

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

Facoltà di Scienze della Formazione

Corso di Laurea in Coordinamento delle Attività di Protezione Civile

**TSUNAMI
FENOMENOLOGIA FISICA**

SUNTO

Relatore:

prof. sa Stefania MAGLIANI

Tesi di Laurea di:
ing. Antonino IARIA

Anno Accademico 2006-2007

Non si può affrontare il problema di comprendere i meccanismi scatenanti di significativi e devastanti fenomeni naturali che caratterizzano e coinvolgono il nostro pianeta, se non se ne considerano, in prima istanza, le caratteristiche fisiche e geologiche.

Struttura della Terra

Enormi masse di terra sono in grado di muoversi per chilometri sebbene in tempi relativamente lunghi grazie al fatto che l'interno della terra è allo stato liquido e che le placche continentali ed oceaniche galleggiano su questo liquido. Prendendo in considerazione solo la parte più esterna del guscio e precisamente la crosta che rappresenta circa l'1% dell'intera massa del pianeta e la parte sottostante il mantello superiore, la materia all'interno del mantello si trova a uno stato magmatico fuso. Le forze che muovono i continenti sono da ricercarsi in questa zona del pianeta e sono forze convettive.

Moti della terra

Dove la litosfera terrestre è soggetta all'azione delle forze che determinano i movimenti delle placche, tendendo continuamente a piegare, torcere o rompere (cioè a deformare) le rocce si verificano i terremoti. L'energia associata si disperde nel terreno dall'ipocentro in tutte le direzioni sotto forma di onde che possono essere: onde di volume, cioè che coinvolgono un volume e quindi in questo caso la terra stessa, e le onde di superficie che si propagano solo sulla superficie della terra.

Moti del mare

L'oceano, inteso come l'insieme degli oceani e dei mari distribuiti con continuità sulla superficie terrestre, costituisce la parte preminente dell'Idrosfera, la quale forma, con la Litosfera,

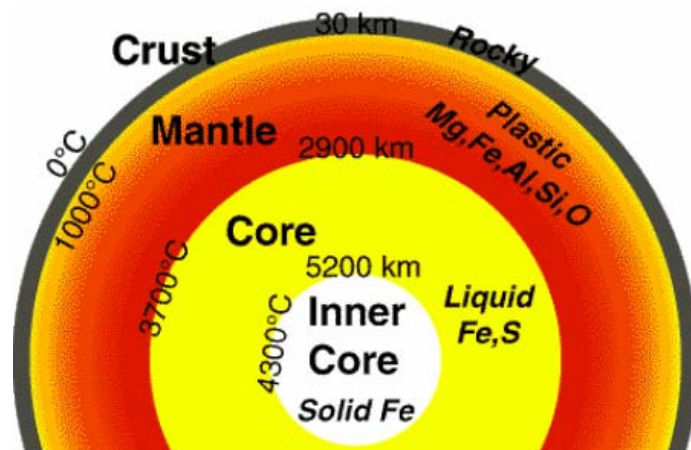


Fig.1 Struttura fondamentale e proprietà della terra.

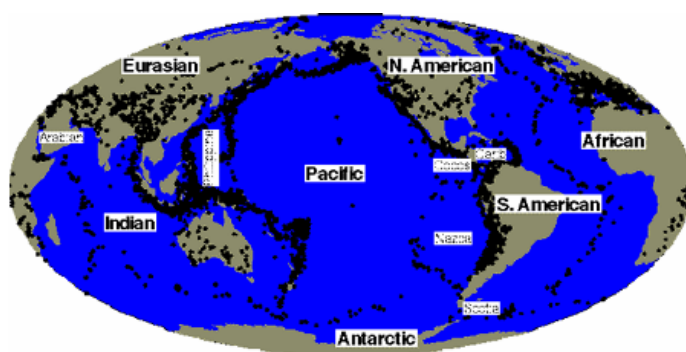


Fig.2 La teoria della Tettonica a Zolle (*Plate Tectonics*) spiega le cause dei terremoti.

l'Atmosfera e la Biosfera una partizione del nostro pianeta, utile per inquadrare i processi di equilibrio dinamico, con integrazioni e scambi continui di materia ed energia tra le diverse parti della Terra.

