



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΪΤΗΣ Μs 7.2R 12 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010



ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΡΥΔΗΣ

Ομότιμος Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

ΕΥΘΥΜΗΣ ΛΕΚΚΑΣ

Καθηγητής
Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας



ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΪΤΗΣ Ms 7.2R 12 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΡΥΔΗΣ

Ομότιμος Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
e-mail: pkary@tee.gr

ΕΥΘΥΜΗΣ ΛΕΚΚΑΣ

Καθηγητής
Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας
e-mail: elekkas@geol.uoa.gr, Δικτυακός τόπος: www.elekkas.gr

ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 12 ^{ΗΣ} ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010 ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	1
2. ΣΥΝΟΔΑ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΪΤΗΣ	5
3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	9
4. ΕΔΑΦΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	10
5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	12
6. ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ	14
7. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ.....	16
8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ PORT-AU-PRINCE ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΥ ΤΗΣ ΧΩΡΟΥ.....	20
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	21

1. Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 12ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010 ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στις 12 Ιανουαρίου 2010 (4:53μ.μ τοπική ώρα) ισχυρός σεισμός μεγέθους (Ms) 7.2 έπληξε την Αϊτή. Το επίκεντρο του σεισμού εντοπίστηκε 20km ΔΝΔ από το κέντρο της πρωτεύουσας Port-au-Prince. Ο σεισμός είχε μικρό εστιακό βάθος (12km), εκδηλώθηκε κατά μήκος γνωστής, σεισμικά ενεργής ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης Α-Δ και η σεισμική διάρρηξη διήρκησε περί τα 15 δευτερόλεπτα (**Εικ.1**). Ακολούθησαν δεκάδες μετασεισμοί, οι οποίοι εκδηλώθηκαν στο δυτικό άκρο του σειсмоγόνου ρήγματος, μεταξύ των οποίων ένας Ms 5.9, στις 5:00μ.μ τοπική ώρα και ένας Ms 5.5, στις 5:12μ.μ τοπική ώρα. Η μετασεισμική ακολουθία εξελίχθηκε ομαλά σε όλο το επόμενο χρονικό διάστημα, συμπεριλαμβάνοντας έναν ισχυρό μετασεισμό Ms 6.1 στις 20 Ιανουαρίου.

Αμέσως μετά το σεισμό, το Κέντρο Προειδοποίησης Παλιρροϊκών Κυμάτων Βαρύτητας του Ειρηνικού (Pacific Tsunami Warning Center - PTWC), εξέδωσε σήμα για εκδήλωση θαλάσσιων σεισμικών κυμάτων (tsunamis), το οποίο αποσύρθηκε σύντομα.

Το σεισμικό ρήγμα που προκάλεσε τη σεισμική ακολουθία, αποτελεί τμήμα συστήματος ενεργών διαρρήξεων που εκδηλώνονται στην ευρύτερη περιοχή των ορίων της τεκτονικής πλάκας της Καραϊβικής και της πλάκας της Βόρειας Αμερικής (**Εικ.2**). Οι ρηξιγενείς αυτές δομές συνδυάζουν οριζόντια ολίσθηση και σύγκλιση, της τάξης των 20mm ανά έτος. Η συνιστώσα οριζόντιας ολίσθησης οφείλεται στην προς ανατολάς κίνηση της Καραϊβικής πλάκας, σε σχέση με την αντίστοιχη της Βόρειας Αμερικής. Στη Νήσο Εσπανιόλα, η σχετική κίνηση των δύο τεκτονικών πλακών επιτυγχάνεται μέσω δύο βασικών ρηξιγενών ζωνών: **(i)** της Βόρειας Ρηξιγενούς Ζώνης (**Septentrional Fault zone**), η οποία εντοπίζεται κατά μήκος του βόρειου περιθωρίου της Νήσου και **(ii)** της Ρηξιγενούς Ζώνης Enriquillo-Plantain Garden (**Enriquillo-Plantain Garden Fault zone**), η οποία τέμνει το νότιο τμήμα του νησιού και εκτίνεται ως τη Τζαμάικα (**Εικ.3 & 4**). Η χωρική κατανομή και τα γεωμετρικά, κινηματικά και δυναμικά χαρακτηριστικά της σεισμικής ακολουθίας υποδεικνύουν δραστηριοποίηση της Ρηξιγενούς Ζώνης Enriquillo-Plantain Garden (EPGFZ), η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από αριστερόστροφη οριζόντια μετατόπιση των εκατέρωθεν τεμαχίων της.

Αν και η ρηξιγενής ζώνη Enriquillo-Plantain Garden (EPGFZ) δεν έχει προκαλέσει μεγάλο σεισμό εδώ και αρκετές δεκαετίες, πρόσφατες μετρήσεις GPS έδειχναν μετακινήσεις της τάξης των 8mm ανά έτος κατά μήκος της, αποδεικνύοντας τον τεκτονικά ενεργό χαρακτήρα της. Η EPGFZ στο παρελθόν εκδήλωσε αρκετούς ιστορικούς σεισμούς στη Νήσο Εσπανιόλα, όπως οι σεισμοί του 1615, 1673, 1684, 1691, 1751, 1761, 1770 και 1860 (**Εικ.4**). Το σεισμικό γεγονός του 1770 αναφέρεται ως "ο σεισμός του Port-au-Prince" και εκτιμάται ότι εκδηλώθηκε κατά μήκος του ίδιου ρήγματος με αυτό του σεισμού της 12^{ης} Ιανουαρίου, με μεγαλύτερες όμως επιφανειακές διαρρήξεις και υπολογιζόμενο μέγεθος (M) 7.5.

Ο σεισμός της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010 προκλήθηκε από ρήγμα μήκους 36 km, γενικής διεύθυνσης Α-Δ, τμήμα της EPGFZ (**Εικ.5, 6, 7 & 8**) και η ολίσθηση κατά μήκος του προκάλεσε σημαντικές μεταβολές στο εντατικό πεδίο. Οι απότομες αλλαγές τάσεων σε ένα ρήγμα μετά από ένα σεισμό, είναι δυνατό να επηρεάσουν μικρότερα ρήγματα σε απόσταση μέχρι και διπλάσια του μήκους του σεισμογόνου ρήγματος και να προκαλέσουν αύξηση ή μείωση της πιθανότητας μελλοντικής τους διάρρηξης.

Όπως φαίνεται και στην **Εικ.5**, με θερμά χρώματα (κίτρινο έως κόκκινο) απεικονίζονται περιοχές όπου οι κύριες τάσεις ενισχύθηκαν, ενώ με ψυχρά χρώματα (γαλάζιο έως μπλε) οι περιοχές όπου οι κύριες τάσεις ελαττώθηκαν. Όπως ήταν αναμενόμενο, το σεισμικό γεγονός ενεργοποίησε και γειτονικά, παράλληλα και μη ενιαία τμήματα ρηγμάτων και στις δύο άκρες του σεισμογόνου ρήγματος, ενώ η μετασεισμική ακολουθία στο δυτικό τμήμα της διάρρηξης επιβεβαίωσε αυτές τις εκτιμήσεις.

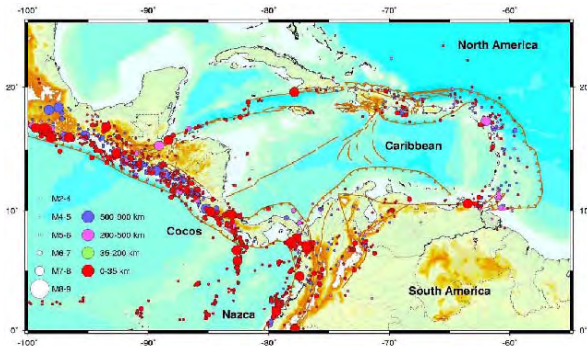
Είναι πολύ πιθανό, το σύνολο των ιστορικών σεισμών της EPGFZ να συνδέεται με φαινόμενα συσσώρευσης τάσεων μετά από μεγάλα σεισμικά γεγονότα του παρελθόντος. Πρόσφατες έρευνες (**MANAKER et al, 2008**) αποδίδουν με αρκετή βεβαιότητα τους ιστορικούς σεισμούς του 1770 και του 1751 σε φαινόμενα συσσώρευσης τάσεων εξαιτίας της σχετικά μικρής χωρικής και χρονικής κατανομής τους. Με αποδοχή αυτής της ερμηνείας αυξάνεται η πιθανότητα εκδήλωσης μελλοντικών σεισμικών γεγονότων και στα δύο άκρα του ρήγματος, αν και δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν χρονικά.

