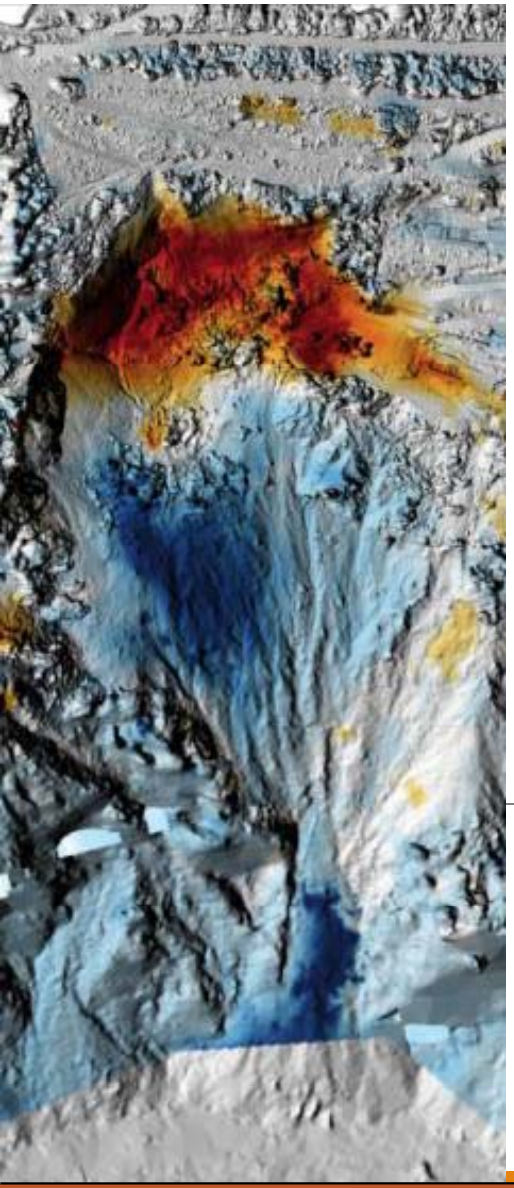


Εφαρμογές φωτογραμμετρίας στην αξιολόγηση τεχνικογεωλογικών αστοχιών προκαλούμενων από σεισμικές δονήσεις: παραδείγματα από τον ελληνικό χώρο

ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΓΙΩΡΓΟς

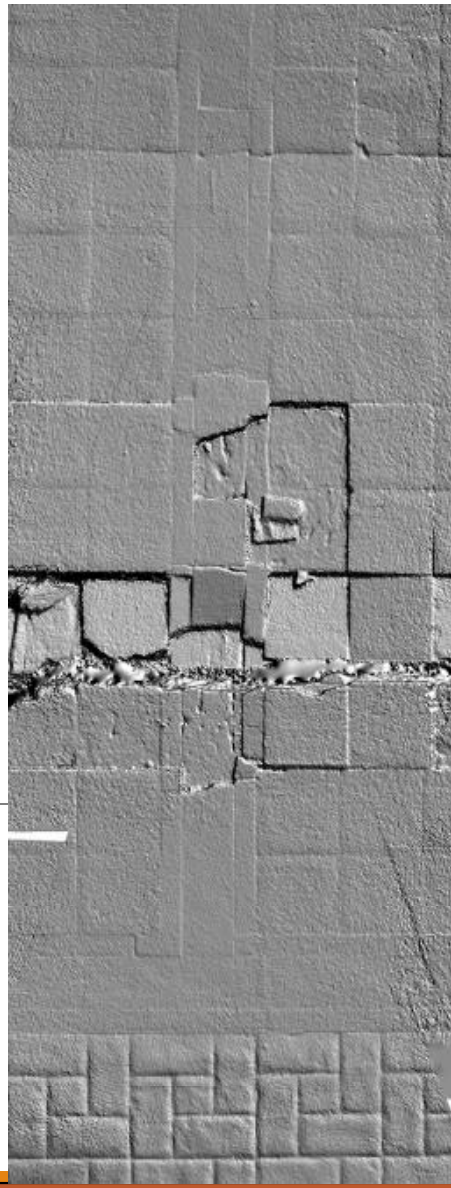
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΒΑΛΚΑΝΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ

ΓΚΑΝΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ, ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



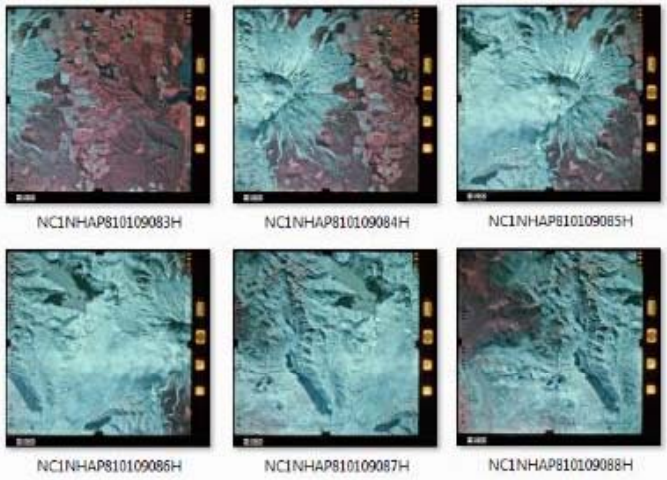
περιεχόμενα

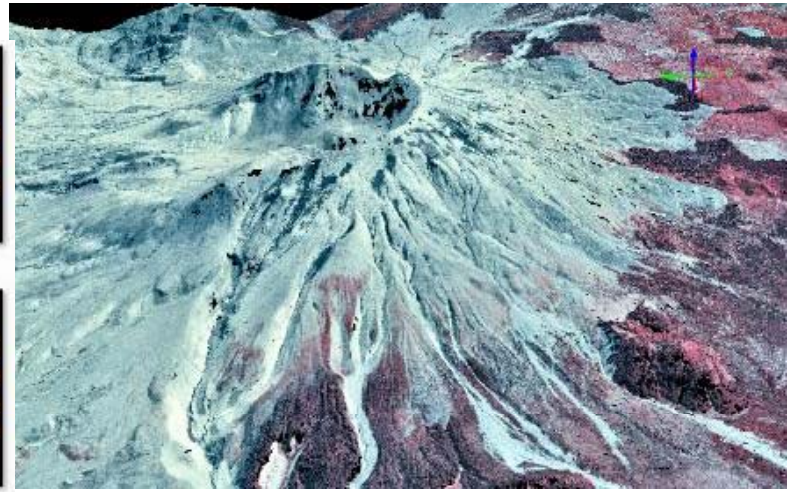
- Γενικά στοιχεία φωτογραμμετρίας
- Εφαρμογές
- Λευκάδα / Ωκεανός
- Κως

Structure-from-Motion photogrammetry applications

Aerial
(stereo imagery)

Mt St Helens 1981 68M point cloud
Reconstructed from 1:50.000 NASA/USGS Stereo aerial imagery

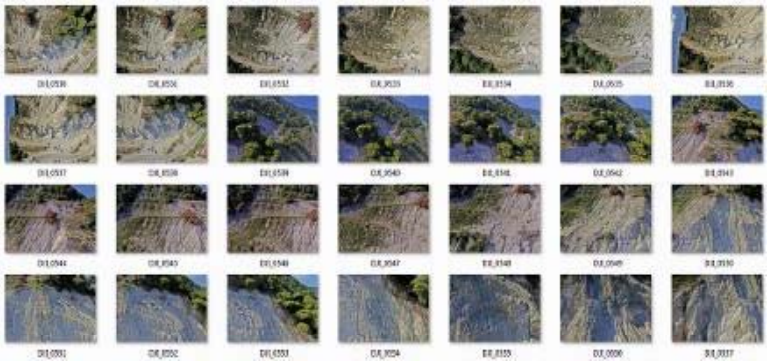




Aerial (UAV)

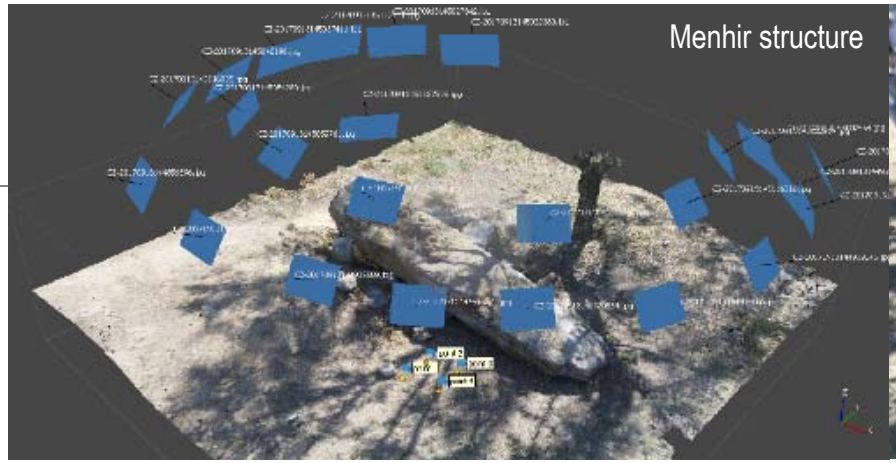
Tsoukalades
Lefkada
Post-2015 EQ

DJI Phantom 3



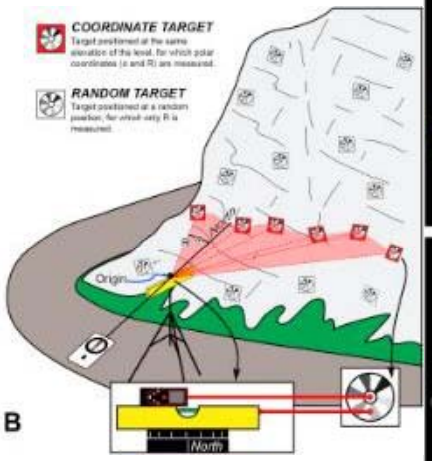
Structure-from-Motion photogrammetry applications

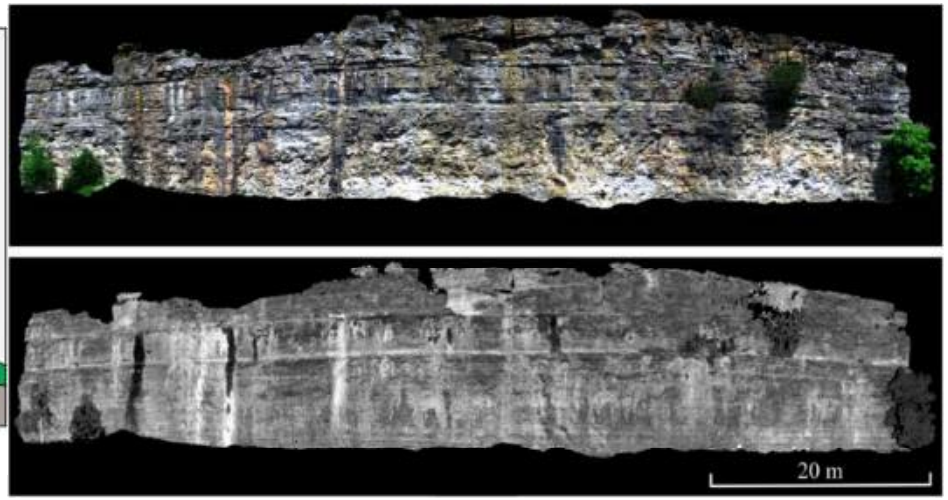
Terrestrial
(mobile phone)



