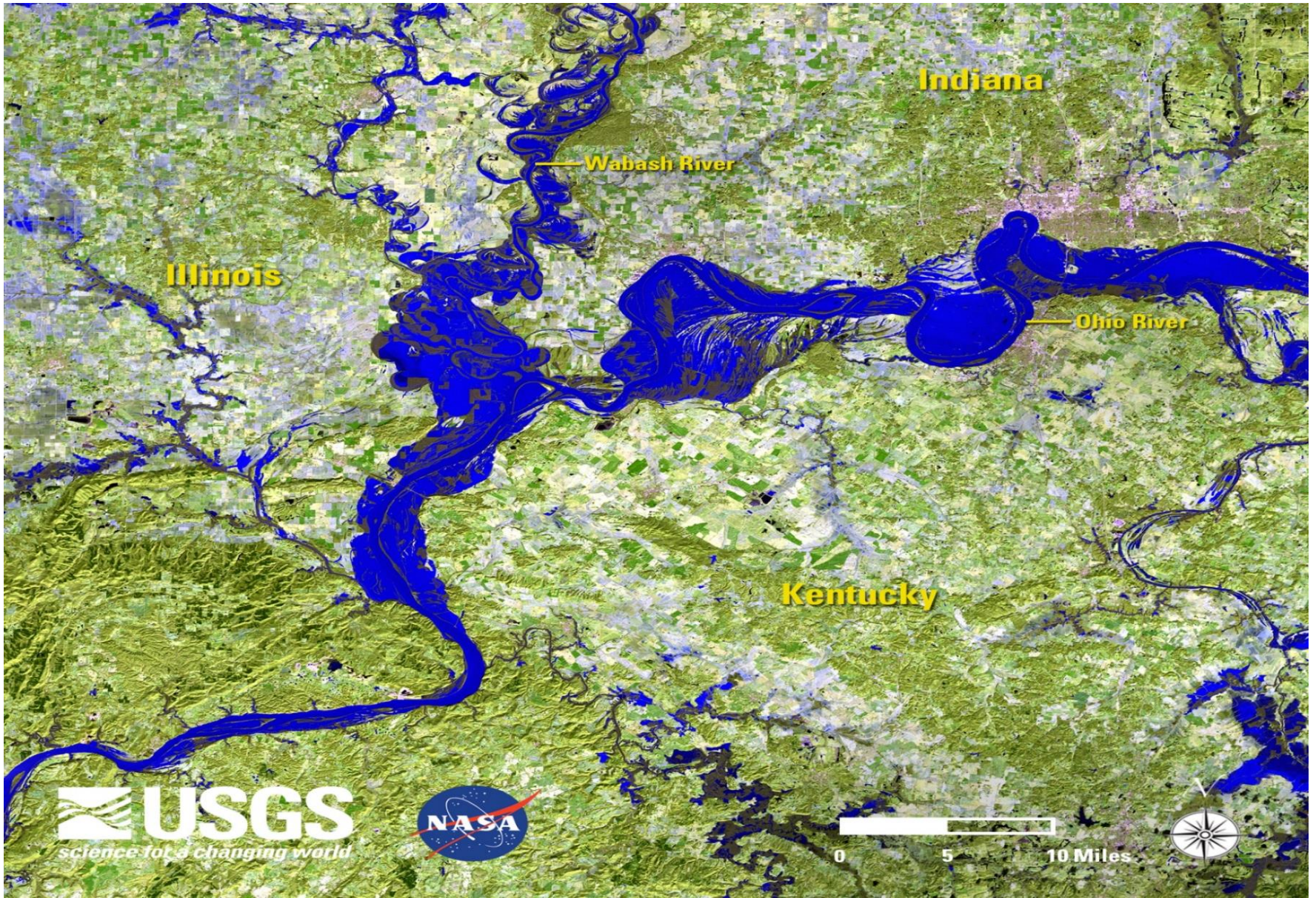
Εκτίμηση Κινδύνου → Σχεδιασμός μέτρων → Εφαρμογή μέτρων → Αξιολόγηση μέτρων → Επανεκτίμηση του κινδύνου