Από την έρευνα πεδίου επιβεβαιώθηκε ότι η ρηξιγενής ζώνη Enriquillo-Plantain Garden είναι αυτή που ενεργοποιήθηκε και προκάλεσε τον σεισμό της 12^{ης} Ιανουαρίου. Από τα δυτικά η ρηξιγενής ζώνη, στο χερσαίο τμήμα, διέρχεται από την παράκτια περιοχή νότια της πόλης Leogane, ακολουθεί με διεύθυνση Δ-Α την κοίτη του ποταμού Momance και στη συνέχεια την κοίτη του ποταμού Froide, νότια της πρωτεύουσας Port-au-Prince. Προς τα ανατολικά, ακολουθεί τις βόρειες υπώρειες του Massif de la Selle προς την πεδιάδα Cul-de-Sac, εισέρχεται στη λίμνη Azuel και τέλος καταλήγει στη λίμνη Enriquillo. Προς τα νοτιοανατολικά, ένα άλλο τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης, το οποίο φαίνεται να μην ενεργοποιήθηκε, κάμπτεται και αποκτά νοτιοανατολική διεύθυνση προς τον κόλπο Neiba. Κατά μήκος της χερσαίας εμφάνισής της, το τμήμα της EPGFZ που ενεργοποιήθηκε έχει προκαλέσει καθοριστικές αλλαγές στο υδρογραφικό δίκτυο με : **(i)** εγκλωβισμό κλάδων κατά θέσεις **(ii)** συστηματικές αλλαγές στη διεύθυνση των ρεμάτων του **(iii)** ασύμμετρη κατανομή των κλάδων του στα εκατέρωθεν ρηξιτεμάχη και **(iv)** μεγάλες μορφολογικές διαφοροποιήσεις.

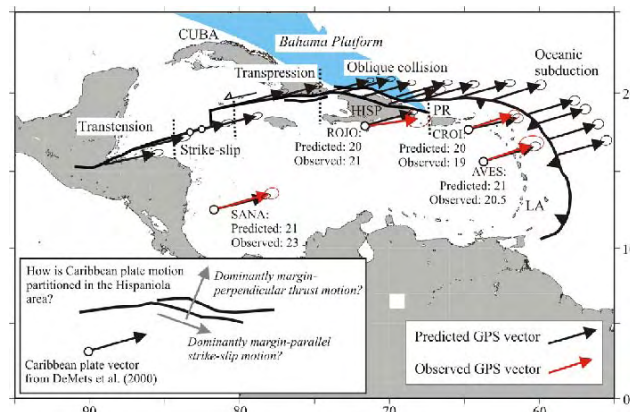
Τα πλέον όμως εντυπωσιακά φαινόμενα παρατηρήθηκαν στις λίμνες Azuel και Enriquillo, στις οποίες τα νότια τμήματα των ακτογραμμών τους έχουν βυθιστεί κατά θέσεις έως και 80cm με αποτέλεσμα τα νερά να έχουν κατακλύσει το παραλίμνιο οδικό δίκτυο, τα υφιστάμενα έργα υποδομής και τις εγκαταστάσεις του μεθοριακού σταθμού στα σύνορα της Αϊτής και της Δομινικανής Δημοκρατίας.



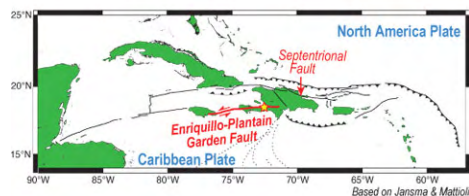
Εικ. 1 Δορυφορικός χάρτης της Αϊτής με τα κυριότερα ρήγματα και τη θέση του επικέντρου του σεισμού της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010.



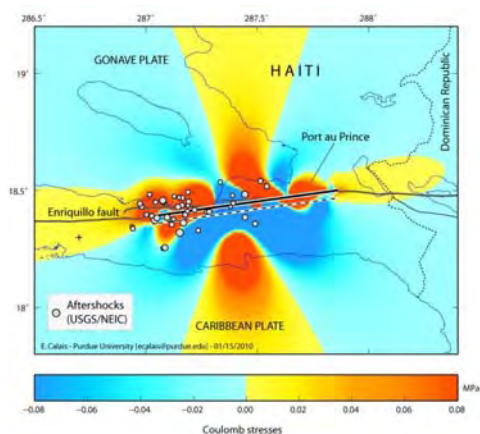
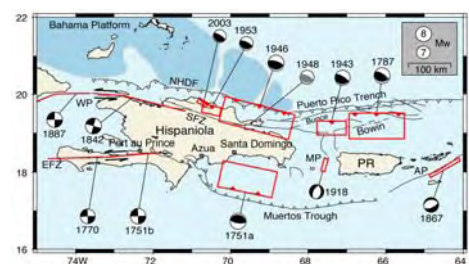
Εικ. 2 Η γεωγραφική κατανομή των επικέντρων των σεισμών της ευρύτερης περιοχής της Καραϊβικής, η οποία, οριοθετεί σαφώς τις υφιστάμενες τεκτονικές πλάκες.



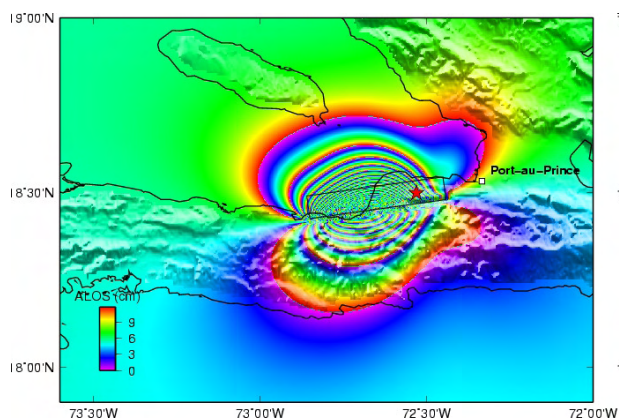
Εικ. 3 Προβλέψεις ταχυτήτων σχετικής κίνησης στο όριο των πλακών Καραϊβικής και Βόρειας Αμερικής (μαύρα βέλη), βασισμένες σε μετρήσεις GPS από τέσσερα σταθερά σημεία του εσωτερικού της πλάκας της Καραϊβικής (κόκκινα βέλη) (DeMets et al., 2000), καθώς και ανάλυση σε συνιστώσες κατά μήκος ρηγμάτων στην οριακή ζώνη των δύο πλακών (γκρι βέλη). Οι ανωτέρω υποθετικές ταχύτητες είναι σύμφωνες με τις τεκτονικές δομές που παρατηρούνται κατά μήκος της ζώνης μετάβασης από καθεστώς διεφελκυσμού (transtension) στο ΒΔ τμήμα της πλάκας της Καραϊβικής, σε καθεστώς πλάγιας σύγκλισης (oblique convergence) στη Νήσο Εσπανιόλα.



Εικ. 4 Νεοτεκτονικοί Χάρτες της Κεντρικής και Βόρειας Καραϊβικής στους οποίους σημειώνεται η θέση της Βόρειας ρηξιγενούς ζώνης (Septentrional Fault Zone), της ρηξιγενούς ζώνης Enriquillo-Plantain Garden (EPGFZ) και οι θέσεις των κυριότερων ιστορικών σεισμών (Calais, 2007)



Εικ. 5 Αλλαγές στο εντατικό πεδίο μετά το σεισμό Ms 7.2 της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010 στην Αϊτή. Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι περιοχές που εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα εκδήλωσης σεισμού στο μέλλον, ενώ με ψυχρά χρώματα οι περιοχές όπου οι κύριες τάσεις ελαττώθηκαν (Calais, 2010)



Εικ. 6 Προβλέψεις εδαφικής παραμόρφωσης στην περιοχή της Αϊτής, από τη διεύθυνση παρατήρησης του δορυφόρου ALOS. Το σύνολο της παραμόρφωσης εκτιμήθηκε στα 11,8 cm (Sladen, 2010)

Η καταβύθιση της περιοχής είναι έντονα αντιληπτή από τα δέντρα και τις καλλιέργειες που προβάλλουν πλέον μέσα από την επιφάνεια των λιμνών (**Εικ.9**).