Terrestrial
(digital camera)

Geological
Outcrop





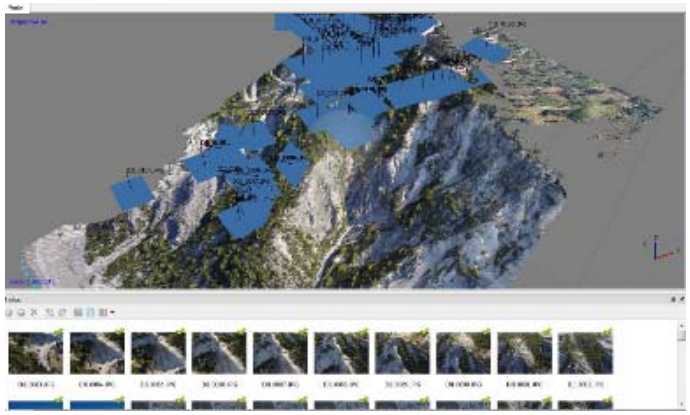
Επεξεργασία φωτογραμμετρικών δεδομένων

Structure from Motion
Dense Image Matching

1. Διόρθωση πρωτογενών εικόνων
2. Ταύτιση και προσανατολισμός
3. Εισαγωγή σημείων ελέγχου (Ground Control Points)
4. Εξαγωγή νέφους σημείων (point cloud)
5. Παραγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας (DSM) και ορθοφωτοχάρτη

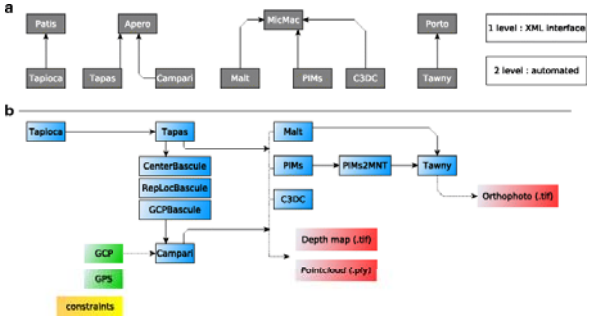
Agisoft Photoscan (Metashape)

1. Δημοφιλές εμπορικό λογισμικό
2. Ευκολία στη χρήση - υψηλής ποιότητας προϊόντα
3. Συμβατό με τα περισσότερα εμπορικά UAV
4. Δυνατότητα επεξεργασίας επίγειων και εναέριων εικόνων
5. Περιορισμένη δυνατότητα επέμβασης στο στάδιο επεξεργασίας

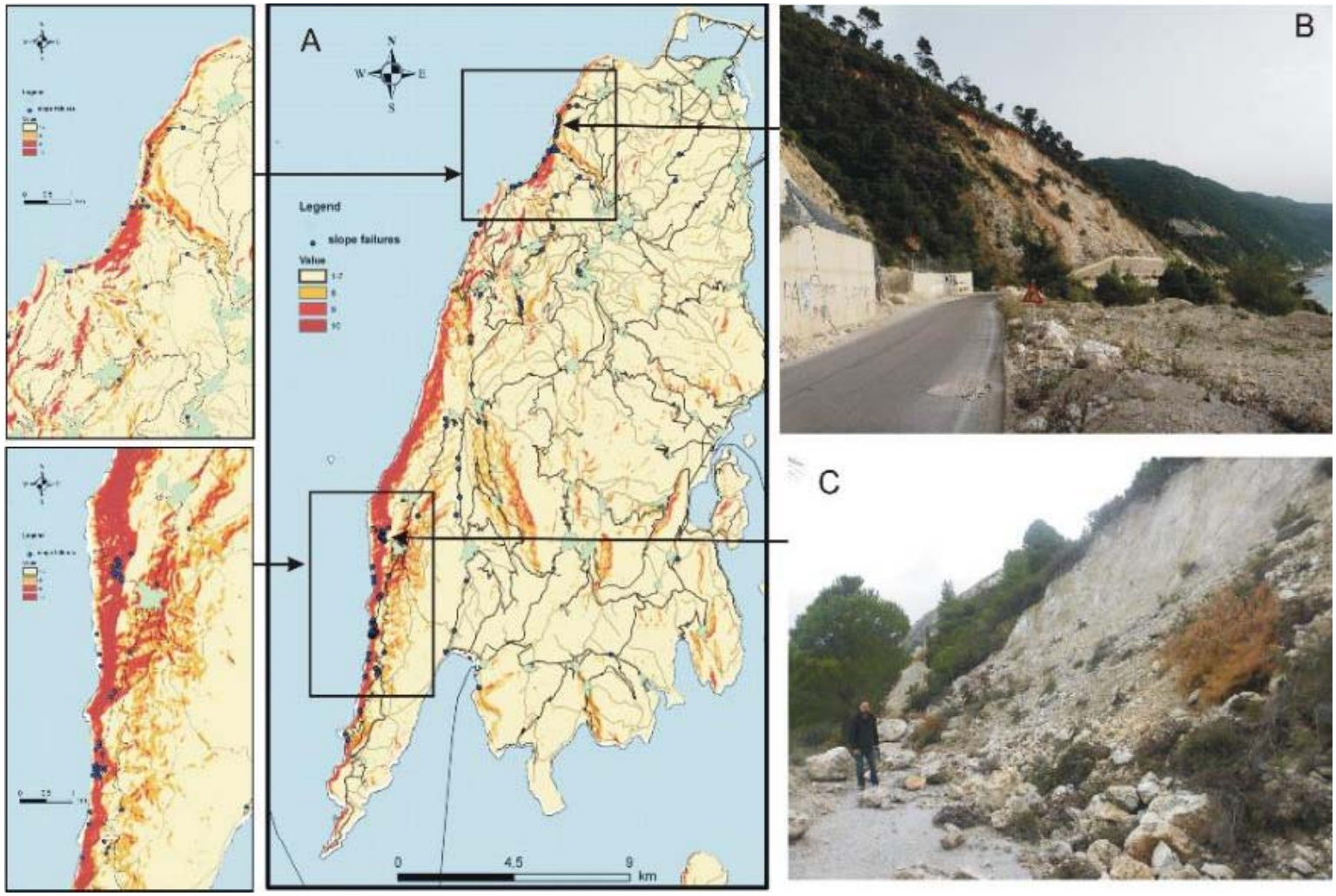


MicMac

1. Λογισμικό και συλλογή κώδικα φωτογραμμετρίας
2. **Open Source Free Software**
3. Συνεχής ανάπτυξη και υποστήριξη από πληθώρα ινστιτούτων και φορέων (IGN, CNES, CNRS, ENSR, IPGP, C3DC κ.α.)
4. Πλούσια βιβλιοθήκη για εφαρμογές από επίγειες φωτογραφίες έως δορυφορικά δεδομένα
5. Προχωρημένες δυνατότητες (χρήση GNSS ακριβείας, θερμική παραμόρφωση, οπτικές παραμορφώσεις)
6. Αρθρωτή αρχιτεκτονική (modular architecture) – δυνατότητα προσαρμογής κάθε σταδίου επεξεργασίας



Λευκάδα 2003 - 2015



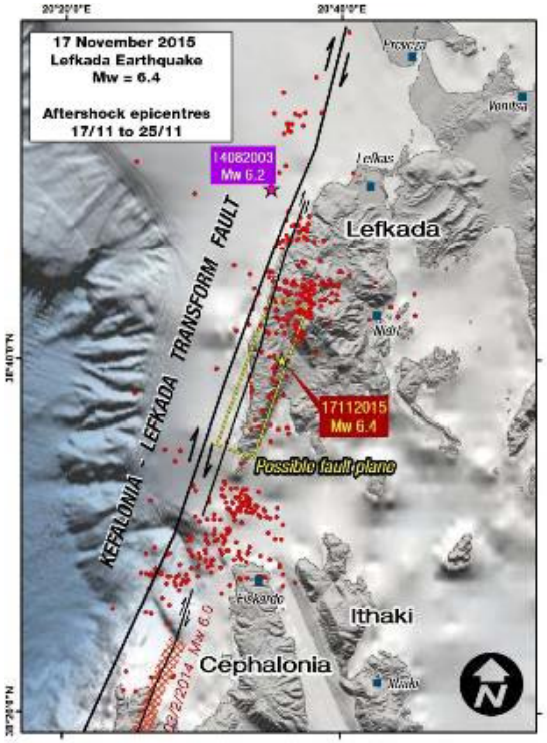
Papathanassiou et al., 201

Φωτογραμμετρία και αξιολόγηση τεχνικογεωλογικών αστοχιών

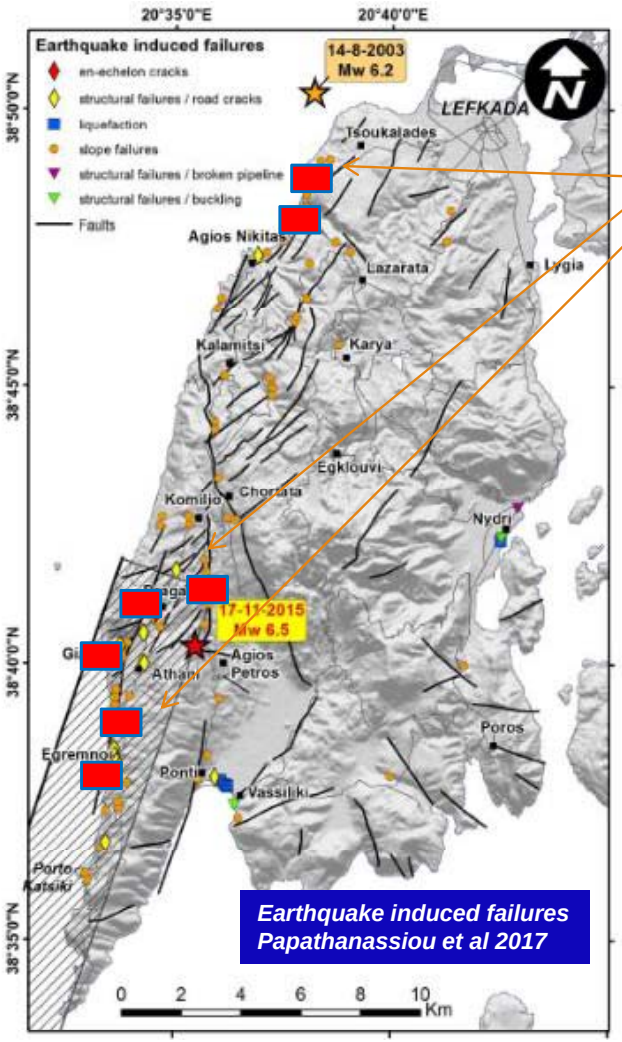
Λευκάδα 2015

- 17 Νοεμβρίου, 2015 07:10 GMT (09:10 local time) Mw 6.4
- Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών 38.665N - 20.600 E /depth on 10.7km
- Σεισμολογικός σταθμός ΑΠΘ