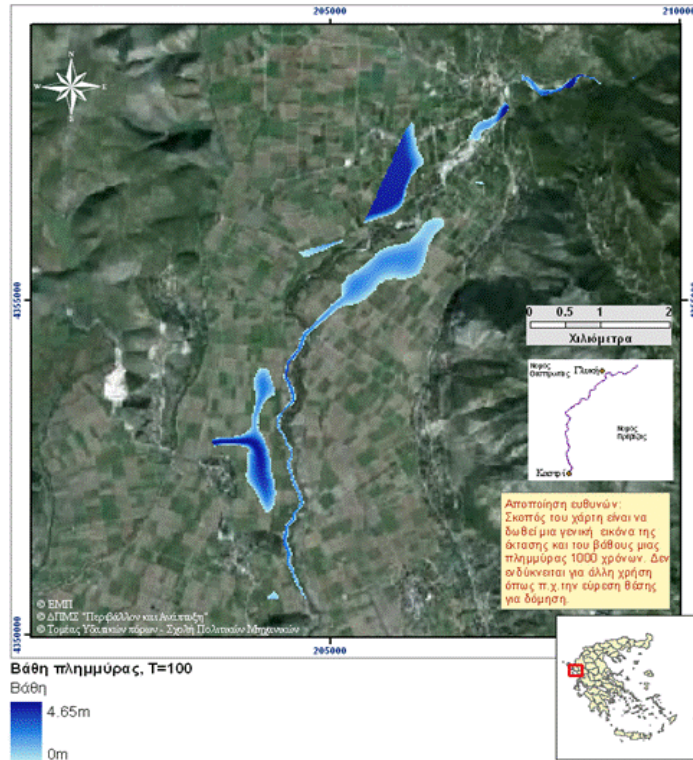
Ανάλυση ιστορικού

Δημιουργία ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης πλημμυρών

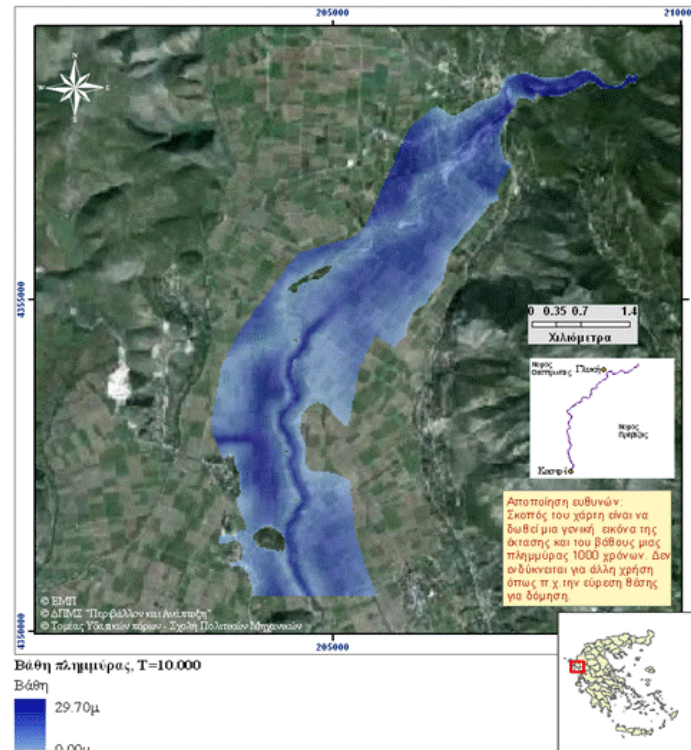
Παρακολούθηση φαινομένου – Βελτιώσεις μοντέλων



ΧΑΡΤΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΉΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΌΤΗΤΑΣ



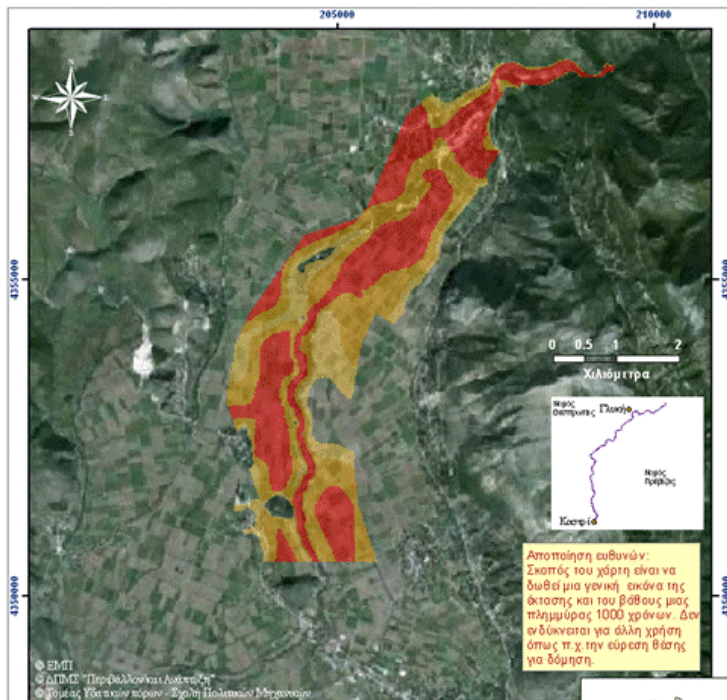
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νοτιάς Πιπιδίτης. Ακάνη απορροής ποταμού Αχρόντας. Παράρτη από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρι. Δίκυκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	200 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχρόντας
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΙΣΤΑΦΟΡΑΣ:	T= 100	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κανονική Γαμψή
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονόδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης θύλακας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕ ΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΔ (DEM) από ορθοφωτογράφι. (σχεπηρατική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) Διατμηματική εργασία στα πλαίσια του Δ.Π.Ε. "Παρφίλων και Αναπλάης".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδόσης Κωνσταντίνος



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νοτιάς Πιπιδίτης. Ακάνη απορροής ποταμού Αχρόντας. Παράρτη από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρι. Δίκυκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχρόντας
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΙΣΤΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κανονική Γαμψή
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονόδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης θύλακας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕ ΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΔ (DEM) από ορθοφωτογράφι. (σχεπηρατική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) Διατμηματική εργασία στα πλαίσια του Δ.Π.Ε. "Παρφίλων και Αναπλάης".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδόσης Κωνσταντίνος

Πηγή: Θεουλάκης Κ. Δημιουργία χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας, με βάση την οδηγία 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα, Διπλωματική εργασία, 2010