La superficie libera del mare è in continuo movimento rispetto ad una superficie orizzontale d'equilibrio, equipotenziale nel campo di gravità terrestre, che costituisce il cosiddetto livello medio. Il moto ondoso è innescato da scambi di energia cinetica e termica con l'atmosfera e con il sole, e dalla forza luni-solare di marea e nel suo complesso, il moto ondoso non è un fenomeno periodico.

Fenomenologia

Tsunami

La parola tsunami consiste in un tipo di onda anomala o serie di onde generate dai movimenti del fondo del mare, generalmente provocati da forti terremoti sottomarini che si propagano attraverso l'oceano. All'origine di uno tsunami ci può essere qualsiasi fenomeno capace di provocare lo spostamento di porzioni importanti del fondo marino: eruzioni vulcaniche, frane, esplosioni sottomarine. I terremoti con epicentro in mare o in aree costiere possono causare la formazione di tsunami inducendo spostamenti significativi del fondo marino. L'area inondata da uno tsunami può estendersi nell'entroterra per centinaia di metri, devastando vastissime superfici. Da considerare che, nel ritirarsi verso il mare, l'onda di ritorno porta verso il largo gran parte del materiale investito sulla costa. In mare aperto dove non esiste interferenza con il fondale, le onde sono dette di oscillazione, e determinano solo una propagazione della forma d'onda, senza trasferimento di materia. In

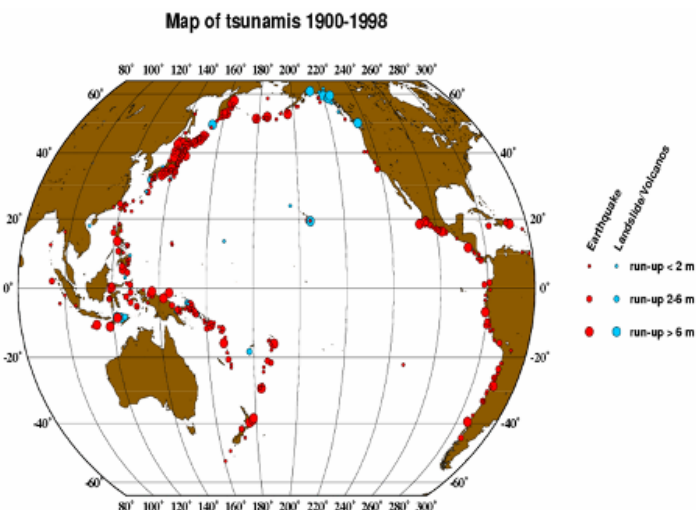


Fig.3 Distribuzione degli tsunami nell'Oceano Pacifico e nella parte orientale dell'Oceano Indiano. In rosso quelli associati a grandi terremoti, in celesti quelli generati da attività vulcanica. L'altezza di "run-up" è la quota massima sul livello del mare raggiunta dall'onda anomala.



Fig.4 Il terremoto del 26/12/2004 (stella gialla in figura) è un evento superficiale di tipo compressivo, avvenuto al largo della costa nord-occidentale di Sumatra, all'interfaccia tra la placca Indiana e quella di Burma.

prossimità della costa, dove la profondità del fondale è inferiore a metà della lunghezza d'onda le onde si modificano risentendo dell'attrito con il fondale. L'attrito causa un rallentamento della parte bassa dell'onda, mentre la sommità procede a velocità invariata.

Sri Lanka

Il giorno 26 dicembre 2004, alle ore 1: 58 italiane, si è verificato un forte terremoto che ha avuto l'eccezionale magnitudo di 9.0. L'epicentro è stato localizzato al largo della costa nord-occidentale di Sumatra, con coordinate ipocentrali: 3.298°N - 95.779°E, alla profondità di circa 10 km. Questo terremoto può essere considerato uno tra i più energetici eventi sismici registrati negli ultimi 100 anni. Eventi di magnitudo confrontabile si sono verificati nel 1960 in Cile e nel 1964 in Alaska.

A partire dalla deformazione del fondo del mare, indotta dal terremoto, è stata calcolata la propagazione delle onde di tsunami generate.