38.669ºN, 20.535ºE / depth on 10km



UAV - Survey



UAV survey sites

Earthquake induced failures
Papathanassiou et al 2017

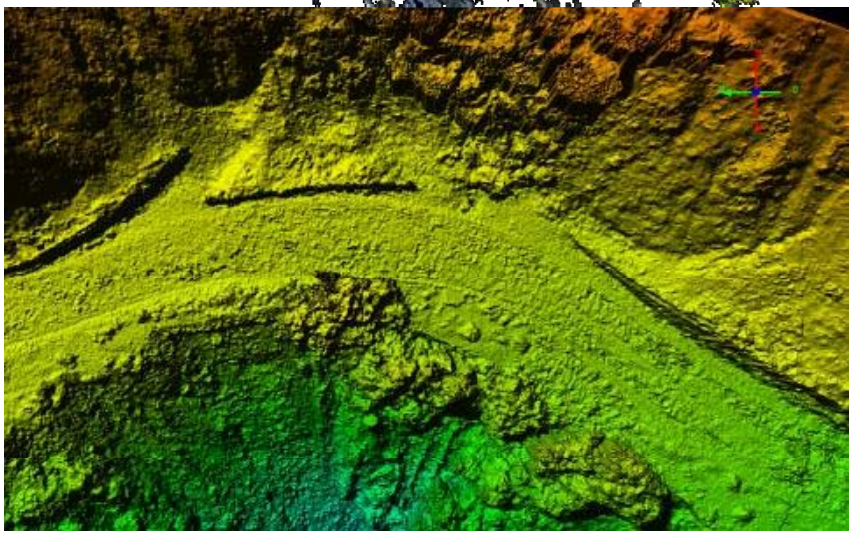
Τεχνικογεωλογικές αστοχίες

- Κυρίαρχος τύπος αστοχιών ήταν οι καταπτώσεις βράχων οι οποίες καταγράφηκαν στο δυτικό τμήμα του νησιού
- Επιφανειακές και βαθιές κατολισθήσεις σχετίζονται έντονα με υπάρχουσες τεκτονικές επιφάνειες

DJI Phantom 3

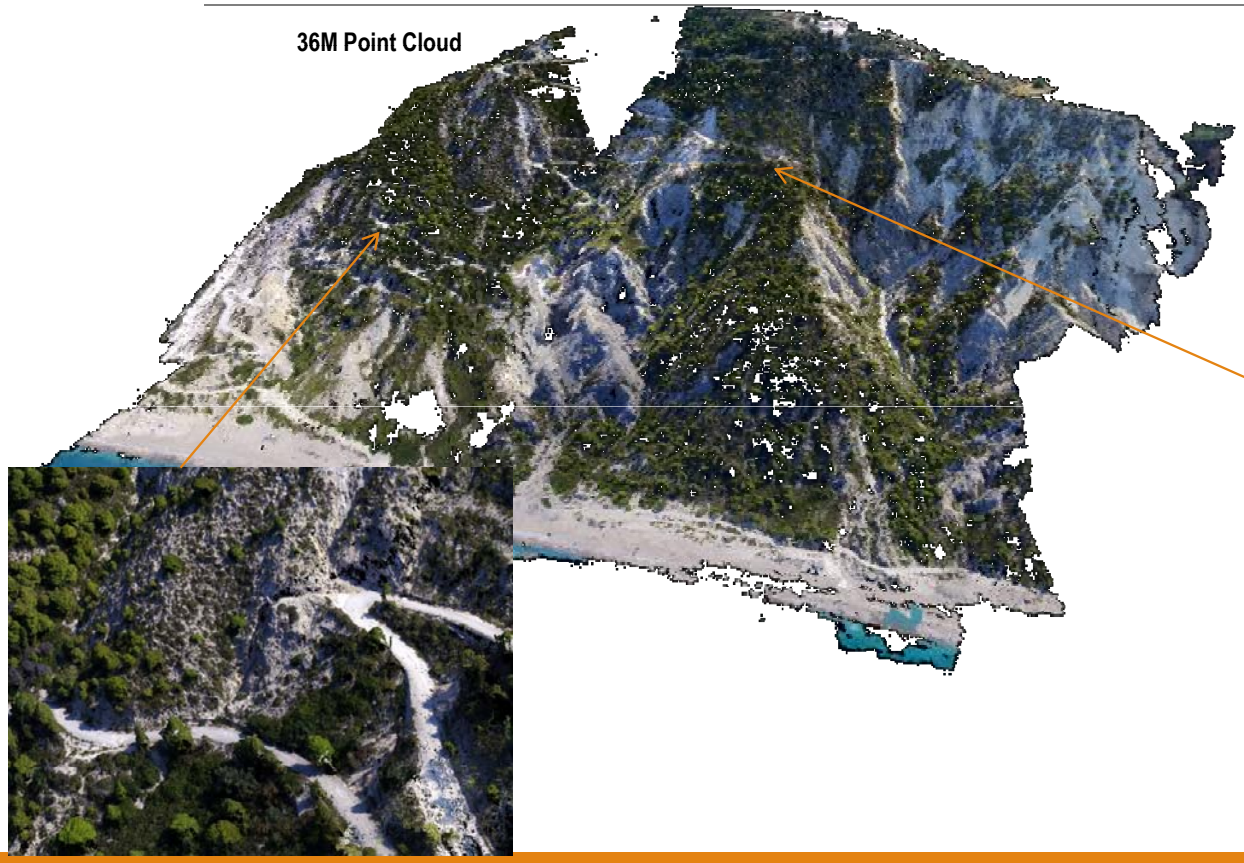
Δρόμος Τσουκαλάδες-Αγ.Νικήτας

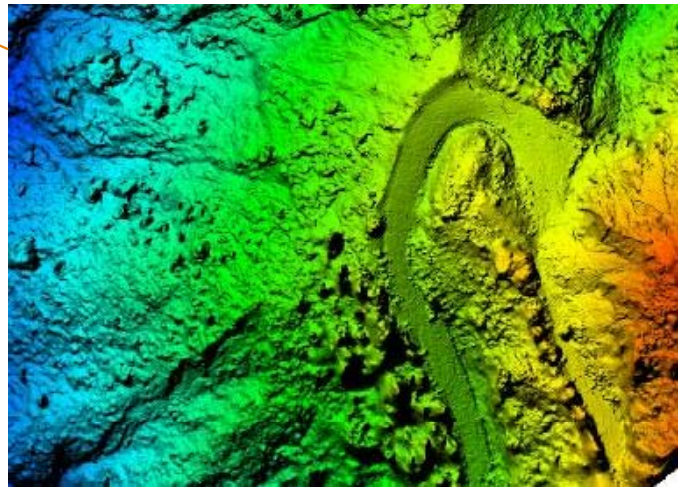
1. Κατολισθήσεις και βραχοπτώσεις κατά μήκος πρανών του οδικού δικτύου
2. Επανεργοποιήση κατολισθήσεων του 2003



Παραλία Γιαλός

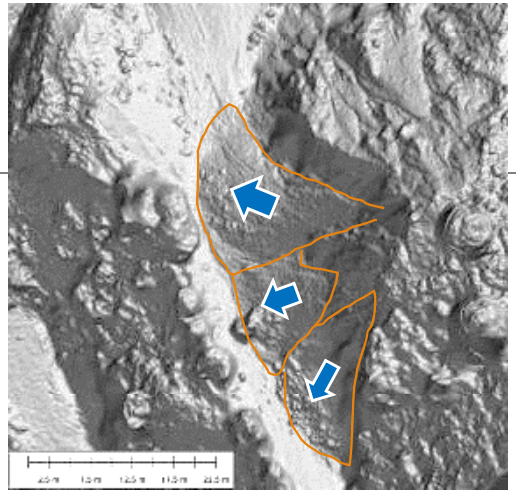
1. Δημοφιλής τουριστική παραλία
2. Εκτεταμένες κατολισθήσεις και βραχοπτώσεις στο δυτικό πρανές της ακτής
3. Κλείσιμο της οδού πρόσβασης προς την παραλία σε πολλαπλά σημεία



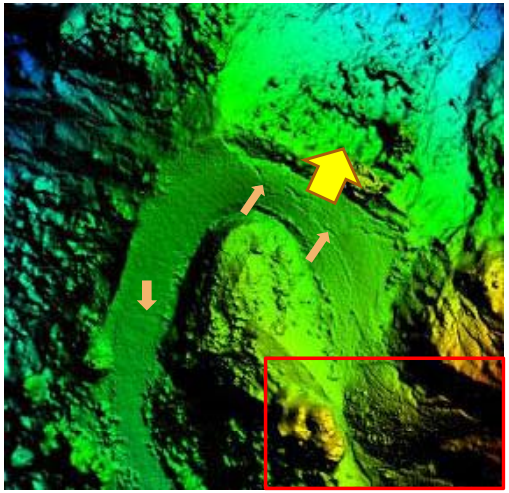


Λεπτομερής αποτύπωση συν-σεισμικών βλαβών (ρωγμές, καταπτώσεις, ολισθήσεις) με τη χρήση ψηφιακού μοντέλου επιφανείας, σκιασμένου αναγλύφου και point cloud