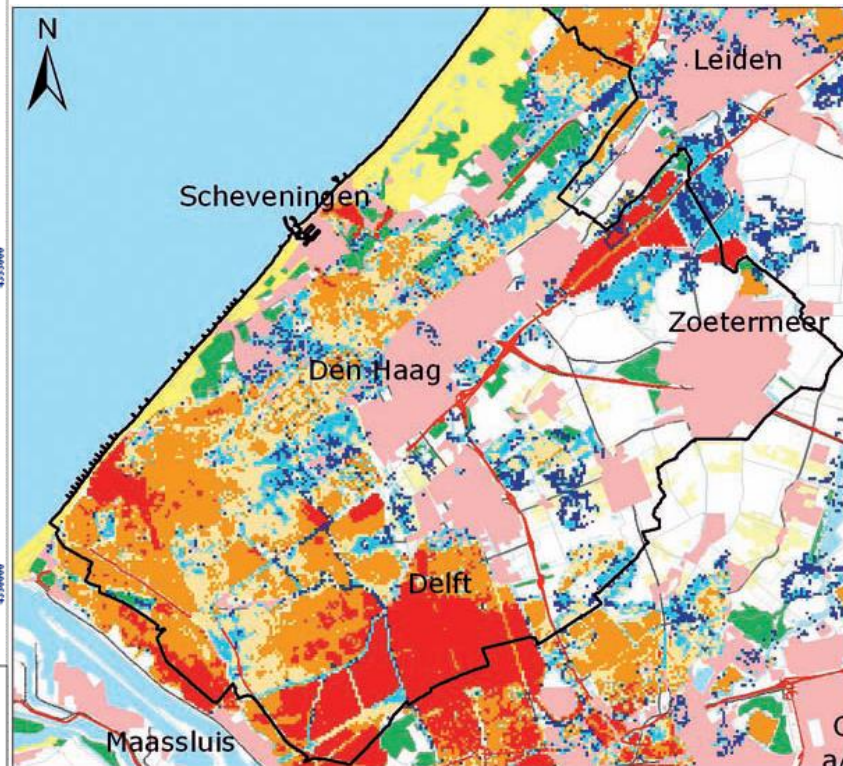
ΧΑΡΤΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ



Επίπεδα κινδύνου για πλημμύρα 10.000 χρόνων

- Μικρός
- Μέτριος
- Σημαντικός
- Ακραίος

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Στάθμ. Παράβατος. Ακίνητη απορροή ποταμού Αγιάρινα. Παράβαση από το χωριό Γλαχιά στο χωριό Κασσέλι. Δύσχος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αγιάρινα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΙΛΗΨΗΣ:	T _ε 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κανονική Οσμική
ΚΑΔΜΑΚΑ:	1.60.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydrologic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	Ή3ΔΔ (DEM) από αεροφωτογράμ. τη. (αποπερατική ακρίβεια 25m.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μέτροφο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), Διαδικαστική εργασία στα πλαίσια του ΔΠ.Π.Ε. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη"
ΗΜΕΡΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος



Bedreigd gebied Haaglanden

Doorbraak Primaire Kering

Legenda

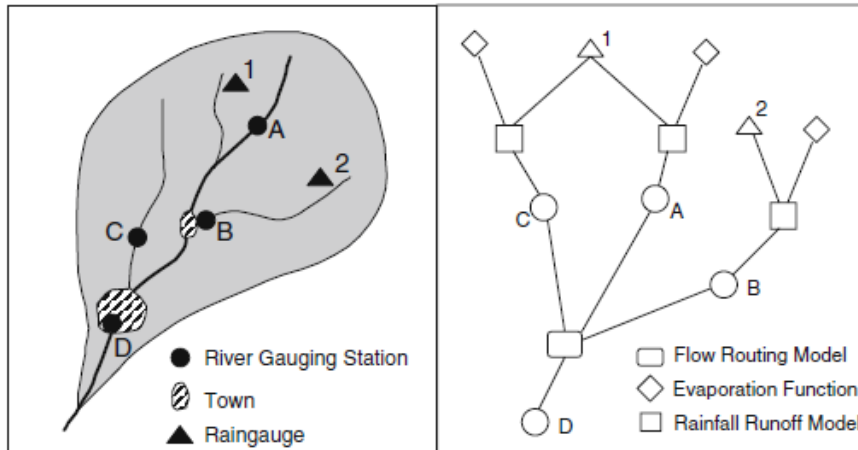
Maximale waterdiepte

- droog
- enkeldiep
- kniediep
- heupdiep
- hoofdiep
- > hoofdiep

Υδρομετεωρολογική εκτίμηση - πρόγνωση με χρήση νέων τεχνολογικών προσεγγίσεων - Διεθνής εμπειρία

Πηγή: Θεουλάκης Κ. Δημιουργία χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας, με βάση την οδηγία 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα, Διπλωματική εργασία, 2010

Υδρολογική πρόγνωση



Example of model configuration in a flood forecasting system (Sene 2008)