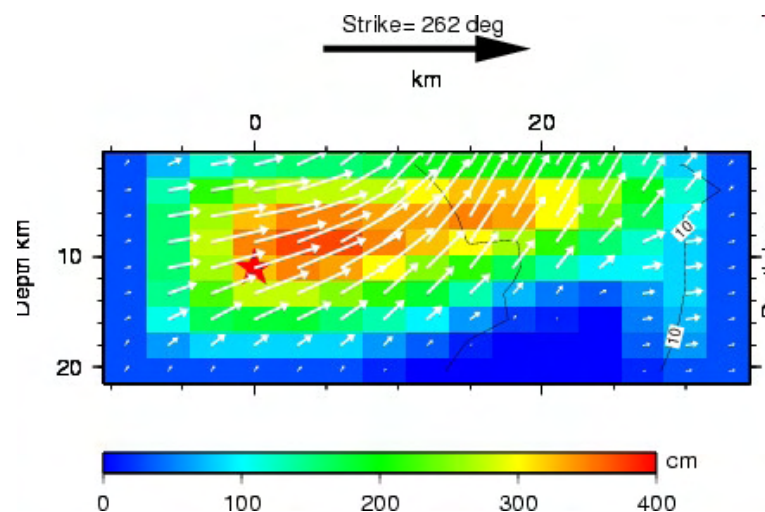
Τα φαινόμενα καταβύθισης εντοπίζονται γεωγραφικά στο νότιο τμήμα των παραπάνω λιμνών, όπως και στη νότια παραλίμνια περιοχή. Η περιοχή αυτή, αντιστοιχεί στο νότιο ρηξιτέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης, που κινήθηκε καθοδικά τουλάχιστον 120mm σε σχέση με το αντίστοιχο βόρεια. Αντίθετα η οριζόντια συνιστώσα ολίσθησης δεν μπορεί να εκτιμηθεί, εξαιτίας της απουσίας επαρκών κινηματικών δεικτών. Με δεδομένα ότι στην περιοχή των λιμνών: **(i)** η EPGFZ κάμπτεται από διεύθυνση Δ-Α σε ΒΔ-ΝΑ και **(ii)** εμφανίζεται κατά κύριο λόγο μόνο κατακόρυφη συνιστώσα μετακίνησης, προκύπτει ότι η συγκεκριμένη περιοχή αντιστοιχεί σε ένα μικρό ρηξιτέμαχος με τα χαρακτηριστικά **εκτατικοδιατμητικής λεκάνης** (pull-apart basin).

2. ΣΥΝΟΔΑ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΪΤΗΣ

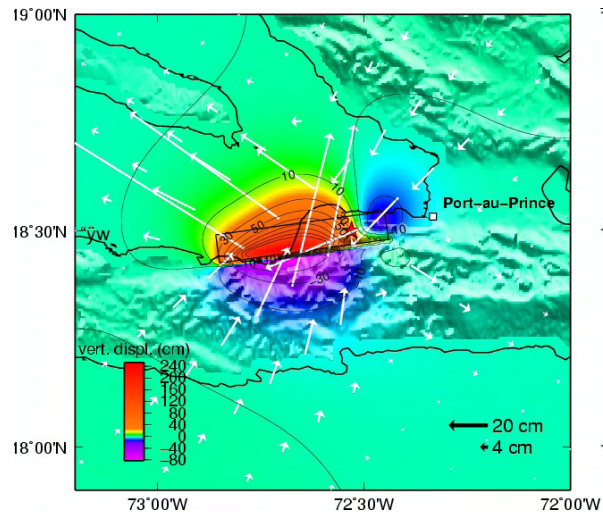
Κατά τη διάρκεια του σεισμού της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010 εκδηλώθηκαν εκτεταμένες ρευστοποιήσεις και πλευρικές επεκτάσεις, καθώς και μεγάλης κλίμακας κατολισθήσεις, οι οποίες προκάλεσαν σημαντική αύξηση στον αριθμό των απωλειών ανθρώπινων ζωών και των υλικών ζημιών (**Εικ.10**).

Οι **ρευστοποιήσεις**, συνήθως εκδηλώνονται σε χαλαρά λεπτόκοκκα ιζήματα με παρουσία νερού όταν υποβληθούν σε επαναλαμβανόμενες δυναμικές φορτίσεις κατά τη διάρκεια των σεισμικών δονήσεων, οπότε το νερό που βρίσκεται στα κενά του υλικού, ασκεί πιέσεις, οι οποίες μειώνουν την τριβή και έτσι προσωρινά μειώνεται η διατμητική τους αντοχή και συμπεριφέρονται ως βαρέα υγρά. Οι περισσότερες ρευστοποιήσεις σημειώθηκαν στις επίπεδες περιοχές του Port-au-Prince και σε περιοχές με υλικά προσχώσεων. Από τις επί τόπου έρευνες προέκυψε ότι εκτεταμένα φαινόμενα ρευστοποιήσεων, καθιζήσεων και πλευρικών παραμορφώσεων εκδηλώθηκαν σε περιοχές του λιμένος καταστρέφοντας υποδομές, προβλήτες και ανατρέποντας γερανούς φόρτωσης στις προβλήτες (**Εικ.11**). Τα ανωτέρω συνέβαλαν δραματικά στη δυσκολία μεταφοράς ανθρωπιστικής βοήθειας στην περιοχή. Από τις επί τόπου έρευνες, αποδείχθηκε ότι το φαινόμενο της ρευστοποίησης ξεκίνησε κατά τα αρχικά στάδια του σεισμικού κραδασμού, προτού καν δημιουργηθούν οι εδαφικές βλάβες και συνεχίστηκε και μετά την ολοκλήρωσή τους.

Στο νότιο τμήμα του Port-au-Prince, κοντά στη EPGFZ, ο οικιστικός ιστός έχει αναπτυχθεί σε αποψιλωμένες εκτάσεις και σε περιοχές αυξημένων μορφολογικών κλίσεων με γενική μορφολογική διεύθυνση προς τα βόρεια. Από τις επί τόπου έρευνες, διαπιστώθηκαν **εκτεταμένα κατολισθητικά φαινόμενα** σε επιφανειακούς κυρίως σχηματισμούς, που οφείλονται σε έντονα φαινόμενα αποσάθρωσης και διάβρωσης. Από τη μετακίνηση παρασύρθηκαν όχι μόνο μεμονωμένες κατασκευές όσο και ολόκληρες συνοικίες, με αποτέλεσμα ο αριθμός των θυμάτων να αυξηθεί δραματικά.



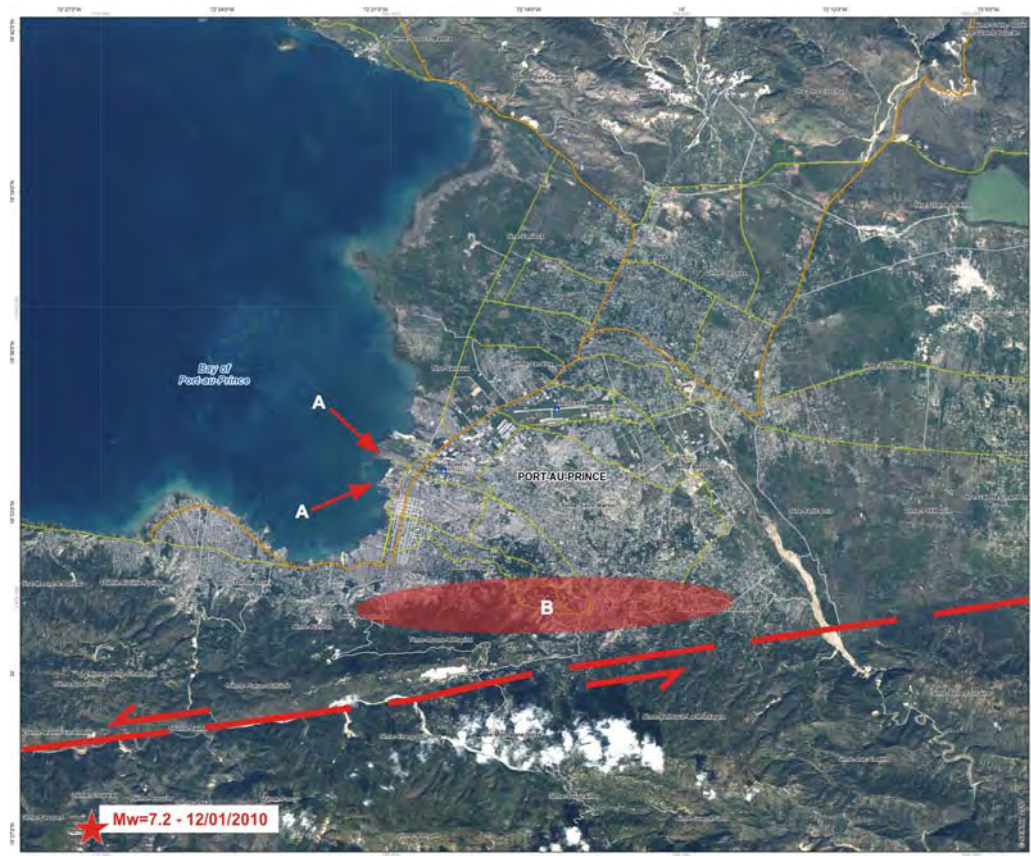
Εικ. 7 Οι χρωματικές διαφοροποιήσεις αντιπροσωπεύουν την ολίσθηση, ενώ τα λευκά βέλη υποδεικνύουν τη διεύθυνση της σχετικής κίνησης των δύο ρηξιτεμαχών. Οι καμπύλες αντιστοιχούν στη φορά επέκτασης του μετώπου διάρρηξης και το κόκκινο αστέρι υποδηλώνει την υποκεντρική περιοχή. Το μαύρο βέλος δείχνει τον προσανατολισμό της επιφάνειας του ρήγματος (Sladen, 2010).