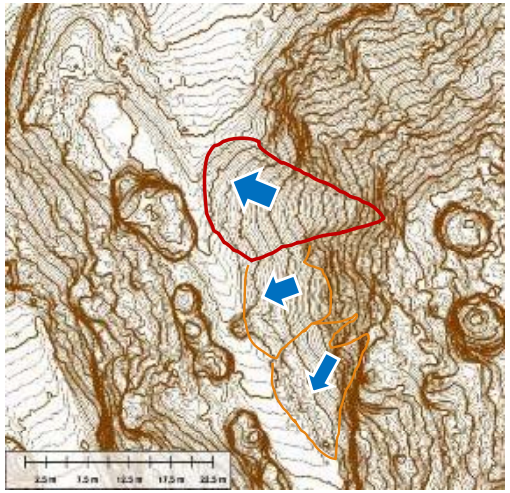
Ortho



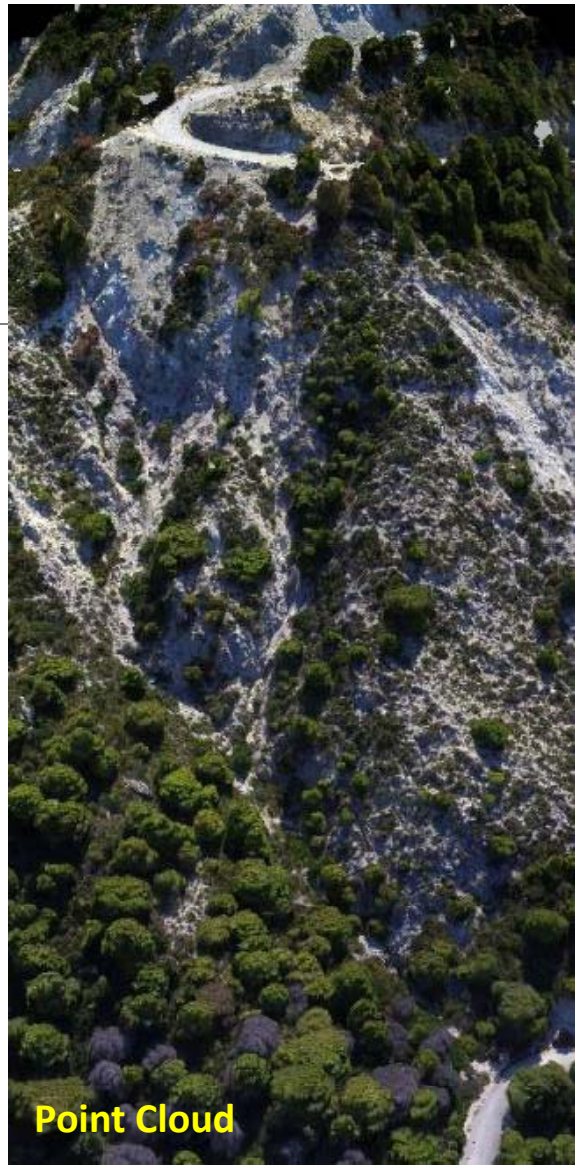
DSM



DSM



Contours 20cm



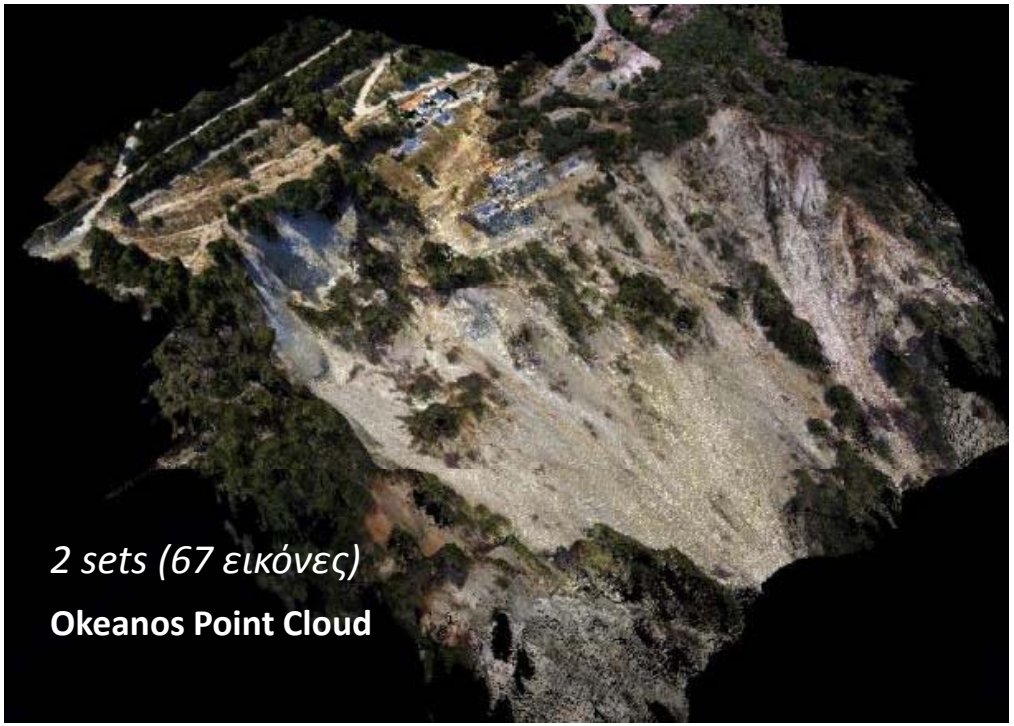
Okeanos Site – Γεωμορφολογική εξέλιξη 1945-2017

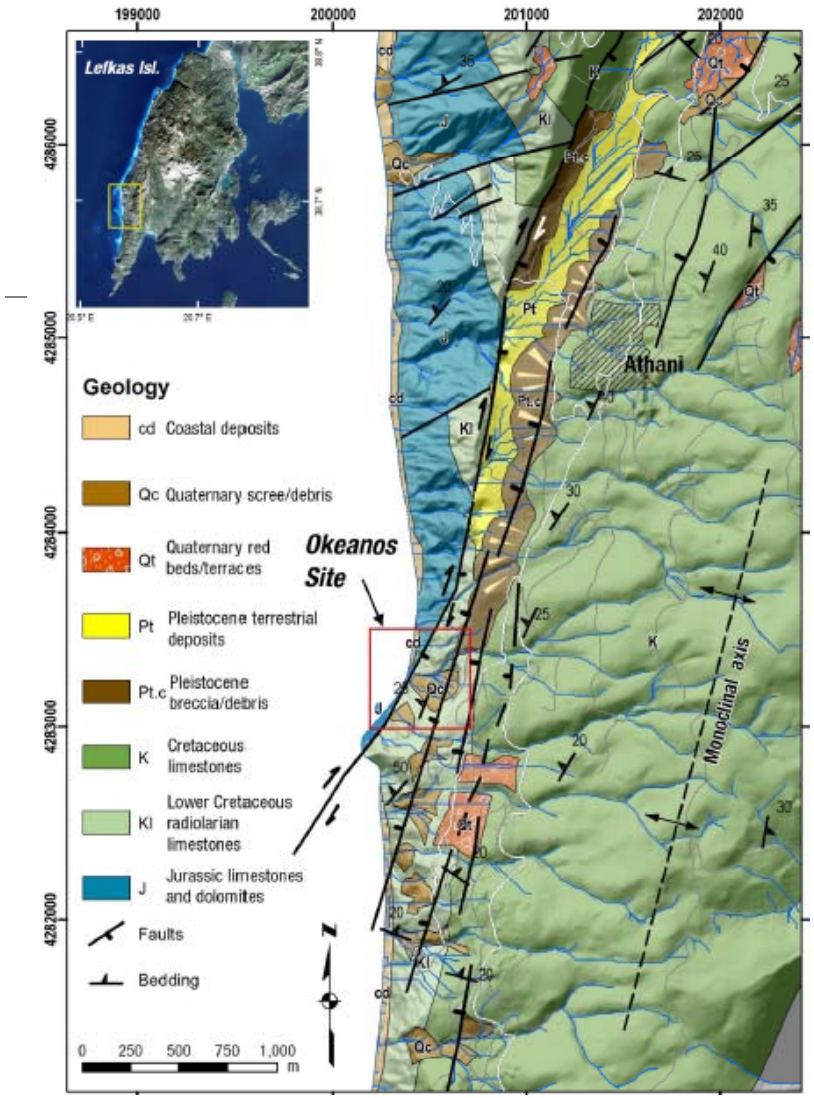
Κατολίσθηση στην περιοχή Okeanos Luxury Villas complex

-Αστοχίες στις κτηριακές εγκαταστάσεις και στο τοπικό οδικό δίκτυο

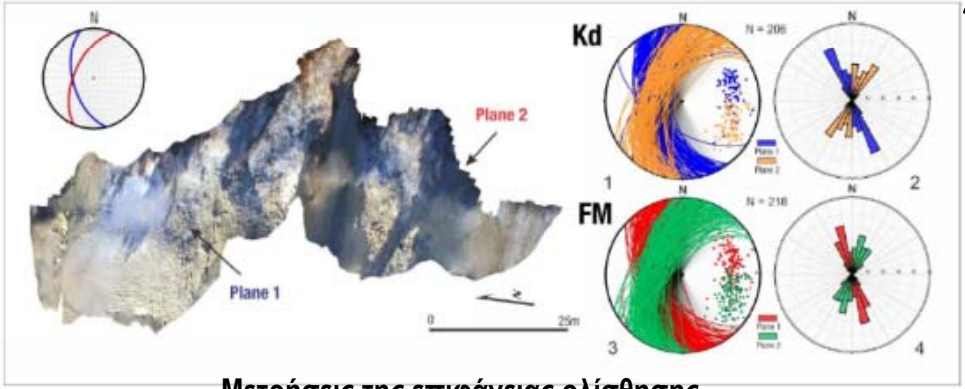
βαθιές κατολισθήσεις σχετίζονται έντονα με υπάρχουσες τεκτονικές επιφάνειες

- νοτιοδυτικό άκρο του ρήγματος Δράγανου
- Συνολική επιφάνεια ολίσθησης 53420 m^2 σε πραγματική/3D επιφάνεια
- Η κύρια επιφάνεια ολίσθησης προκάλεσε μια οπισθοχώρηση του πρανούς κατά 45-50m προς ανατολικά. Η κατολίσθηση αφαίρεσε ένα δασωμένο τμήμα του πρανούς καθώς και τμήμα ενός χωματόδρομου
- Δευτερογενείς ολισθήσεις προκάλεσαν βλάβες και υποσκαφές στο εσωτερικό του τουριστικού συγκροτήματος