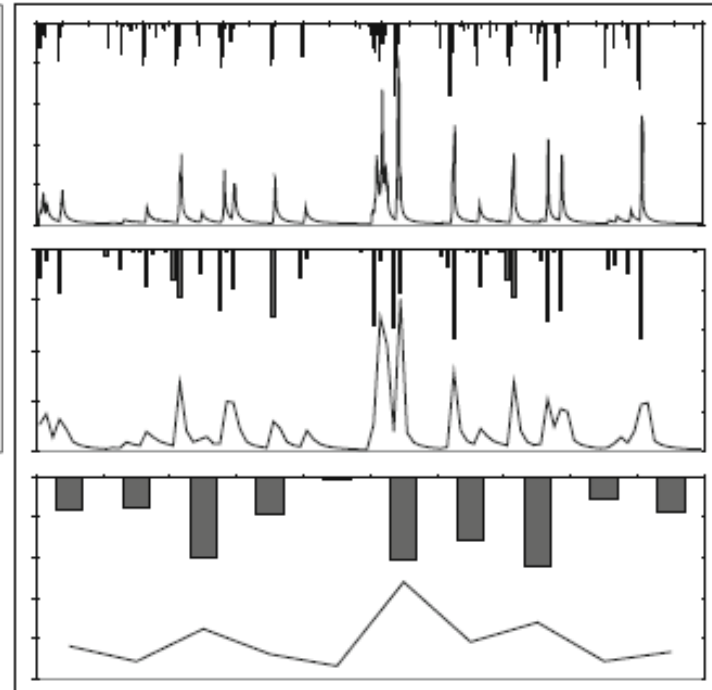


Illustration of the relationship between rainfall and river flows for a range of model timesteps over a 100-day period (a) hourly (b) daily (c) 10-day

Υδρολογική πρόγνωση

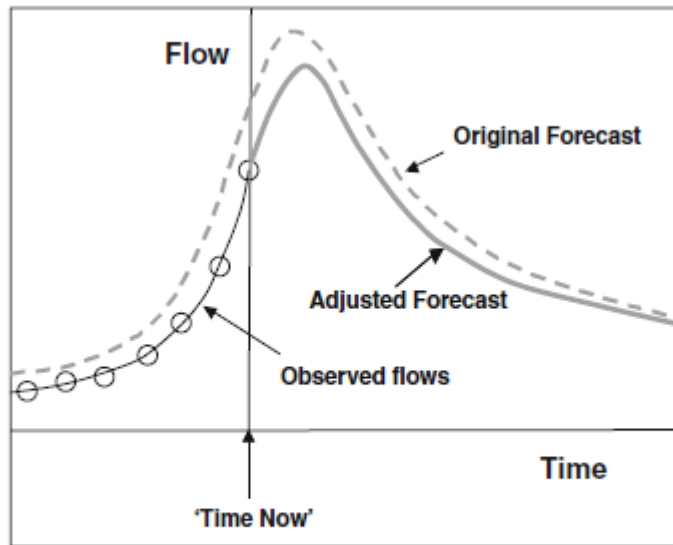


Fig. 4.8 Example of an error prediction approach to data assimilation (adapted from Sene 2008)

Table 4.3 Examples of some alternative terms used for data assimilation in hydrological forecasting applications for deterministic and ensemble forecasts. Techniques developed primarily for ensemble forecasts are indicated by the letter (e)

Type	Alternative terms	Examples of methods
Input updating	Meteorological post-processing, hydrological pre-processing State updating	Kalman Filtering (including extended and ensemble versions), Bayesian Model Averaging (e), manual (forecaster) adjustments (see Chapter 3) Redistributing model errors into tributary inflows in hydrodynamic models, adjusting raingauge weights in catchment rainfall estimates
State updating	Real time updating	Often model specific, but can include changing the states (store contents) in conceptual rainfall-runoff models and snowmelt models; also Kalman Filtering (including extended and ensemble approaches), Particle Filtering, variational techniques for distributed (grid-based) models, and simple substitution of observed values up to 'time now'
Parameter updating	None known	Model specific, but can include adjustment of roughness coefficients in hydrodynamic models, runoff factors in rainfall-runoff models, and other parameters, using empirical, Kalman Filter and other approaches
Output updating	Error correction, error prediction, output correction, real-time adjustment, real-time updating	Time series analysis techniques (e.g. Autoregressive Moving Average; ARMA), artificial neural network, gain updating, and manual (forecaster) adjustments, such as blending and scale and lag approaches