Εικ. 8 Η εδαφική παραμόρφωση της ευρύτερης περιοχής, όπως προκύπτει από το μοντέλο ολίσθησης. Από την κλίμακα χρωμάτων δίνεται η κατακόρυφη συνιστώσα της μετατόπισης, ενώ η οριζόντια συμβολίζεται με λευκά βέλη (Sladen, 2010).



Εικ. 9 Κατάκλυση της περιοχής του μεθοριακού σταθμού Αϊτής – Άγιου Δομίνικου από τα ύδατα στο νότιο τμήμα της λίμνης Enriquillo λόγω της καθοδικής κίνησης ρηξιτεμάχους η οποία δυσχέρανε την επικοινωνία μεταξύ των δύο χωρών. Η καθοδική κίνηση του ρηξιτεμάχους οφείλεται σε φαινόμενα pull apart basin κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης οριζόντιας ολίσθησης Enriquillo-Plantain Garden (EPGFZ) που ενεργοποιήθηκε κατά το σεισμό της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010.



Εικ. 10 Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής του Port-au-Prince με τη θέση της ρηξιγενούς ζώνης Enriquillo-Plantain Garden (EPGFZ) που ενεργοποιήθηκε και τη θέση του επικέντρου. Επιπρόσθετα σημειώνονται η θέση εμφάνισης φαινομένων ρευστοποίησης και πλευρικών επεκτάσεων (A) καθώς και η περιοχή εκδήλωσης των σημαντικότερων κατολισθητικών φαινομένων (B).

Από τις εν λόγω κατολισθήσεις, οι προς τα κατάντη ευρισκόμενοι δρόμοι απομονώθηκαν, με αποτέλεσμα η πρόσβαση για άμεση παροχή βοήθειας να είναι αδύνατη.

3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι ανθρώπινες απώλειες από τον σεισμό της Αϊτής υπερβαίνουν τις 200.000 (με πιθανό όριο τις 300.000), όπως ανακοινώθηκε στις 19 Ιανουαρίου από τον **PAHO (Pan American Health Organization)** με αδρές εκτιμήσεις των δεδομένων του από τις πρώτες 5 ημέρες μετά τον σεισμό. Ο αριθμός των νεκρών ενδέχεται να αυξηθεί εξαιτίας της ύπαρξης υψηλής επικινδυνότητας εκδήλωσης επιδημικών εκρήξεων και επιδημιών στις συνθήκες υγειονομικές συνθήκες της περιοχής. Ειδικότερα παρατηρείται έλλειψη πόσιμου νερού και τροφίμων, διαβίωση της πλειονότητας του πληθυσμού στην ύπαιθρο ή σε πρόχειρους καταυλισμούς με έλλειψη συνθηκών υγιεινής, καθυστέρηση της συλλογής των σωρών των θυμάτων και του ενταφιασμού τους, ανύπαρκτες υποδομές δημόσιας υγείας και περιορισμένη πρόσβαση του πληθυσμού σε κέντρα ιατρικής περίθαλψης. Στις 20 Ιανουαρίου εξειδικευμένες επιστημονικές ομάδες εκτίμησαν το ρυθμό θανάτων σε 2.000 ανθρώπους ανά ημέρα εξαιτίας της έλλειψης ιατρικής φροντίδας και των μειωμένων δυνατοτήτων του ιατρικού προσωπικού να πραγματοποιήσει τις απαιτούμενες ιατρικές πράξεις και επεμβάσεις.

Οι πρώτες εκτιμήσεις των επιπτώσεων στηρίχθηκαν στη επεξεργασία δεδομένων, τα οποία αφορούσαν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού, τη γεωγραφική κατανομή των συνοδών γεωδυναμικών φαινομένων, τα στοιχεία των σεισμικών εντάσεων και τις παραμέτρους των πρακτικών οικοδόμησης που εφαρμόζονται στην Αϊτή. Ειδικότερα, οι ανθρώπινες απώλειες εκτιμήθηκαν συνδυάζοντας: **(i)** πληθυσμιακό κάρναβο 1km (βασισμένο στο LandScan™ 2005 Global Population Database) ο οποίος μετατράπηκε με κατάλληλη κλίμακα ούτως ώστε να αντιστοιχεί στο σημερινό πληθυσμό, βάσει του Παγκόσμιου Δικτύου Ανάπτυξης του ΟΗΕ (UNDP) και **(ii)** την τροποποιημένη κλίμακα σεισμικών εντάσεων Mercalli (MMI), η οποία δημοσιεύθηκε από το USGS ShakeMap την επόμενη ημέρα του σεισμού. Η σεισμική τρωτότητα των κτιρίων εκτιμήθηκε ως υψηλή, με κατασκευές επιδεκτικές σε καταρρεύσεις.

Ο πληθυσμός που επλήγη από το σεισμό σε πρωτογενές επίπεδο εκτιμάται σε περίπου $3,0 \times 10^6$ άτομα, επί συνόλου κατοίκων στη μείζονα περιοχή της πρωτεύουσας περί τα $4,0 \times 10^6$, ενώ η επιφάνεια της πλειόσειστης περιοχής που επλήγη με σημαντικές βλάβες ($I \geq VII$) εκτιμάται σε $40 \times 15 \text{ km}^2$.

Οι άστεγοι της πρώτης εβδομάδας εκτιμώνται ότι ανήλθαν σε περίπου $2,5 \times 10^6$ άτομα. Τα άτομα αυτά κατέλυσαν στα πεζοδρόμια και σε κεντρικούς δρόμους, διότι από εκεί μπορούσαν να περάσουν τα ελάχιστα φορτηγά με φαγητό και νερό. Όπου η βοήθεια μοιράζονταν από σταθμευμένα φορτηγά αυτοκίνητα, ή ελικόπτερα σε σταθερά σημεία, σημειώνονταν τραυματισμοί και απώλειες ζώων.

Τελικά, μικρό ποσοστό της βοήθειας αυτής έφθασε σ' αυτούς που είχαν ανάγκη. Άτομα που κατόρθωσαν με κίνδυνο της ζωής τους να αρπάξουν μια σχετικά σημαντική ποσότητα τροφής (π.χ. ένα τσουβάλι σιτάρι, ρύζι, καλαμπόκι, κ.α.), δεν μπόρεσαν να φθάσουν στον προορισμό τους.

Η διανομή των εφοδίων στους πληγέντες χρειαζόνταν οργάνωση. Τα προϊόντα έφθαναν αλλά έπρεπε και να διανεμηθούν σε ολόκληρη την έκταση της πόλης και των περιχώρων. Υπήρχαν περιοχές δύσβατες, οι οποίες επί πλέον είχαν αποκλειστεί από τις κατολισθήσεις του εδάφους και τις καταρρεύσεις των κτιρίων.