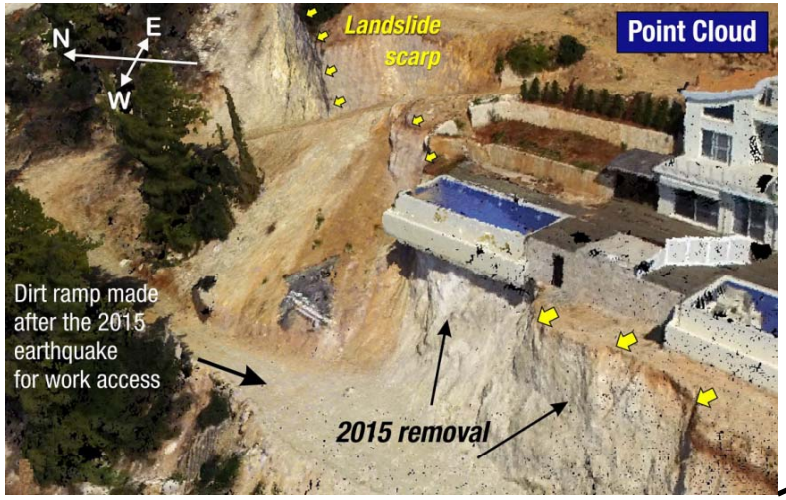


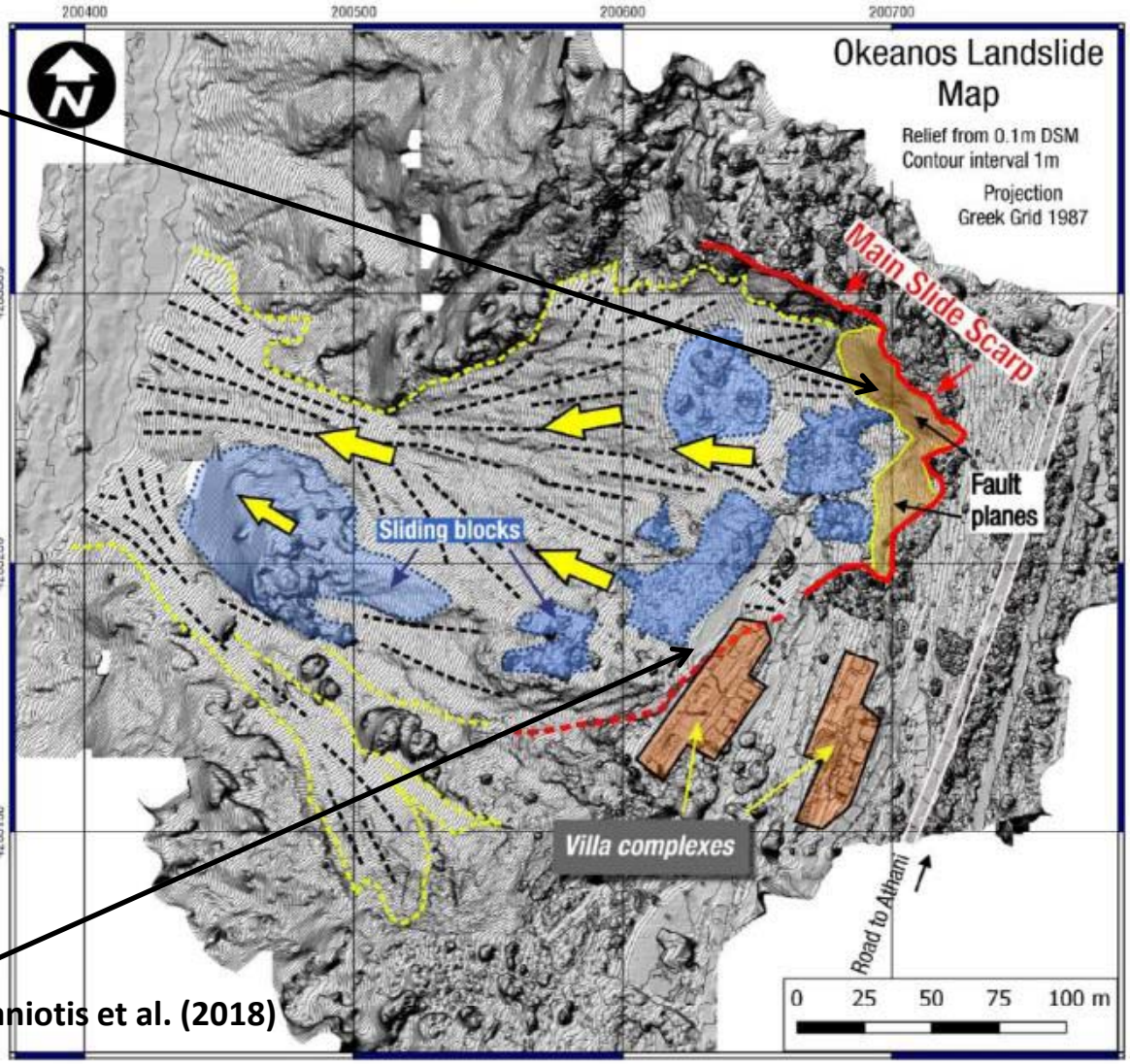


Κατολίσθηση Ωκεανού – Αποτύπωση και Ανάλυση



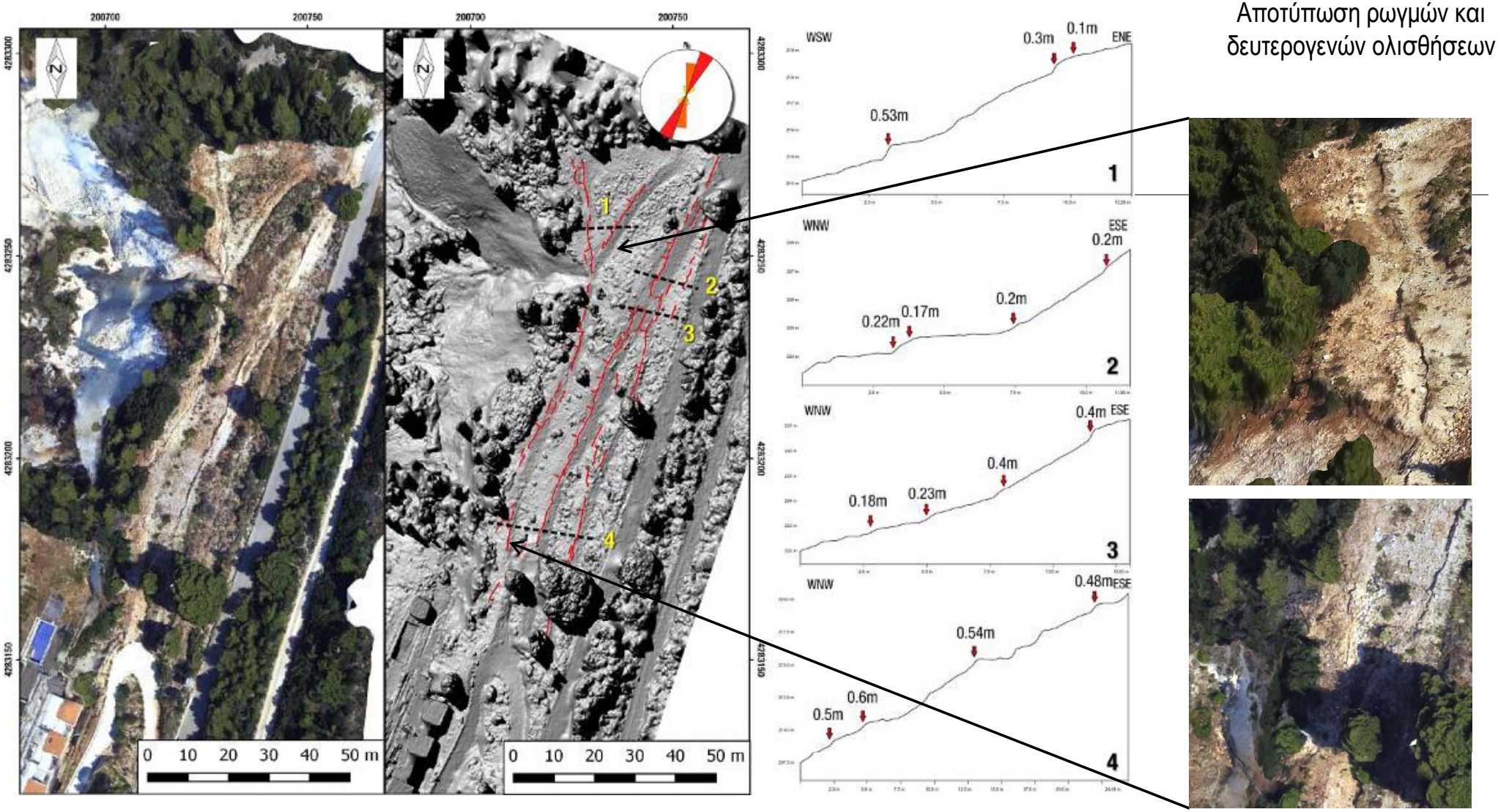
Μετρήσεις της επιφάνειας ολίσθησης





Valkaniotis et al. (2018)

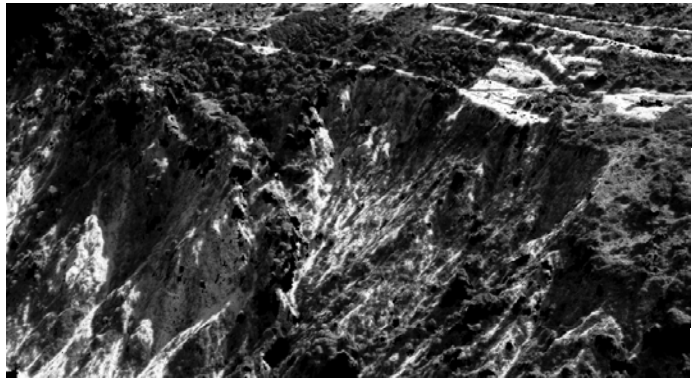
Αποτύπωση ρωγμών και δευτερογενών ολισθήσεων

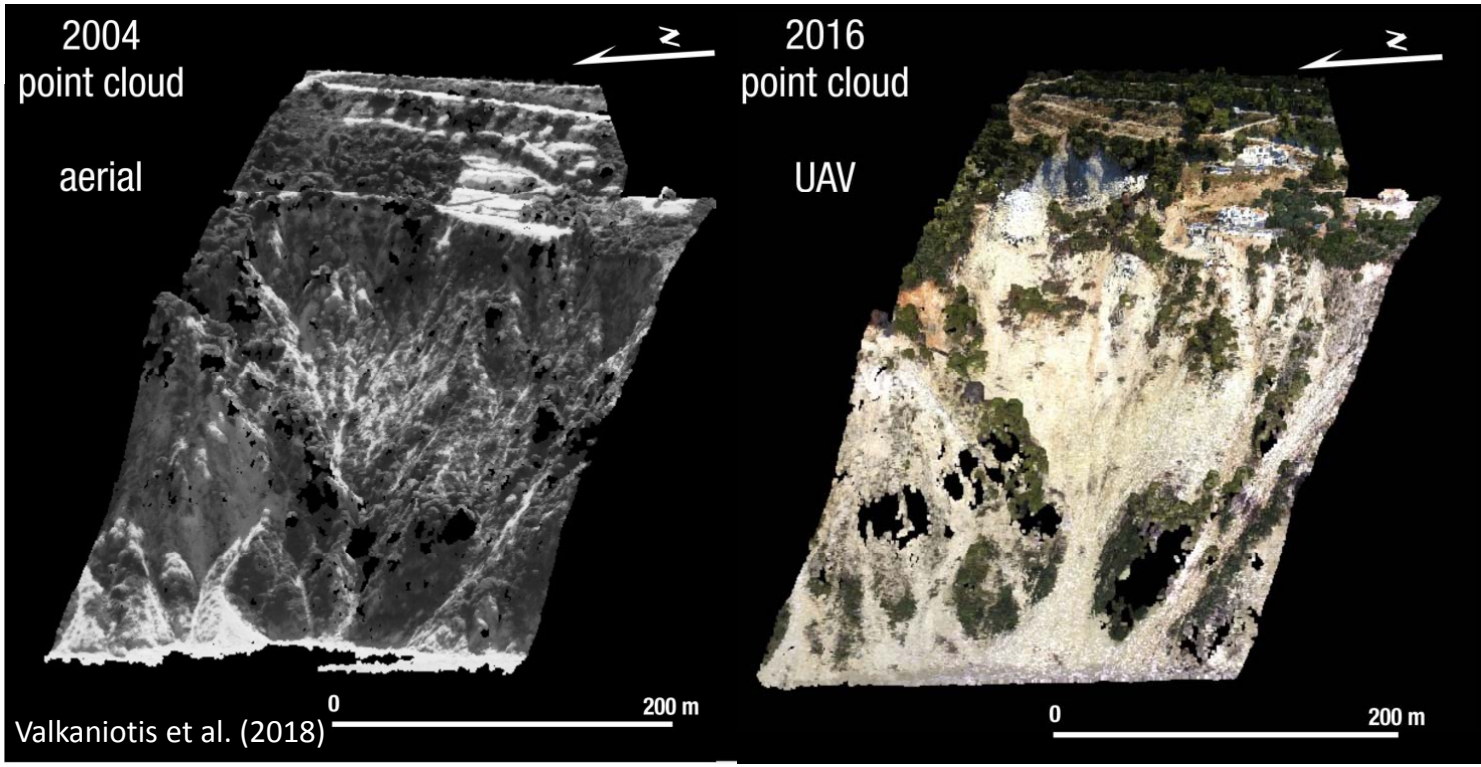


Κατολίσθηση Ωκεανού – Σύγκριση υποβάθρων

- Δημιουργία υπόβαθρου αναφοράς με τη χρήση στερεο-ζεύγους ιστορικών αεροφωτογραφιών (ΓΥΣ)
- Εξαγωγή point cloud υψηλής ανάλυσης στην περιοχή κάλυψης του point cloud του 2016
- Ποιοτική και ποσοτική σύγκριση των δύο μοντέλων με δημιουργία προφίλ και ογκομετρικών μετρήσεων