Uragani

Il nome Uragano indica i Cicloni Tropicali che si formano nell'Oceano Atlantico, che colpiscono il Nord-Centro America, il Golfo del Messico ed i Caraibi. Un Ciclone Tropicale appare come fosse una densissima circolazione depressionaria costituita da un anello compatto di nubi ben distinguibile, e che circonda l'occhio (centro di rotazione del Ciclone molto ben definito e sgombro da nubi) anche per centinaia di km di diametro.

Il Ciclone Tropicale "vive" esclusivamente sul mare tropicale (quindi a superficie calda), mentre una volta che l'occhio raggiunge la costa, svanisce

rapidamente e il più delle volte diventa un sistema extra-tropicale nel giro di 24-36 ore, portando



Fig.5 Acquisizione da satellite IKONOS il 10/01/2003. L'immagine mostra una porzione della Provincia di Aceh, Sumatra, Indonesia.



Fig.6 Acquisizione da satellite IKONOS il 29/12/2004 nella stessa zona tre giorni dopo lo tsunami.

piogge abbondanti e vento a raffiche nelle zone interne non costiere. Responsabili primari di tali fenomeni sono il cumulonembo e la circolazione a livello del mare (LLCC) che esiste soltanto sui mari tropicali.

Quando due masse d'aria, una proveniente dalla fascia temperata, ed una dall'equatore **convergono verso il tropico**, cioè si dirigono verso un ipotetico punto in comune, quel punto prende il nome di **convergenza al suolo**. Se le masse d'aria hanno caratteristiche diverse, il rimescolamento può generare moti vorticosi. La circolazione che si genera per effetto della forza di Coriolis, appunto ed è la **LLCC**, una **tropical disturbance** (questo il nome tecnico) alle alte pressioni tropicali.

Il sistema sta prendendo le caratteristiche di "autoalimentato". Ad un certo punto della sua crescita, il TC inizia ad evidenziare nel suo centro di rotazione (asse) un ben delineato "occhio", cioè un'area circolare (o quasi) completamente sgombra da nubi. Quando la forza di rotazione del TC raggiunge il limite di aderenza delle nubi attorno all'asse di rotazione, queste si separano per "forza centrifuga". Attorno all'occhio si forma un "anello" di cumulonembi (eye-wall) densissimo. Nonostante la pressione sia molto bassa, una tenue corrente **discendente** (anticiclonica) mantiene l'occhio sgombro da nubi. L'intera struttura è tanto potente quanto delicata: infatti, una volta raggiunta la costa, a causa delle deviazioni delle correnti introdotte da una superficie non piatta, l'occhio perde le sue caratteristiche e il TC inizia a degenerare, diventando il più delle volte un sistema frontale Extratropicale.

KATRINA

L'Uragano Katrina ha devastato porzioni centrali del territorio attorno al Golfo del Messico, la costa

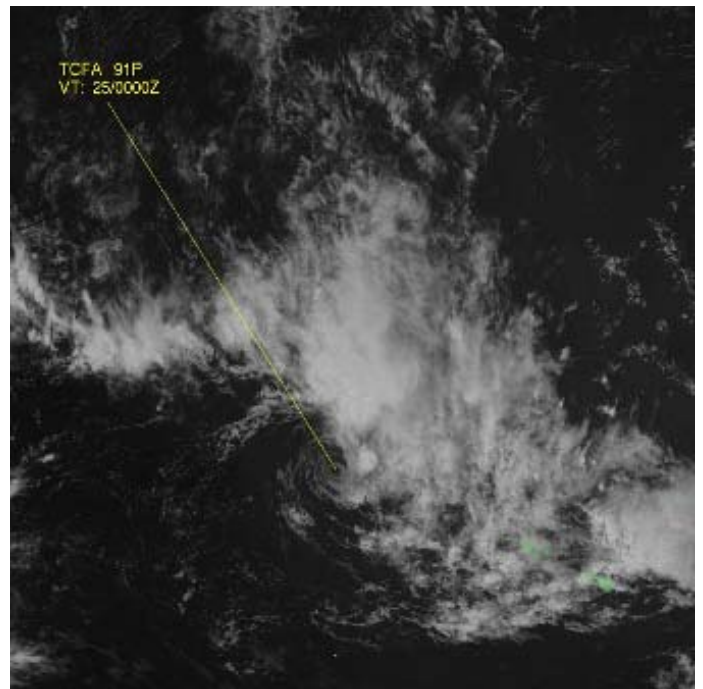


Fig.7 La LLCC in uno dei rari casi in cui è visibile da satellite poiché, nelle sue fasi iniziali, non produce alcun effetto.