Στα πεζοδρόμια υπήρχαν νεκρά σώματα σε αρχόμενη αποσύνθεση, σκουπίδια και περιπτώματα ανθρώπων μαζί με άστεγους που ζητούσαν πάσης φύσεως βοήθεια, ορφανά παιδιά ημίγυμνα και ξυπόλυτα να παίζουν και να τρέχουν αδέσποτα, μαζί με διάφορα ζώα. Άτομα τραυματισμένα χωρίς ιατρική βοήθεια και άτομα που μόλις είχαν διασωθεί από τα ερείπια γεμάτα κίτρινη σκόνη. Εκεί αισθανόταν κανείς ότι τα όρια μεταξύ ζωής και θανάτου είναι δυσδιάκριτα.

Στα ίδια πεζοδρόμια και σε πολύ μεγάλη έκταση και πυκνότητα έβλεπε κανείς αυτοσχέδιους μικροπωλητές να πωλούν ό,τι μπορούσε κανείς να φανταστεί, όπως π.χ. μερικά πιάτα, κάποια κουζινικά, λίγα παλιά – μαραμένα φρούτα και χορταρικά, λίγα κάρβουνα, κομματάκια κρέας που επωλούντο χωρίς ζυγαριά κ.λπ.

Η ακριβής εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων του σεισμού της Αϊτής είναι δύσκολη εξαιτίας της έλλειψης αξιόπιστων στοιχείων για τις επιπτώσεις στο σύνολο των υποδομών, στις περιουσίες των κατοίκων και τους παραγωγικούς πόρους της χώρας. Εκτιμάται ότι οι συνολικές οικονομικές απώλειες ανέρχονται σε περίπου 7 δισεκατομμύρια δολάρια.

4. ΕΔΑΦΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Η σχέση της εδαφικής σεισμικής κίνησης με τις καταστροφές που προκλήθηκαν στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον στην επικεντρική περιοχή αναλύεται παρακάτω. Συγκεκριμένα:

- Η εδαφική επιτάχυνση, κατά την κατακόρυφη διεύθυνση εκτιμάται σε $a_v \approx 1,0g$, σε σκληρό έδαφος με αύξηση ή μείωση ανάλογα προς τις τοπικές εδαφικές συνθήκες. Ισχυρή φάση $0 \div 8(sec)$, υψηλής συχνότητας ($\sim 15 \div 20Hz$) με κρουστικού τύπου αποτελέσματα.



Εικ. 11 Εκτεταμένα φαινόμενα ρευστοποιήσεων και πλευρικών επεκτάσεων που προκάλεσαν σημαντικές καταστροφές στις λιμενικές εγκαταστάσεις του Port-au-Prince με αποτέλεσμα να αποκοπεί η από θαλάσσης επικοινωνία κατά την συν-καταστροφική περίοδο.

- Η εδαφική επιτάχυνση κατά την οριζόντια διεύθυνση εκτιμάται σε $a_h \approx 0,7g$ σε μέσα εδάφη. Ισχυρή φάση $3 \div 20(\text{sec})$. Η μέγιστη μετρηθείσα και αναλυθείσα οριζόντια εδαφική μετακίνηση κατά την διεύθυνση Α-Δ εκτιμάται σε $10 \div 15(\text{cm})$ σε μέσα εδάφη.
- Επομένως στο χρονικό διάστημα $3 \div 8(\text{sec})$ η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ήταν ιδιαίτερα υψηλή με δεδομένο ότι συνδυάζονται οι οριζόντιες και η κατακόρυφη συνιστώσες.
- Υπήρξαν πολλαπλασιαστικά φαινόμενα από ανακλώμενα σεισμικά κύματα λόγω του ότι το Port-au-Prince είναι κτισμένο αμφιθεατρικά περιβαλλόμενο από βουνά εν ιδεί αχιβάδας. Το κέντρο της πόλης βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο σε μαλακά – προσχωσιγενή κατά το πλείστον εδάφη.
- Παρατηρήθηκαν κατολισθητικά φαινόμενα στις περιοχές της πόλης που βρίσκονται σε κεκλιμένα εδάφη. Παρατηρήθηκαν τοίχοι αντιστήριξης ύψους 6 και 8(m) οι οποίοι κατέρρευσαν. Στα ανάντη και σε πολύ μικρές αποστάσεις από το επίπεδο του τοίχου οι κατασκευές κατέρρευσαν παρασυρόμενες από τις κατολισθήσεις. Τα χαλαρά και σαθρά εδάφη θεμελίωσης επέτειναν τις δυσμενείς επιπτώσεις του σεισμού.
- Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους σχεδόν σε όλη την έκταση της πόλης με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι ήδη δυσμενείς σεισμικές επιπτώσεις.
- Επαναλήφθηκε και σ' αυτόν το σεισμό το φαινόμενο του να διαφοροποιείται σημαντικά η ένταση της σεισμικής δόνησης από τη μία θέση στην άλλη – έστω και σε γειτονικά οικόπεδα χωρίς εμφανείς διαφοροποιήσεις των χαρακτηριστικών και μορφολογίας του εδάφους.
- Τα υπόγεια δίκτυα (ύδρευσης – αποχέτευσης) και οι στύλοι διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας όλα θεμελιωμένα σε ασταθή και σαθρά εδάφη και ανύπαρκτα μέτρα προστασίας υπέστησαν σημαντικές βλάβες, και τέθηκαν εκτός λειτουργίας.

5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

5.1 Ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια

Εκκλησίες, Προεδρικό μέγαρο, κτίριο υπουργείου δικαιοσύνης και λοιπά δημόσια και ιδιωτικά, έχουν δομικά και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά επηρεασμένα από δυτικοευρωπαϊκά πρότυπα λόγω της ισπανογαλλικής κατοχής. Το υλικό δόμησης είναι αργοί και λαξευτοί λίθοι, οπτόπλινθοι, ξύλινες στέγες – πατώματα, μεταλλικές δοκοί

και λοιπές ενισχύσεις. Παρατηρήθηκαν αρκετές θολοδομικές κατασκευές για γεφύρωση ανοιγμάτων (ανώφλια και κάλυψη χώρων). Η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων αυτών υπέστη ολική καταστροφή μετά το σεισμό. Η μορφή της κατάρρευσης είναι μέσα στην κάτοψη, ενώ πολλοί από τους περιμετρικούς τοίχους παρέμειναν κατακόρυφοι. Οι θολοδομικές κατασκευές δεν έπαθαν βλάβες σε μεγάλο ποσοστό.

5.2 Σύγχρονα κτίρια και κατασκευές

Αυτά διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Απλά μονώροφα έως και διώροφα κτίρια από ευτελή υλικά χαμηλής ποιότητας και τρόπου δόμησης. Ως υλικό δόμησης κυριαρχεί ο τσιμεντόλιθος, το ξύλο και ο τσίγκος, κυρίως είναι παλαιά, χρησιμοποιημένα δομικά υλικά. Η κατασκευή γίνεται με πρόχειρο και άτεχνο τρόπο από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη. Πολλά απ' αυτά τα κτίρια παρατηρήθηκε να σοβαντίζονται εξωτερικά με ελαφρώς οπλισμένο πεταχτό ή έγχυτο τσιμεντοκονίαμα μικρής αντοχής για προστασία, ιδιαίτερα του χαμηλότερου τμήματος το οποίο λόγω της υγρασίας καταστρέφεται σύντομα με την πάροδο του χρόνου. Τα κτίρια αυτά συγκεντρώνονται σε μεγάλο αριθμό και πυκνότητα και είναι ανεξάρτητα το ένα με το γειτονικό του, δημιουργώντας κατ' αυτόν τον τρόπο τους εσωτερικούς διαδρόμους προσπέλασης. Το δάπεδο των διαδρόμων αυτών συντίθεται από ξεδιαλεγμένα σκουπίδια κυρίως από χαρτί. Στα κτίρια αυτά κατοικεί ο φτωχότερος πληθυσμός. Η ύδρευση γίνεται από πηγάδια μικρού βάθους που αφθονούν στην περιοχή και δεν υπάρχει σύστημα είτε ύδρευσης, είτε αποχέτευσης, είτε ηλεκτρικού ρεύματος. Τα κτίρια αυτά μετά το σεισμό δεν έπαθαν σημαντικές βλάβες σε βαθμό κατάρρευσης, αλλά τα περισσότερα παρέκλιναν από την κατακόρυφη ή κατέρρευσαν μικρότερα ή μεγαλύτερα τμήματα των τσιμεντοπλινθοδομών όπου υπήρχαν. Τα καταστήματα της περιοχής αυτής είναι φτιαγμένα με τον ίδιο τρόπο. Επίσης, παρόμοιο τρόπο δόμησης (αλλά αρκετά βελτιωμένο) παρατηρεί κανείς και σε αγροτικούς οικισμούς.
- Κτίρια από τοιχοποιία (συνήθως τσιμεντοπλινθοδομές) και πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διακρίνονται σε αγροτικά και αστικά κτίρια μέχρι δύο ή το πολύ τρεις ορόφους. Τέτοια κτίρια αποτελούν την πλειονότητα των κτιρίων της περιοχής. Αυτά έπαθαν σημαντικές βλάβες με χαρακτηριστικό την κατάρρευση των πατωμάτων στους υποκείμενους ορόφους. Το σαθρό ή επικλινές έδαφος, στις υψηλότερες περιοχές της πόλης, αντιστηριζόμενο σε τοιχοποιίες μεγάλου ύψους επέτεινε τις παρατηρηθείσες καταστροφές. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και αρκετές πολυτελείς κατασκευές (βίλες). Υπήρξαν και κτίρια τα οποία φαινομενικώς τουλάχιστον, δεν έπαθαν ουσιαστικές βλάβες.
- Κτίρια με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οποιοδήποτε αριθμού ορόφων μέχρι και 6 ή 7-ώροφα. Τα κτίρια αυτά κατασκευάζονται με ένα "σύγχρονο" τρόπο δόμησης για κάλυψη των χρηστικών αναγκών (π.χ. πρόβολοι σημαντικών