- Στερεο-ζεύγος– 1:8000 αεροφωτογραφίες ΓΥΣ (2004)
- Εξαγωγή point cloud στο Photoscan (9.2M σημεία – ~0,3m ανάλυση)

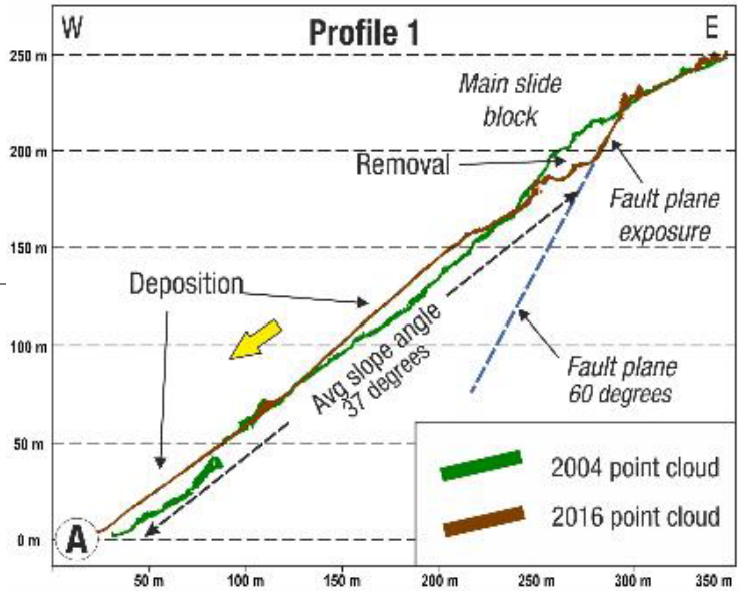


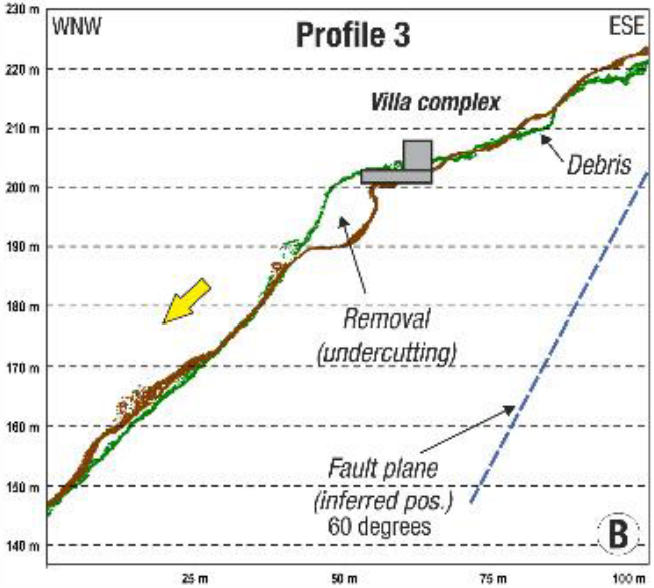


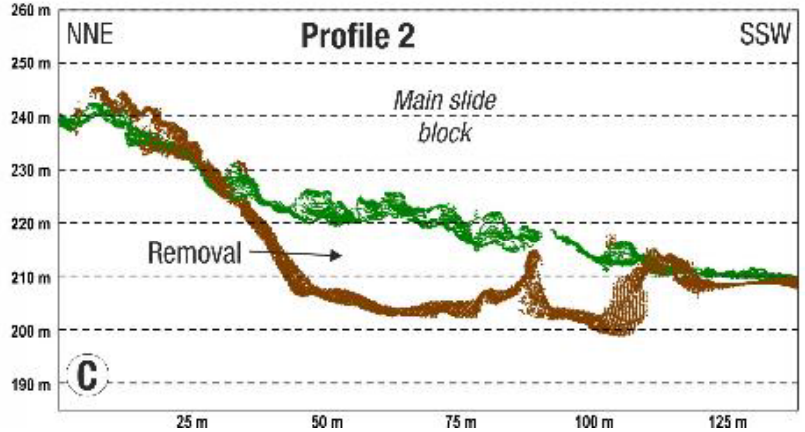
Valkaniotis et al. (2018)

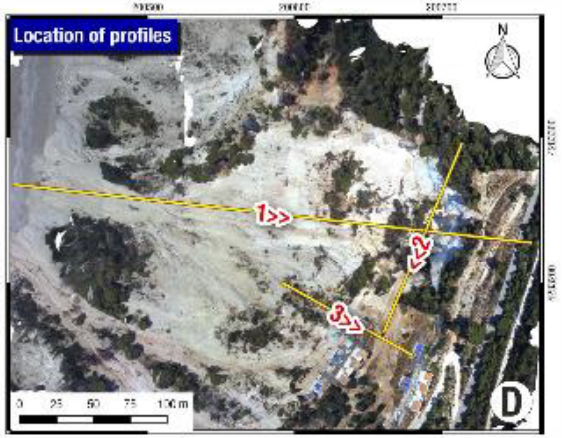
Κατολίσθηση στην περιοχή Okeanos Luxury Villas complex
Προφίλ σύγκρισης των point cloud 2004 – 2016
Διακρίνεται χαρακτηριστικά ο κύριος όγκος αποκόλλησης αλλά και η εναπόθεση υλικού χαμηλά στο πρανές και στην ακτή

-Ολίσθηση κατά μήκος επιφάνεια ρήγματος, με κλίση προς τα δυτικά

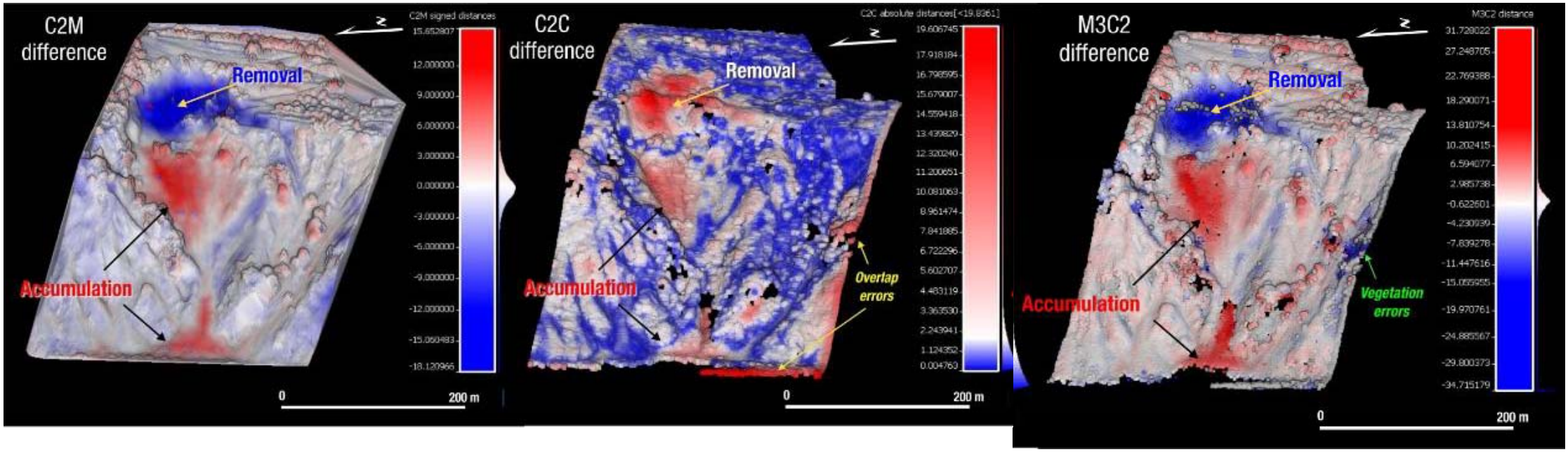








M3C2 comparison for 2004 - 2016



CloudCompare *Omnia*
Version: 2.9.beta [Windows 64-bit]
Compiled with MSVC 1800 and Qt 5.7.0

Valkaniotis et al. (2018)

Φωτογραμμετρία και αξιολόγηση τεχνικογεωλογικών αστοχιών

Κως 2017

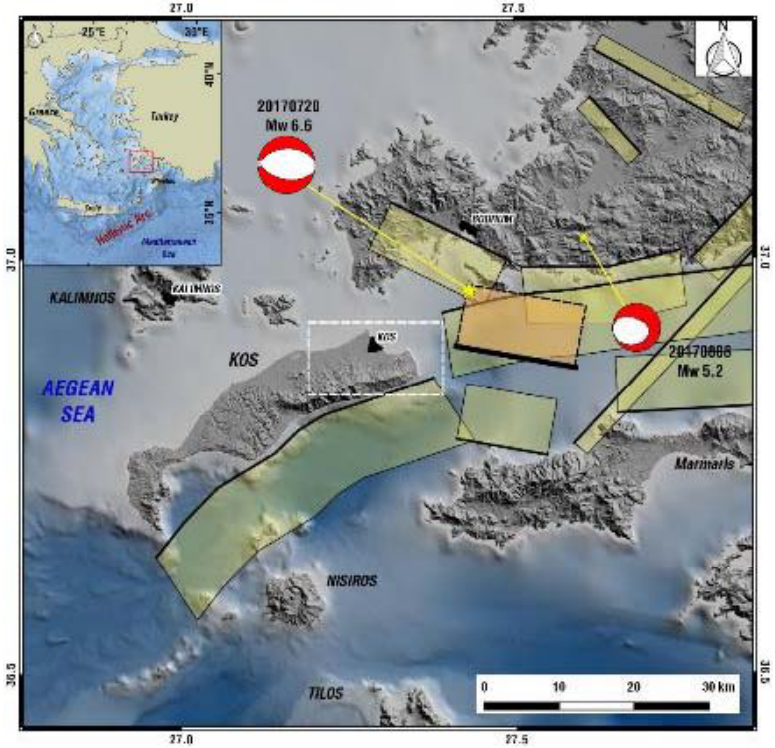
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

36.964ºN 27.433ºE

- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI)