Υδρολογική πρόγνωση

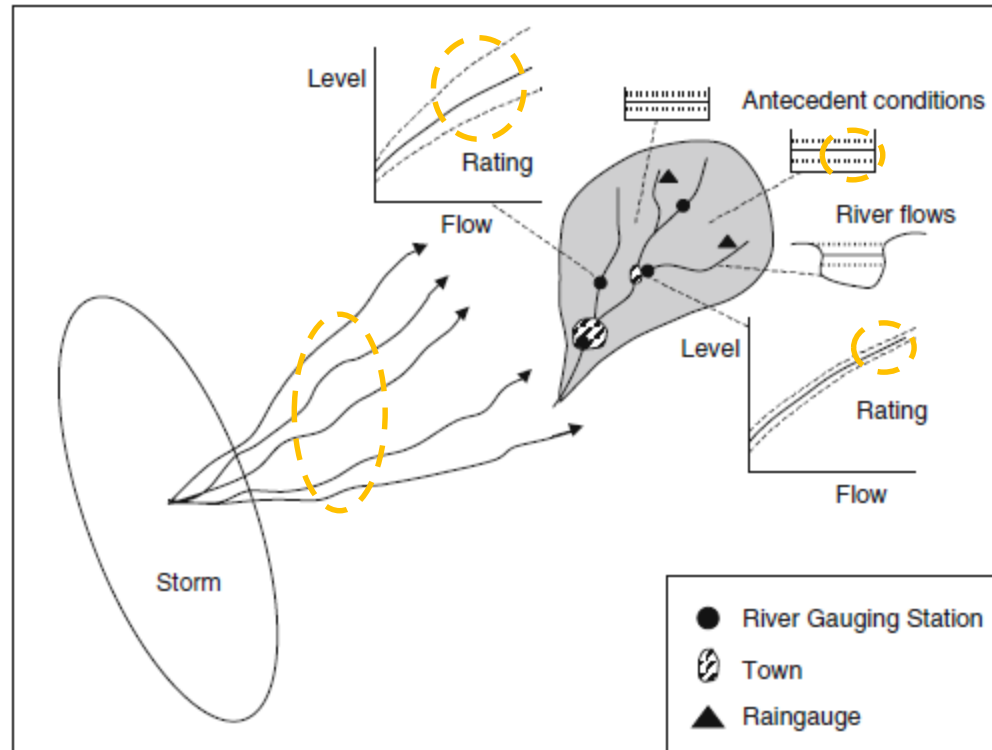


Fig. 4.9 Illustration of some sources of uncertainty for a catchment flood forecasting problem (Sene 2008)

Υδρολογική πρόγνωση

Decision making examples

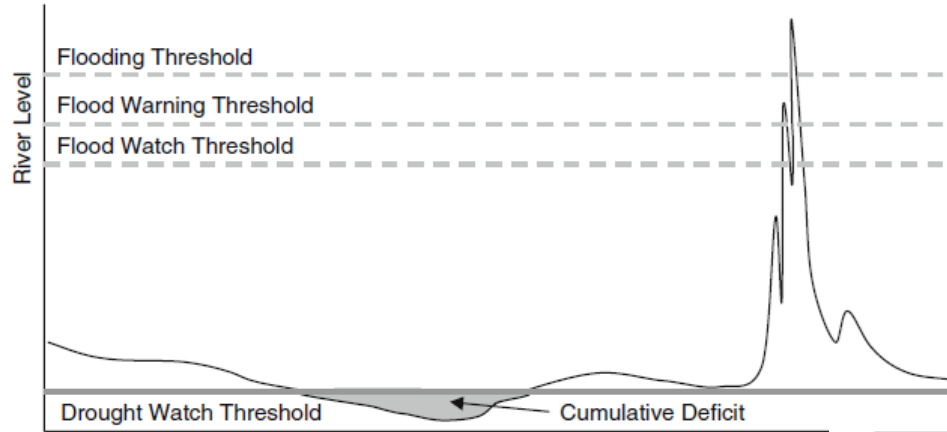


Fig. 6.1 Illustration of flood and drought thresholds for a river gauging station at a location of interest (note that for illustration the time axis is not to scale)

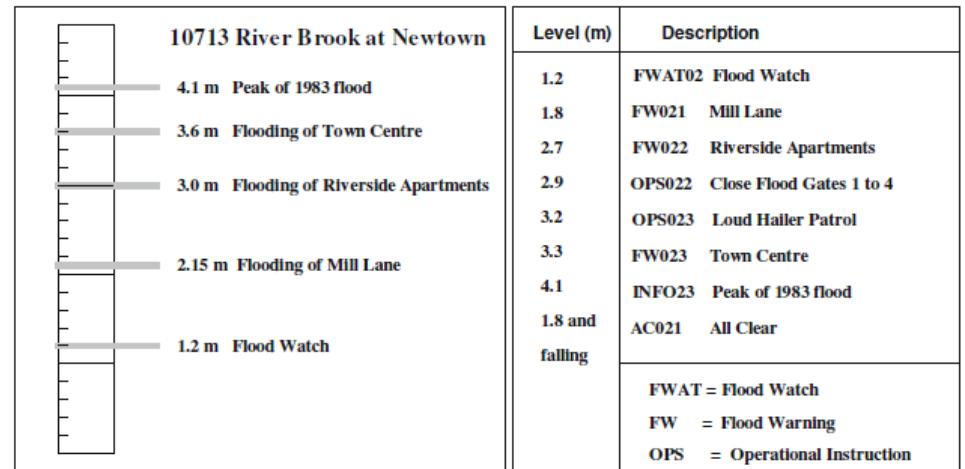
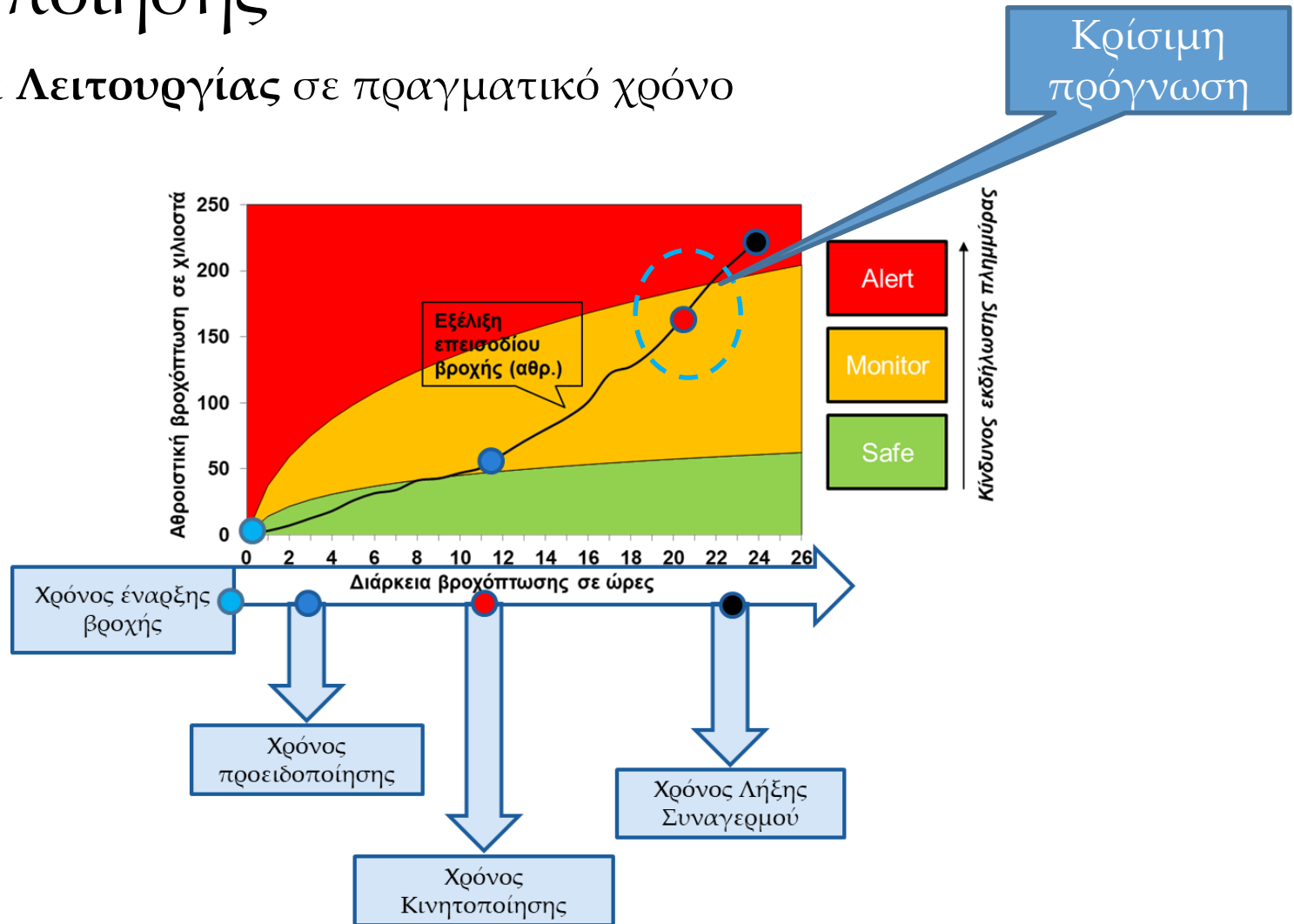