διαστάσεων με κενά για μείωση του βάρους) αλλά άτεχνα με άστοχες κατασκευαστικές λεπτομέρειες, με χρήση λείου ή νευροχάλυβα, σε μεγάλες αποστάσεις και μικρής διατομής σε όλα τα φέροντα στοιχεία – πλάκες – δοκούς – υποστυλώματα. Οι διαστάσεις των φερόντων στοιχείων, ιδιαιτέρως δε των υποστυλωμάτων, φαίνονται ανεπαρκέστατες. Επίσης, απουσιάζει η οποιαδήποτε χρήση τοιχωμάτων. Η δομική αυτή κατάσταση ενθυμίζει αυθαίρετες κατασκευές που εγίνοντο στη χώρα μας κατά την περίοδο της δεκαετίας 1960 - 1950 και χωρίς επίβλεψη μηχανικού. Οι πολυώροφες κατασκευές (από τριώροφες και άνω) της κατηγορίας αυτής υπέστησαν σχεδόν καθολικές καταρρεύσεις, με τις πλάκες να σωρεύονται η μία επάνω στην άλλη μέσα στην κάτοψη του κτιρίου. Πολλά κατακόρυφα στοιχεία συνεθλίβησαν ή εκτοξεύτηκαν προς τα έξω. Η κατάρρευση λόγω και της έντονης κατακόρυφης σεισμικής συνιστώσας υπήρξε ακαριαία κατά την πρώτη φάση του σεισμικού κραδασμού. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι δεν υπάρχει κανονισμός σκυροδέματος ή αντισεισμικός.

- Μεταλλικές κατασκευές, πύργοι, υπόστεγα. Πολλά υπόστεγα μεγάλου ανοιγμάτων (πρατηρίων βενζίνης και αποθηκών) κατέρρευσαν ενώ πυργοειδείς κατασκευές παρέμειναν σχεδόν χωρίς βλάβη είτε στο σώμα της ανωδομής τους είτε στη θεμελίωσή τους. Το παλαιό γαλλικό μεταλλικό υπόστεγο μεγάλων διαστάσεων στην προκουαία δεν έπαθε το ίδιο δομικές βλάβες, αλλά υπέστη καθίζηση των θεμελίων του λόγω παραμόρφωσης του εδάφους με αποτέλεσμα να υποστεί κλίση από την κατακόρυφη.

Ορισμένοι τύποι κτιρίων που υπέστησαν βλάβες παρουσιάζονται στις **Εικόνες 12 – 26**.

6. ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Μελετώντας ενδελεχώς τις καταστροφές στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον της επικεντρικής περιοχής του σεισμού της Αϊτής, παρατηρήθηκαν σημαντικές ομοιότητες με τις καταστροφές από τον Ελληνικό χώρο, οι οποίες είναι:

- Οι μέγιστες βλάβες και η μορφή της κατάρρευσης στην επικεντρική περιοχή είναι παρόμοιες, ανεξάρτητα του μεγέθους του σεισμού, π.χ. Πάρνηθας 1999 $M=5,7R$, Αιγίου 1995 $M=6,4R$, Καλαμάτας 1986 $M=6,2R$, Αλκυονίδων 1981 (στην επικεντρική περιοχή) $M=6,7R$, Θεσσαλονίκης 1978 (στην επικεντρική περιοχή) $M=6,5R$, Ρίο Πατρών 1974 $M=4,2R$. Η βασική διαφορά έγκειται στο μέγεθος της επιφάνειας που εκτείνονται οι σημαντικές βλάβες-καταρρεύσεις.
- Και στις δύο περιπτώσεις οι καταρρεύσεις έγιναν μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα ($3 \div 5$) της πρώτης φάσης του σεισμού όπου η κατακόρυφη συνιστώσα είναι ιδιαιτέρως έντονη.



Εικ. 12 Τυπική κατάρρευση σύγχρονων κτιρίων με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Εικ. 13 Τυπική κατάρρευση σύγχρονων κτιρίων με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Εικ. 14 Εκτόξευση δομικών στοιχείων από διάφορα μέρη περιμετρικά του κτιρίου. Τα υαλοστάσια είναι ανέπαφα !



Εικ. 15 Τυπική κατάρρευση πολυώροφου κτιρίου με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Εικ. 16 Οι τοξωτές κατασκευές επέζησαν.



Εικ. 17 Το Προεδρικό μέγαρο.



Εικ. 18 Τυπική άποψη από δευτερεύοντα δρόμο.



Εικ. 19 Άποψη περιοχής σε κεκλιμένο έδαφος.

- Μη βλάβες σε θολοδομικές – τοξωτές κατασκευές εφ’ όσον δεν υποχωρούν οι στηρίξεις τους.

Οι μέγιστες βλάβες στην επικεντρική περιοχή πολύ μεγαλύτερες από κάθε εκτίμηση.

- Βλάβες σε πάσης φύσεως προβόλους – μεγάλα ανοίγματα.
- Εντονότατες διαφοροποιήσεις βλαβών σε πολύ μικρή απόσταση ακόμη και μεταξύ γειτονικών οικοπέδων.
- Μη ουσιαστική διαφοροποίηση των βλαβών ανάλογα με τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κατασκευών στις δύο κύριες οριζόντιες διευθύνσεις. Δεν υπάρχουν παρατηρήσεις για βλάβες οφειλόμενες σε οριζόντιες παραμορφώσεις των κατασκευών επειδή προηγείται η βλάβη – κατάρρευση από την κατακόρυφη σεισμική συνιστώσα. Η ακολουθούσα οριζόντια συνιστώσα ολοκληρώνει την καταστροφή στην επικεντρική περιοχή. Το αντίθετο συμβαίνει σε μεγαλύτερες αποστάσεις όπου εντόνως αποσβένεται ο κατακόρυφος σεισμικός κραδασμός και δεσπόζει ο οριζόντιος.
- Η ευστάθεια των κατασκευών που στηρίζεται σε φαινόμενα τριβής, από τα κατακόρυφα φορτία τους διακυβεύεται.

7. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ

Για τη διαχείριση της καταστροφής, η οποία προκλήθηκε από τον σεισμό των (Ms) 7.2 της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010, απαιτήθηκε διαφοροποίηση και προσαρμογή των ενεργειών ανταπόκρισης από τις αντίστοιχες ενέργειες και δράσεις (**ΛΕΚΚΑΣ και συν, 2007**) οι οποίες εφαρμόζονται διεθνώς σε μεγάλης κλίμακας καταστροφές και καταστάσεις σύνθετης έκτακτης ανάγκης (Complex emergencies). Στη διαχείριση καταστροφών οι οποίες απαιτούν τη συμβολή της διεθνούς κοινότητας, ο συντονισμός των ενεργειών είναι αρμοδιότητα της κυβέρνησης της πληγείσας χώρας σε συνεργασία με τους εκπροσώπους του ΟΗΕ. Ο σεισμός της Αϊτής είναι η μοναδική φυσική καταστροφή στην οποία το συντονισμό των ενεργειών διαχείρισης αναλαμβάνουν στρατιωτικές δυνάμεις άλλης χώρας ενώ προϋπάρχει ειρηνευτική και ανθρωπιστική δραστηριοποίηση και παρουσία του ΟΗΕ. Οι συνθήκες οι οποίες προϋπήρχαν της εκδήλωσης του σεισμού στην Αϊτή και συνέβαλαν στην ανάπτυξη κατάστασης σύνθετης έκτακτης ανάγκης είναι οι ακόλουθες:

- Έλλειψη λειτουργικών διοικητικών δομών, ως αποτέλεσμα της πολύχρονης πολιτικής αστάθειας με συχνή εναλλαγή κυβερνήσεων, των κοινωνικών αναταραχών και της διαφθοράς και αναποτελεσματικότητας των διοικητικών αρχών.



Εικ. 20 Τυπική βλάβη κτιρίων κατοικιών.



Εικ. 21 Τυπική βλάβη κτιρίων κατοικιών.



Εικ. 22 Κατάρρευση μέσα στην κάτοψη του.



Εικ. 23 Τυπική βλάβη κτιρίων κατοικιών.



Εικ. 23 Το ξενοδοχείο Montana μετά το σεισμό. Διακρίνονται διασώστες.



Εικ. 24 Ο τρούλος του μητροπολιτικού ναού κατέρρευσε μέσα στην κάτοψη του.



Εικ. 25 Άποψη από κτίρια των Η. Εθνών που κατέρρευσαν.



Εικ. 26 Κατολίσθηση πρανούς με κτίρια στα ανάντη.

- Πολύ κακή οικονομία της χώρας με ΑΕΠ της τάξης των 11,6 δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως, η οποία την κατατάσσει στις φτωχές χώρες με ανύπαρκτους πόρους, τόσο για δαπάνες στην πρόληψη των καταστροφών όσο και για λειτουργικές και ασφαλείς υποδομές στους τομείς της ενέργειας, των μεταφορών, της υγείας και της παιδείας.
- Απουσία υποτυπώδους χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού και ειδικότερα, έλλειψη σχεδίων χρήσεων γης, πολεοδομικά σχέδια και κανονισμοί ασφαλούς ανοικοδόμησης με αποτέλεσμα να παρατηρείται άναρχος πυκνός πολεοδομικός ιστός σε περιοχές με αυξημένη επικινδυνότητα και τρωτότητα στους φυσικούς κινδύνους.
- Απουσία σχεδιασμού για ενέργειες διαχείρισης καταστροφών σε όλα τα στάδια προ-καταστροφικό, συν-καταστροφικό και μετα-καταστροφικό. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα όχι μόνο να μην υπάρχει ο κατάλληλος μηχανολογικός εξοπλισμός (γερανοί, γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος, προβολείς, μηχανικοί γρύλλοι, ανυψωτήρες, κ.τ.λ.), αλλά ούτε να ενεργοποιηθούν ιδιωτικές κατασκευαστικές εταιρείες που διαθέτουν τέτοιου είδους εξοπλισμό. Επίσης, δεν αναλήφθηκε η οποιαδήποτε πρωτοβουλία για ενημέρωση και ψυχολογική στήριξη των πληγέντων (περί τα 3εκ.) που βρέθηκαν κυριολεκτικά στο δρόμο.
- Δυσμενείς οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες με χαμηλό επίπεδο μόρφωσης του πληθυσμού, έλλειψη αγαθών πρώτης ανάγκης, αυξημένη εγκληματικότητα και μεγάλη πληθυσμιακή συγκέντρωση σε συγκεκριμένες περιοχές.
- Οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά την αμέσως μετα-καταστροφική περίοδο ήταν θετικές μεν για τους άστεγους και απροστάτευτους εκτεθειμένους στη φύση πολίτες, (28 έως 30°C), αρνητικές όμως λόγω ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη ασθενειών, τον πολλαπλασιασμό των ερπετών κ.λπ.

Με την εκδήλωση του σεισμού οι προϋπάρχουσες συνθήκες διαμόρφωσαν μία κατάσταση σύνθετης έκτακτης ανάγκης με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Φυσική και λειτουργική κατάρρευση του διοικητικού συστήματος για την διαχείριση της έκτακτης ανάγκης. Η καταστροφή των δημόσιων κτιρίων, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την κατάρρευση του Προεδρικού μεγάρου, οι απώλειες κυβερνητικών στελεχών και η καταστροφή των υποδομών και του εξοπλισμού του μηχανισμού ανταπόκρισης κατέστησαν αναποτελεσματική τη διαδικασία άμεσης αντιμετώπισης.
- Κατάρρευση του κτιρίου του Ο.Η.Ε. με απώλεια μεγάλου αριθμού στελεχών του και καταστροφή του υπάρχοντος εξοπλισμού. Οι επιπτώσεις αυτές κατέστησαν αδύνατη την άμεση συμμετοχή και δραστηριοποίηση των διεθνών φορέων, οι

οποίοι είχαν πριν το σεισμό παρουσία και ενεργή συμμετοχή στην ομαλή λειτουργία του κράτους και σε ανθρωπιστικές και αναπτυξιακές αποστολές.

- Καταστροφή των υποδομών μεταφοράς και των γραμμών εισόδου στη χώρα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η πρόσβαση τις πρώτες κρίσιμες ώρες και ημέρες. Ειδικότερα το διεθνές αεροδρόμιο ετέθη εκτός λειτουργίας εξαιτίας σημαντικών βλαβών στο κεντρικό κτίριο και τον πύργο ελέγχου. Την επαναλειτουργία και τον επιχειρησιακό έλεγχο του αεροδρομίου ανέλαβαν από τις 15 Ιανουαρίου στρατιωτικές δυνάμεις των ΗΠΑ οι οποίες επέτρεπαν τη χρησιμοποίησή του μόνο από αμερικανικά στρατιωτικά αεροπλάνα. Το λιμάνι του Port-au-Prince υπέστη σημαντικές βλάβες από φαινόμενα ρευστοποιήσεων και πλευρικών παραμορφώσεων, καθιστώντας ιδιαίτερα επικίνδυνη την προσέγγιση πλωτών μέσων για τον ανεφοδιασμό της χώρας και την παροχή της διεθνούς ιατρικής και ανθρωπιστικής βοήθειας. Όπως μας αναφέρθηκε από βατραχανθρώπους που διερεύνησαν την προκυμαία, το ωφέλιμο βάθος από τον κρηπιδότοιχο ήταν περί το 1,60m, ενώ κάτω απ' αυτό υπήρχε θεμέλιο από σπλισμένο σκυρόδεμα. Περιορισμένη χρήση του λιμανιού έγινε μετά τις 22 Ιανουαρίου, 10 ημέρες δηλαδή μετά το σεισμικό γεγονός. Επίσης η οδική σύνδεση της χώρας με τον Άγιο Δομίνικο, ο οποίος διέθετε λειτουργικά αεροδρόμια και λιμάνια, διακόπηκε τις δύο πρώτες ημέρες εξαιτίας των σοβαρών ζημιών στα κτίρια των συνοριακών φυλακίων δύο χωρών από τη διέλευση της ρηξιγενούς ζώνης Enriquillo-Plantain Garden. Ο οδικός άξονας στη συνοριακή περιοχή καταστράφηκε για απόσταση περίπου 2km εξαιτίας της κάλυψής του από τα νερά των παρακείμενων λιμνών και επαναλειτούργησε μετά από πρόχειρη αποκατάσταση με επιχωμάτωση από αποσαθρωμένα υλικά ανθρακικών σχηματισμών (χονδρόκοκκο αμμοχάλικο) τα οποία δομούν τα πρανή της περιοχής.
- Μεγάλος αριθμός θέσεων για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, αυξημένες ανάγκες σε ιατροφαρμακευτικό υλικό με πολύ μεγάλο αριθμό τραυματιών δημιουργώντας συνθήκες υπερφόρτωσης των ελάχιστων λειτουργικών μονάδων υγείας.
- Αυξημένες ανάγκες σε πόσιμο νερό, τρόφιμα και καταυλισμούς για τη στέγαση του πληθυσμού οι οποίες προκάλεσαν συνθήκες λιμού.
- Ανεπάρκεια στη διαχείριση των πτωμάτων, η συλλογή των οποίων ήταν αργή, δεν υπήρχε διαδικασία αναγνώρισης και παρέμεναν αρκετές ημέρες εκτεθειμένα στην πληγείσα περιοχή μέχρι να ενταφιαστούν ομαδικά.
- Πλήρης έλλειψη συνθηκών υγιεινής και ανεπάρκεια των υποδομών υγείας να ανταποκριθούν στην αυξημένη ζήτηση υπηρεσιών υγείας.