36.962ºN 27.405ºE

- PGA=158.76 cm/sec^2 στην πόλη Bodrum, επικεντρική απόσταση 12 km

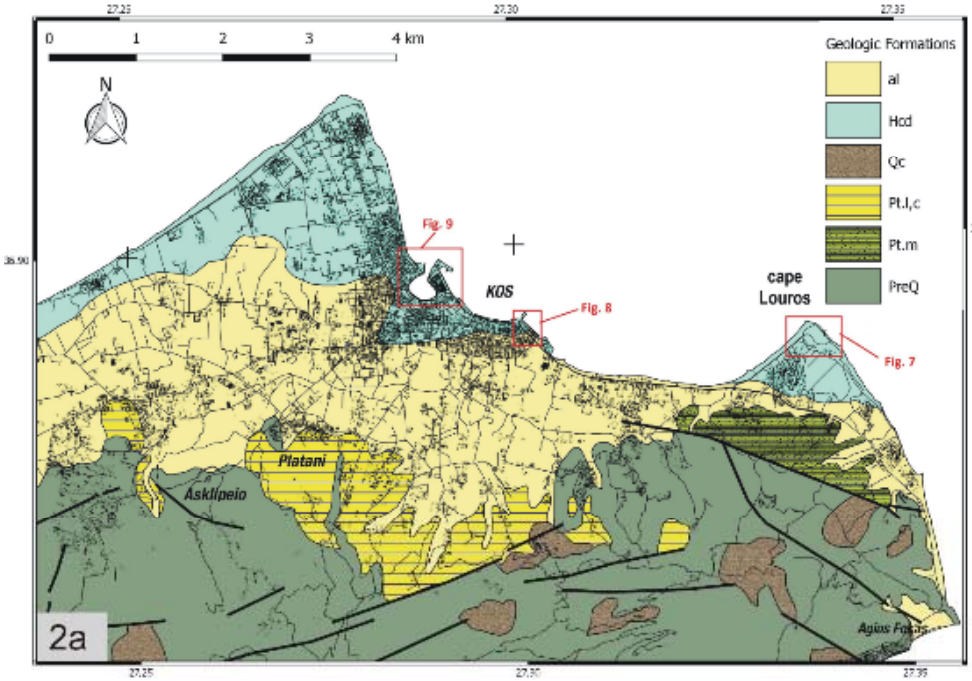


Papathanassiou et al. (2019)

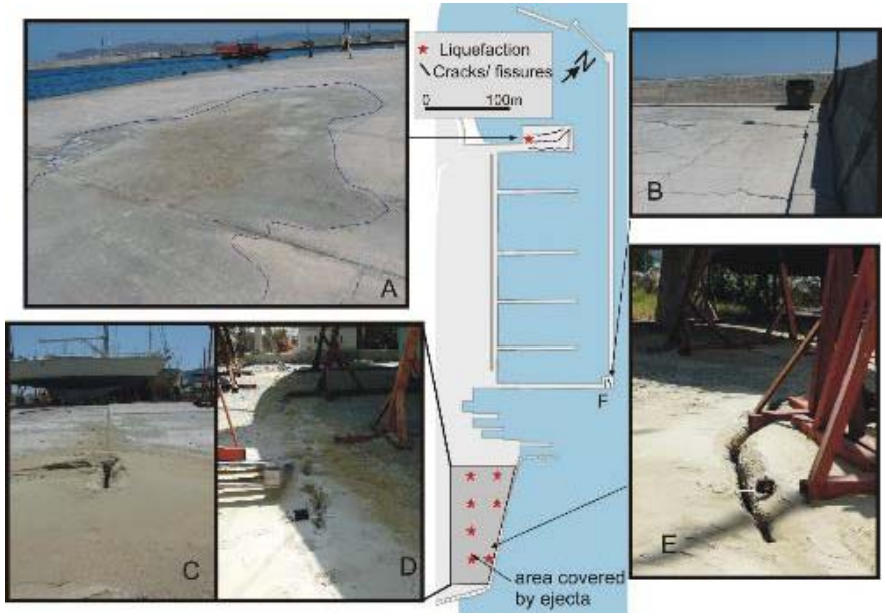
Δευτερογενή φαινόμενα

Εκτεταμένη ρευστοποίηση

Αστοχίες σε λιμενικές εγκαταστάσεις



Papathanassiou et al. (2019)

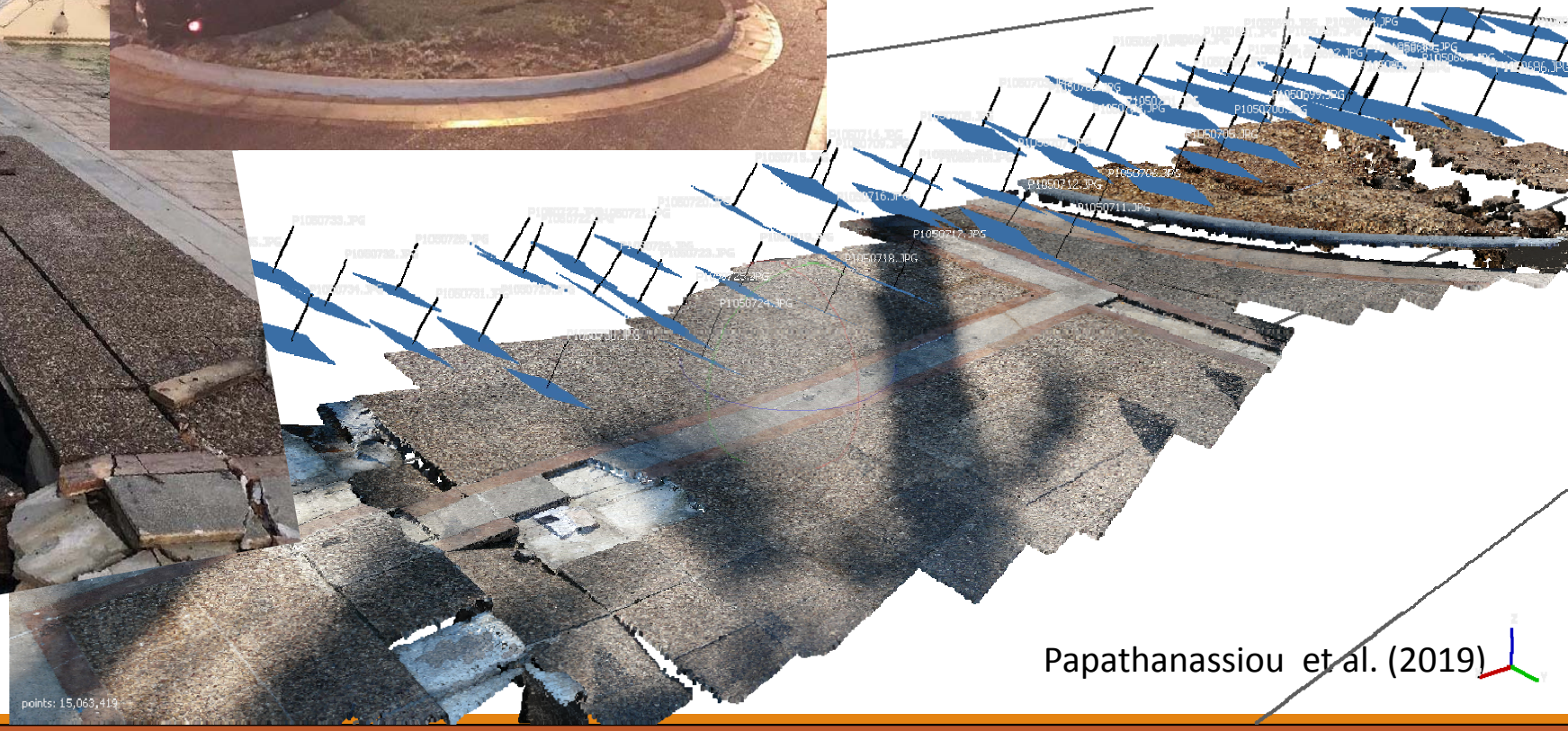


Ρευστοποίηση και αστοχίες λιμενικών έργων

Papathanassiou et al. (2019)

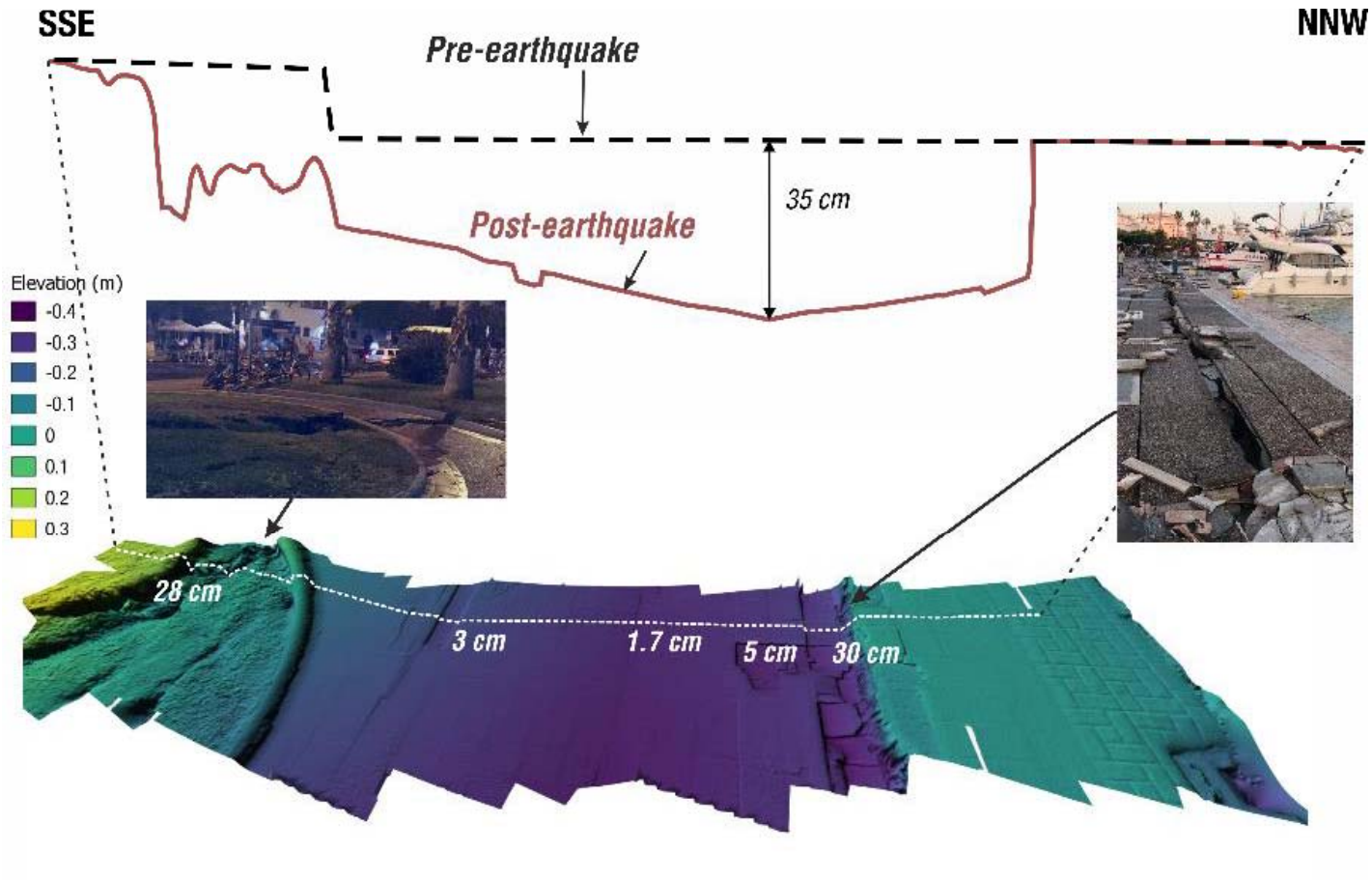
Εφαρμογή της φωτογραμμετρίας στην αποτύπωση του φαινομένου της πλευρικής εξάπλωσης (lateral spreading)