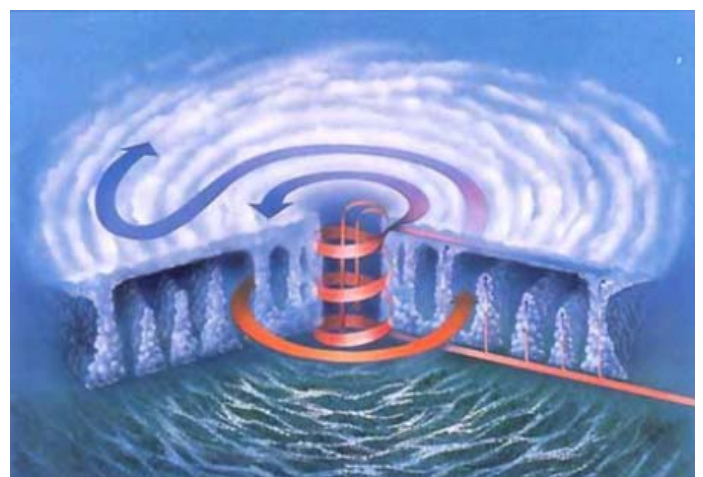


Fig.8 Struttura generale di un Ciclone Tropicale.

dal SE Louisiana all'Alabama e sarà ricordato come uno dei peggiori disastri naturali della storia degli Stati Uniti. Il percorso di Katrina è iniziato a Sud della Florida, poi, dopo aver raggiunto la categoria 5 di Uragano, si è mosso verso nord attraverso il Golfo.

L'Uragano Katrina è stato caratterizzato da venti costanti alla velocità di 140 miglia orarie, (corrispondenti alla caratteristica di un Uragano di categoria 4 della scala di Saffir-Simpson) con un minimo di pressione al centro pari a 920 mb. Katrina ha causato ampie distruzioni attraverso gli stati centrali affacciati al Golfo del Messico, facendo registrare picchi di precipitazione e vento molto elevati.

Nonostante inoltre i cicloni tropicali di categoria 5 abbiano normalmente una vita piuttosto breve, a causa di dinamiche interne, Katrina è persistito come uragano di categoria 4 per più giorni.

Fondamenti fisico-matematici delle simulazioni

Obiettivo fondamentale delle simulazioni è quello di formulare un modello della realtà fisica, oppure sceglierne uno tra quelli disponibili, che con il minimo di complessità, sia in grado di riprodurre in modo soddisfacente l'evoluzione temporale e la distribuzione spaziale delle variabili fluidodinamiche in una determinata corrente di fluido. Considerazioni sulla natura dei fluidi e analisi del livello di scala spaziale, temporale e dinamico della realtà sono gli strumenti indispensabili per formulare modelli fisici per la fluidodinamica che possano riprodurre la realtà in modo sufficientemente coerente. Il passaggio dal modello fisico a quello fisico-matematico si basa su alcune leggi fondamentali della fisica, che impongono che in un sistema di



Fig.9 Immagine QuickBird (1m) Acquisita il 9 Marzo 2004 su New Orleans.



Fig.10 Immagine QuickBird (1m) Acquisita il 31 Agosto 2005 su New Orleans, dopo il passaggio di Katrina.

fluido, come in ogni altro sistema dinamico della meccanica classica, determinate grandezze quali la massa, la quantità di moto generalizzata e l'energia soddisfino precise equazioni di bilancio che esprimono quelli che prendono il nome di principi di conservazione. Tali concetti cardine dei processi conoscitivi dell'uomo, stanno dunque anche alla base della previsione delle attività di questi importanti fenomeni.