- Έλλειψη συντονισμού των ενεργειών με αποτέλεσμα τη συσσώρευση της ανθρωπιστικής βοήθειας στο αεροδρόμιο του Port-au-Prince και την καθυστέρηση των διεθνών αποστολών να αναπτύξουν δράσεις.
- Κοινωνικές αναταραχές με αύξηση της εγκληματικότητας, η οποία εκδηλώθηκε με ληλασίες, κλοπές, πυροβολισμούς, δολοφονικές επιθέσεις, εμπρησμούς, απαγωγές ανηλίκων και επιθέσεις στις ομάδες έρευνας και διάσωσης και τις ανθρωπιστικές αποστολές.

Οι συνθήκες αυτές κατέστησαν δύσκολη έως αδύνατη την άμεση πρόσβαση και συμμετοχή των φορέων της διεθνούς κοινότητας στη διαχείριση της καταστροφής, με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό να είναι ιδιαίτερα δυσμενείς. Σχετική ομαλοποίηση της κατάστασης και συντονισμός των απαιτούμενων ενεργειών επιτεύχθηκε μετά τις 27 Ιανουαρίου όταν τα μέλη του ΟΗΕ και οι στρατιωτικές δυνάμεις των Η.Π.Α. κατέστησαν ικανή τη διανομή της ανθρωπιστικής βοήθειας σε μεγάλο τμήμα του πληθυσμού. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι ανάγκες των πολιτών συνεχώς αυξάνονται, περισσότερο από την προσφερόμενη στο πεδίο βοήθεια.

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ PORT-AU-PRINCE ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΥ ΤΗΣ ΧΩΡΟΥ.

Η φυσική αυτή καταστροφή θα μπορούσε να παραμείνει στην ιστορία ως «**φυσική καταστροφή λόγω ανθρωπογενών αιτιών**».

Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν μπορεί να ισχύσει ο γενικώς αποδεκτός και εφαρμοσμένος στόχος της “επανάδου στην προ του σεισμού κατάσταση” διότι αυτή η κατάσταση απεδείχθη ότι είναι επικίνδυνη. Θα πρέπει να γίνει ένας απολύτως νέος σχεδιασμός ώστε να μειωθούν τόσο οι πρωτογενείς όσο και οι δευτερογενείς δυσμενείς επιπτώσεις από φυσικές καταστροφές.

- Γεωλογική – Γεωτεχνική διερεύνηση της ποιότητας του εδάφους και μικροζωνική μελέτη της περιοχής. Από αυτή την έρευνα θα προκύψουν τα βασικά χαρακτηριστικά του εδάφους θεμελίωσης και χρήσης γης.
- Πολεοδομικός αντισεισμικός σχεδιασμός της περιοχής σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας. Τοποθέτηση κρίσιμων εγκαταστάσεων.
- Κατάρτιση και θέση σε ισχύ κτιριοδομικών και συναφών κανονισμών (αντισεισμικού, σκυροδέματος κ.λπ.)
- Προς το παρόν θα πρέπει να επιβληθεί χωρίς οποιαδήποτε ανοχή η απαγόρευση ανοικοδόμησης – έστω και πρόχειρης – όπως ήδη παρατηρήθηκε ότι γίνεται από

τις πρώτες μέρες μετά το σεισμό. Αυτή η αυθαίρετη ανοικοδόμηση που βρίσκεται σήμερα σε εξέλιξη θα δυσχεράνει την μελλοντική ανοικοδόμηση.

- Κατασκευή των δικτύων και υποδομών, ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων, κρίσιμων εγκαταστάσεων (νοσοκομείων, διοικητικών κτιρίων, πυροσβεστικών σταθμών κ.τ.τ.) και έκδοση αδειών προς ανοικοδόμηση.

Ενδεχομένως τα βασικά, ιστορικά κτίρια της πόλης, θα πρέπει να ανακατασκευαστούν πάνω σε ισχυρές βάσεις, χρησιμοποιώντας σύγχρονα υλικά και τεχνολογία με αντισεισμικές προδιαγραφές αλλά διατηρώντας τα ίδια μορφολογικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία.

Μέχρις ότου γίνουν αυτά θα πρέπει να γίνει και ο απαραίτητος αναδασμός ιδιοκτησιών γης. Οι ανάγκες των πολιτών με την πάροδο του χρόνου πολλαπλασιάζονται όπως και τα προβλήματα για λήψη των πλέον ενδεικνυόμενων μέτρων τα οποία θα στοχεύουν τόσο στην αιεφόρο ανάπτυξη της περιοχής όσο και στην προστασία από μελλοντικές φυσικές καταστροφές.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

CALAIS, E. (2007). Measures GPS en Haiti. Application a l'Alea Sismique. Rapport d' Etape-Juin 2007, p.14, Purdue University

CALAIS, E. (2010). Scientific information on the Mw7.0, January 12, 2010 earthquake in Haiti and its geophysical context. <http://web.ics.purdue.edu/~ecalais/haiti/>

CARYDIS, P. (2002). The vertical seismic component "THE COLUMBUS' EGG IN EARTHQUAKE ENGINEERING", 12th European Conference on Earthquake Engineering paper No 868, Elsevier Science Ltd.

DEMETS, C., P. E. JANSMA, G. S. MATTIOLI, T. H. DIXON, F. FARINA, R. BILHAM, E. CALAIS, and P. MANN, (2000). GPS geodetic constraints on Caribbean-North America plate motion, Geophys.Res. Lett., 27, 437-440, 2000.

DOLAN, J.F., & WALD, D.J. (1998). The 1943–1953 north-central Caribbean earthquakes: Active tectonic setting, seismic hazards, and implications for Caribbean–North America plate motions, in Dolan, J.F., and Mann, P., eds., Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 326.

IHSI (2010). Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique. Présentation Générale des Résultats: Bâtiment. http://www.ihsi.ht/rgph_resultat_ensemble_b.htm

ΚΑΡΥΔΗΣ, Π. (1999). "Τεχνική Σεισμολογία – Απλές Αντισεισμικές Κατασκευές" σελ. 175.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΠΑΡΧΑΡΙΔΗΣ, Ι., ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ, Ε., ΦΟΥΜΕΛΗΣ, Μ. (2007). Διαχείριση Συν-καταστροφικού Σταδίου σε Παγκόσμιας Κλίμακας Φυσικές Καταστροφές σε Χώρες του Τρίτου Κόσμου: Ο Σεισμός $M=9.2R$ της 26ης Δεκεμβρίου 2004 στον Ινδικό Ωκεανό και ο Σεισμός $M=7.6R$ της 8ης Οκτωβρίου 2005 στο Βόρειο Πακιστάν. 8ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Ελληνική Γεωγραφική Εταιρεία, Αθήνα.

MANAKER, D.M. et al. (2008). Interseismic plate coupling and strain partitioning in the northeastern Caribbean. *Geophysical J. International*, 174, 889-903. http://www.jsg.utexas.edu/news/pdfs/011310/Manaker_etal_GJI_2008_opt.pdf

RISK MANAGEMENT SOLUTIONS FAQ (2010). 2010 Haiti Earthquake and Caribbean Earthquake Risk

SLADEN. A. (2010). Preliminary Result 12/01/2010 (M_w 7.0), Haiti, http://www.tectonics.caltech.edu/slip_history/2010_haiti/

UN-HABITAT (2009). Strategic citywide spatial planning: A situational analysis of metropolitan Port-au-Prince, Haiti. United Nations Human Settlement Programme, Nairobi: Kenya. 84pp.

UNOSAT (2010). UNOSAT involvement in Haiti earthquake response (Mon, 18 Jan 2010). <http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/UNOSAT-EQ-201001-HTI.asp>

USGS ShakeMap (2010). U.S. Geological Survey Earthquake Hazards Program: Shakemapus2010rja6. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/global/shake/2010rja6/>



EARTHQUAKE 7.2R

HAITI

12 JANUARY 2010