Panasonic Lumix DMC-FZ18



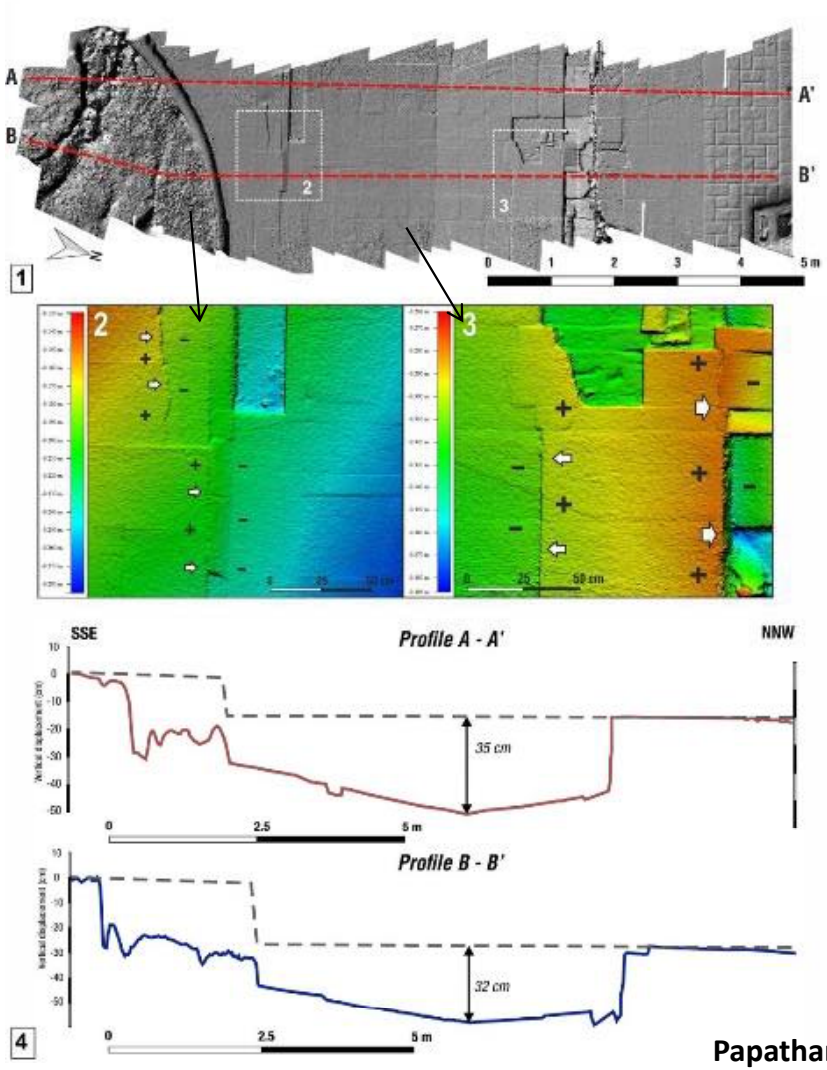
Papathanassiou et al. (2019)

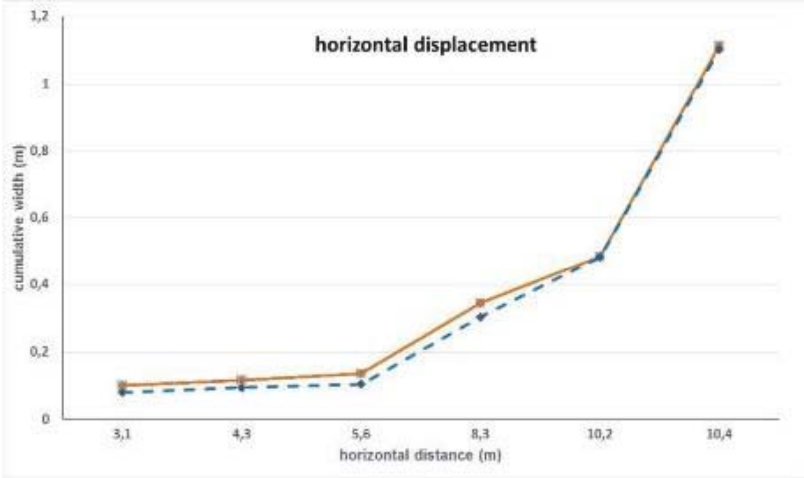
Εφαρμογή της φωτογραμμετρίας στην αποτύπωση του φαινομένου της πλευρικής εξάπλωσης (lateral spreading)

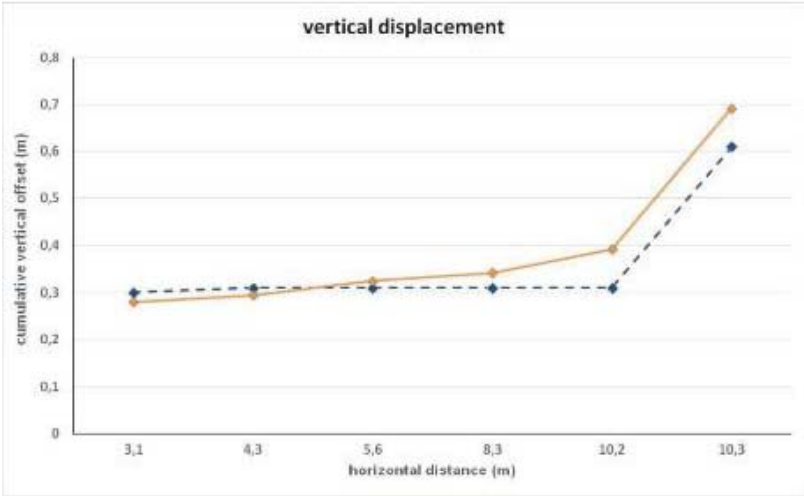


- Δημιουργία φωτογραμμετρικού μοντέλου με χρήση ψηφιακής κάμερας χειρός
- Εξαγωγή point cloud πολύ υψηλής ανάλυσης (Photoscan/MicMac)
- Ψηφιακό μοντέλο και ορθο-εικόνα που παρέχουν την δυνατότητα μετρήσεων με ανάλυση <1cm

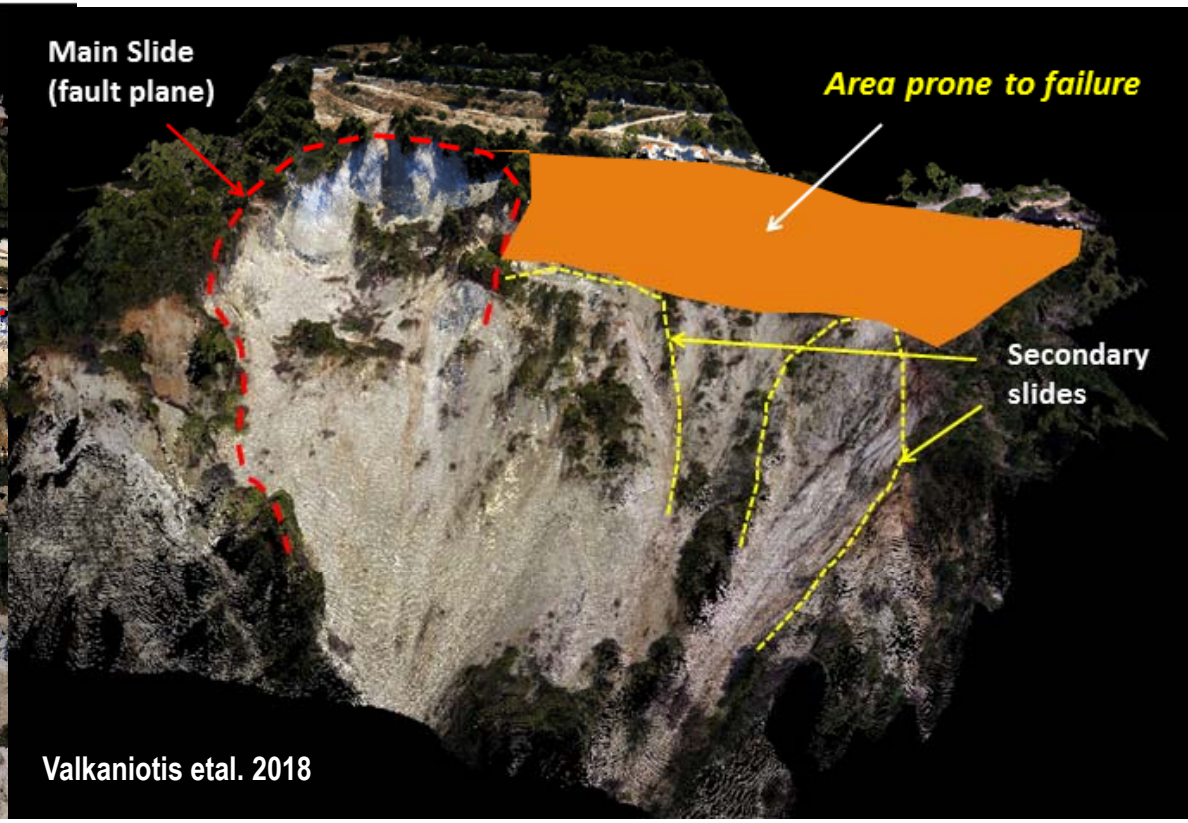
Εφαρμογή της φωτογραμμετρίας στην αποτύπωση του φαινομένου της πλευρικής εξάπλωσης (lateral spreading)







Papathanassiou et al. (2019)

Συμπεράσματα

- Μέρος της κατασκευής παραμένει σε περιοχή υψηλής επιδεκτικότητας σε κατολίσθηση
- Την επικινδυνότητα της θέσης θα μπορούσε να είχε αξιολογήσει μια λεπτομερής και εκτενής τεχνικογεωλογική μελέτη
- Αναφορικά με την Κω, η εφαρμογή της SfM μπορεί να βασιστεί και σε πιο οικονομικές λύσεις εάν χρειαστεί
- Στην αξιολόγηση της πλευρικής εξάπλωσης πρέπει να διερευνηθεί η αξιοπιστία στον κατακόρυφο άξονα