Fig. 6.2 Illustration of a diagram showing the levels at which flooding is expected to occur, and a system of flood warning thresholds, summarized in an action table (illustrative example only)

Απλοποιημένο σχηματικό μοντέλο προειδοποίησης

Παράδειγμα Λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο



ΣΕΠ – EWS

Λειτουργία σε πραγματικό χρόνο – Παράδειγμα Σταδίων



System Indication

Response

RED WARNING	 More than 30mm rain observed in 1 hour and expected to continue in the next 2 hours	 Serious flooding expected in low lying areas	EVACUATION
ORANGE WARNING	 15-30mm (intense) rain observed in 1 hour and expected to continue in the next 2 hours	 Flooding is threatening	ALERT
YELLOW WARNING	 7.5-15mm (heavy) rain observed in 1 hour and expected to continue in the next 2 hours	 Flooding is possible	MONITOR
GREEN			

Εννοιολογικό πλαίσιο Συστημάτων προειδοποίησης – αντιμετώπισης κινδύνων

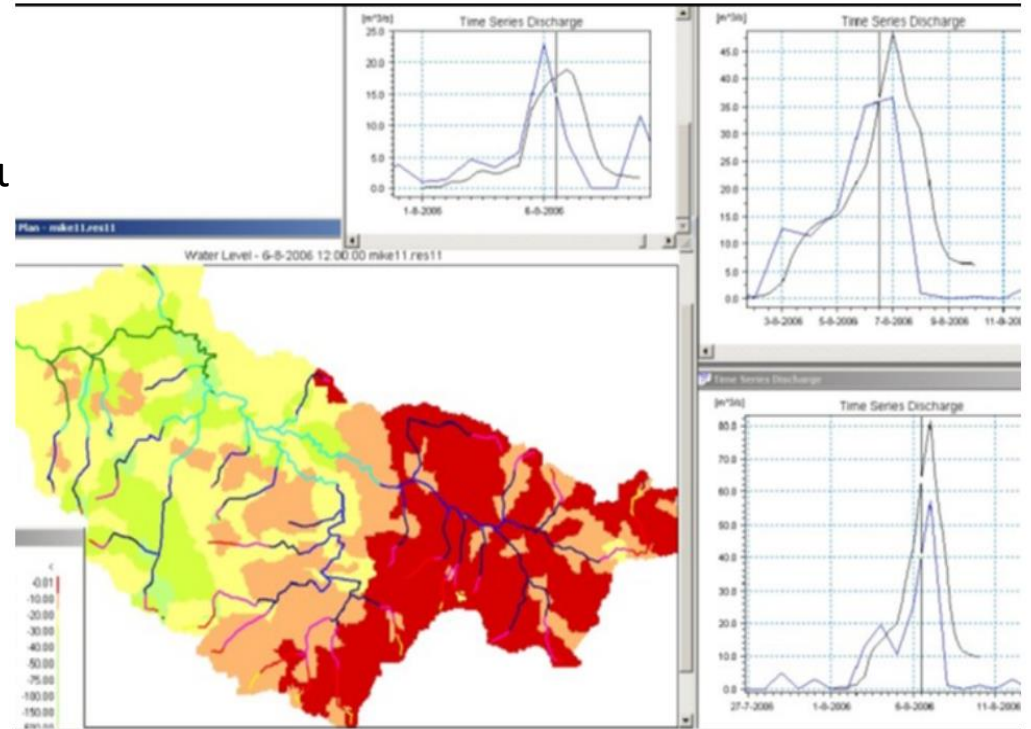
Caution → **Warning** → **Alert**

Δεδομένα Εισόδου:

- Μετεωρολογική πρόγνωση
- Έμμεσες παρατηρήσεις χωρικής κατανομής κατακρήμνισης (radar) και μοντελοποίηση
- Άμεσες μετρήσεις (υδρομετεωρολογικοί και σταθμημετρικοί σταθμοί)

Μεθοδολογία:

- Υδρολογική – Υδραυλική προσομοίωση βροχής - απορροής (Εξαγωγή πλημμυρογραφημάτων)
- Υδροδυναμική προσομοίωση σε 1-2 διαστάσεις, Διόδευση.
- Αποτελέσματα σε χάρτες και λήψη απόφασης



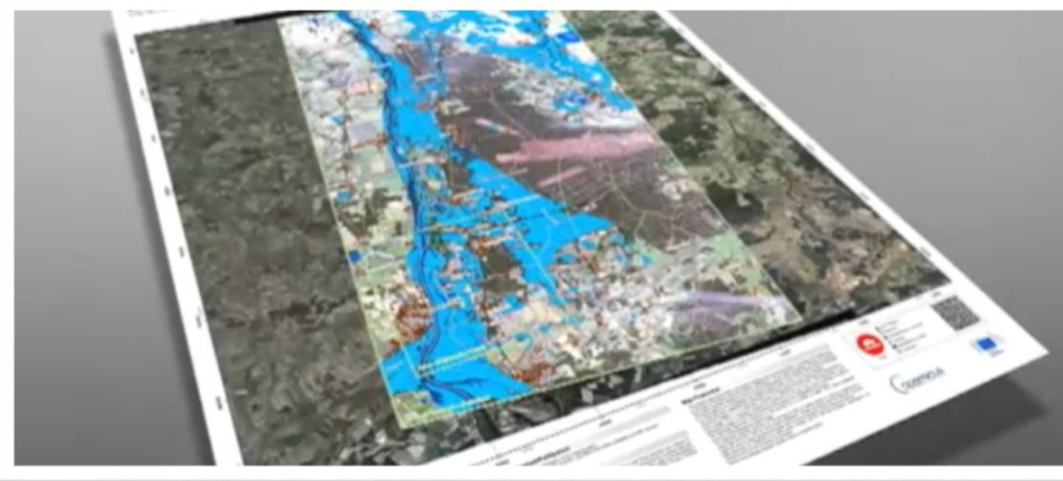
Πηγή: DHI Group

Παράδειγμα προσομοιωμένου κινδύνου πλημμύρας σε χάρτη για μια περιοχή 4000 km² (ποταμός Σάζανα, Τσεχία).

Στα διαγράμματα συγκρίνονται οι προσομοιωμένες τιμές παροχών (μαύρο) με τις μετρημένες (μπλε) σε τρεις θέσεις.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ COPERNICUS

- Υπηρεσία διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων, για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των πλημμυρών στην κεντρική και δυτική Ευρώπη
- Το σύστημα της Κομισιόν και της ευρωπαϊκής διαστημικής υπηρεσίας σαρώνει μέσω δορυφόρων περιοχές ενδιαφέροντος συλλέγοντας εικόνες υψηλής ευκρίνειας και λεπτομερών δεδομένων
- Οι εικόνες από τους δορυφόρους έχουν το πλεονέκτημα σε σύγκριση με τις αεροφωτογραφίες γιατί καλύπτουν ευρύτερες περιοχές
- Στη Γαλλία όπου τρέχει το πρόγραμμα καλύπτεται όλη η έκταση του Λίγηρα που έχει πλημμυρίσει
- Οι χάρτες που παρέχονται σε καθημερινή βάση επιτρέπουν τον άμεσο υπολογισμό του αριθμού σωστικών ομάδων που χρειάζονται επιτόπου αλλά και την ακριβή θέση που θα αποστέλλονται

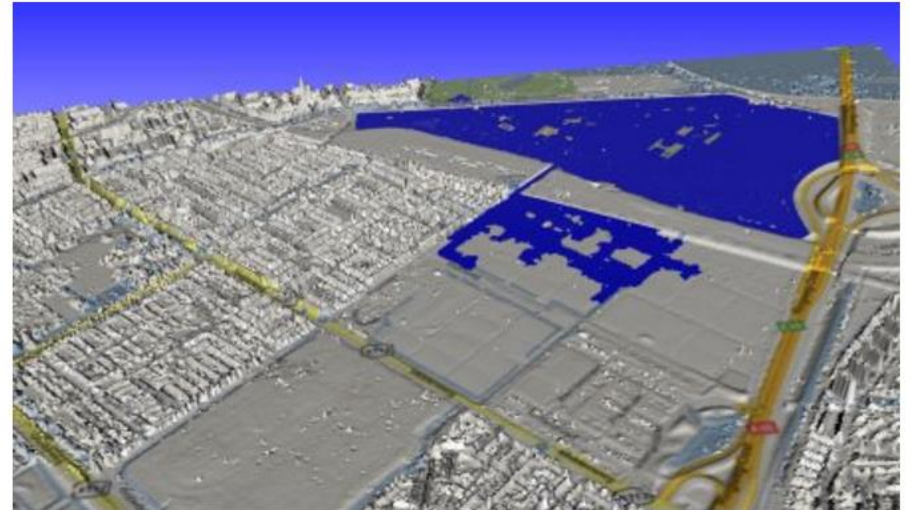


URBANFLOOD PROJECT

- Πρόγραμμα χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ (7th framework, 2009-2012)
- Χρήση αισθητήρων στα αναχώματα
- Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης σε πραγματικό χρόνο, σε αστικό περιβάλλον

Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης

- Ζωτικός ο ρόλος τους στην άμβλυση του πλημμυρικού κινδύνου
- Πολλαπλού σκοπού:
 - Συστήματα που παρέχουν γενικές πληροφορίες
 - Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων
 - Συστήματα συναγερού για τους εμπλεκόμενους φορείς



Visualisation 3D Science Park Amsterdam



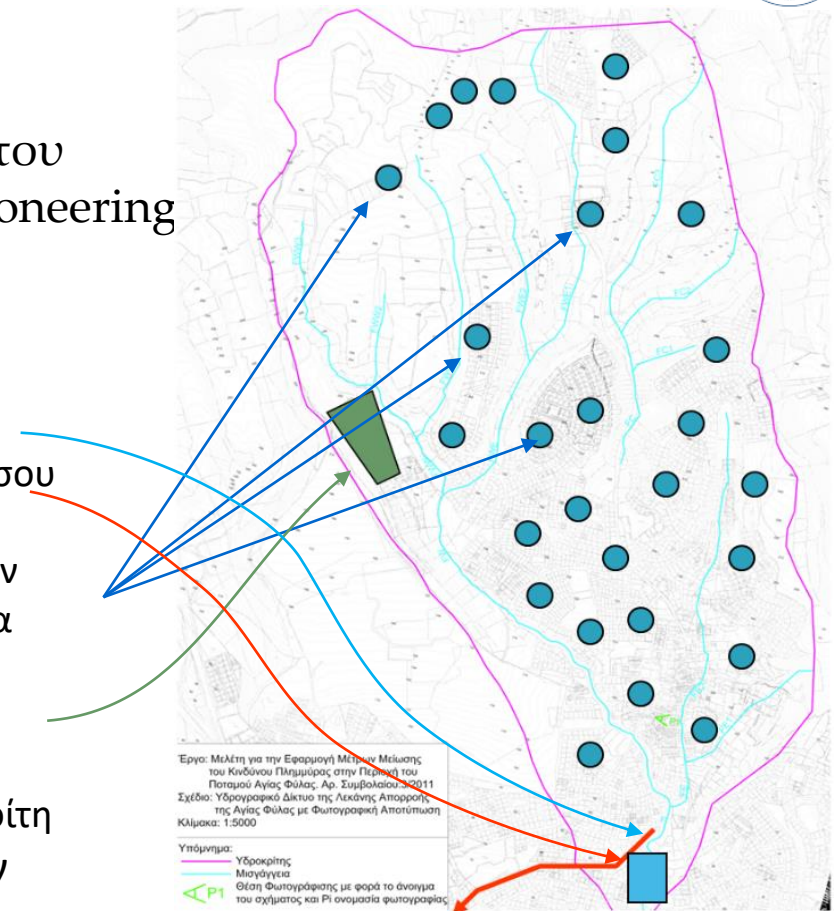
Μελέτη για την εφαρμογή μέτρων μείωσης του κινδύνου πλημμύρας στην περιοχή του ποταμού Αγίας Φύλας (Λεμεσός)



Αντικείμενο μελέτης:

Πρόταση εναλλακτικών λύσεων για τον περιορισμό της παροχής αιχμής κατάντη του σχολικού συγκροτήματος στα $4\text{m}^3/\text{s}$ - Optioneering

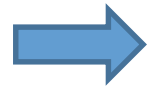
- Κατάστρωση υδραυλικού μοντέλου
- Έλεγχος εναλλακτικών διατάξεων
 1. Ανάσχεση στη θέση των σχολείων
 2. Εκτροπή μέρους της παροχής δια μέσου της οδού Ευαγόρα Λανίτη
 3. Διατάξεις ελέγχου της απορροής στην πηγή (BMPs- SUDS) στο αστικό τμήμα της λεκάνης
 4. Έλεγχος δυνατότητας-σκοπιμότητας κατασκευής συμπληρωματικών φραγμάτων ανάσχεσης μέσα στην κοίτη
- Συγκριτική κοστολόγηση των λύσεων



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ



Τέλεια υδρομετεωρολογική εκτίμηση και πρόγνωση δεν υπάρχει λόγω της αβεβαιότητας



Η περαιτέρω αξιοποίηση νέων τεχνολογιών (συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, δορυφορικά δεδομένα, δεδομένα μετεωρολογικού radar, επίγειο δίκτυο αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών) για την καλύτερη υδρομετεωρολογική εκτίμηση και πρόγνωση



Ανάπτυξη και εφαρμογή κατάλληλων υπολογιστικών μοντέλων υδρομετεωρολογικού - υδρολογικού – υδραυλικού ενδιαφέροντος



Συνδυασμός κατασκευαστικών και ιδιαίτερα μή κατασκευαστικών μέτρων

Σας ευχαριστώ