

PERICOLI LENTI (SLOW EVENT)





Cosa sono i Pericoli (HAZARD)?

Cosa sono i Rischi (RISK)?

Cosa sono i Pericoli lenti (SLOW EVENT)?



Definizioni di pericolo e rischio

Nicola Marotta

Sono sinonimi nel
linguaggio comune

Pericolo vs rischio

Pericolo (danger/hazard) e

Rischio (risk) sono termini talvolta usati come sinonimi, che rimandano però a concetti non sempre, o almeno non sempre direttamente, sostituibili l'uno con l'altro, ciò è dovuto in parte alla etimologia che il termine pericolo ha avuto sin dalla sua origine.

Infatti il termine greco *kìndunos*, in particolare, indicava al contempo il rischio, il pericolo, l'impresa ardita, l'avventura.

Nel linguaggio scientifico hanno diverso significato

Pericolo vs rischio

I termini rischio e pericolo, nel linguaggio comune usati frequentemente come sinonimi, hanno invece nel campo scientifico un diverso significato.

Anche se non vi è accordo sull'interpretazione da dare ai due termini, per cui in letteratura è possibile incontrare diverse definizioni, molte volte anche in contrasto tra loro, in questa breve trattazione vogliamo che assumano un preciso significato non solo semantico, ma anche concettuale.

Definizioni di pericolo e rischio

Nicola Marotta

DEFINIZIONE

D.Lgs 9 aprile 2008, n. 81

Pericolo vs rischio

Nel D.Lgs 9 aprile 2008, n. 81 (G.U. n. 101 del 30 aprile 2008) il termine pericolo compare 144 volte e il rischio 269. Lo stesso Decreto legislativo definisce i due concetti nel seguente modo:

- **Pericolo:** proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il **potenziale** di causare danni;
- **Rischio:** **probabilità** di raggiungimento del **livello potenziale di danno** nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro **combinazione**.

Situazione	Pericolo	Rischio
Orientamenti CEE	Proprietà o qualità intrinseca di una determinata entità (sostanza, attrezzo, metodo) avente potenzialità di causare danni.	Probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego e/o di esposizione; dimensioni possibili del danno stesso.
Circolare del Ministero del Lavoro e Previdenza Sociale 7 Agosto 1995 n.102 (G.U. 21-8-1995, N. 194)	Proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore (per esempio materiali o attrezzature di lavoro, pratiche e metodi di lavoro ecc.) avente il potenziale di causare danni.	Probabilità che sia raggiunto il limite potenziale di danno nelle condizioni di impiego, ovvero di esposizione, di un determinato fattore.
NORMA UNI EN 292 Parte I/1991	Fonte di possibili lesioni o danni alla salute.	Combinazione di probabilità e di gravità di possibili lesioni o danni alla salute in una situazione pericolosa.
UNI [UNI, 1997]:	Situazione potenziale, determinata da caratteristiche chimico-fisiche, o biologiche ecc. di una sostanza, un sistema o un componente, che può comportare effetti negativi per l'uomo o per l'ambiente.	Probabilità che un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene o comparto ambientale subisca effetti negativi di data natura ed entità a causa di uno specifico pericolo.

Definizioni di pericolo e rischio

Nicola Marotta

I due diversi concetti implicano la corrispondente distinzione etimologica tra gli aggettivi "POTENZIALE" e "PROBABILE"



POTENZIALITÀ DI DANNO
(assenza di danno)



PROBABILITÀ DI DANNO
(possibilità di danno)

POTENZIALITÀ E PROBABILITÀ

Nicola Marotta

Potenzialità: in grado di diventare realtà, di materializzarsi anche in forma diversa dall'originale.

Per esempio: l'acqua contenuta all'interno di una diga costituisce potenziale energia elettrica

Assenza di danno



CONCETTO DI POTENZIALITÀ

Nicola Marotta

Probabilità: che può essere (possibile) o prevedibile attraverso una qualsiasi legge di tipo aleatorio.

Per esempio: realizzare un doppio sei con una coppia di dadi è oggettivamente probabile 1 parte su 36;

Misura della possibilità

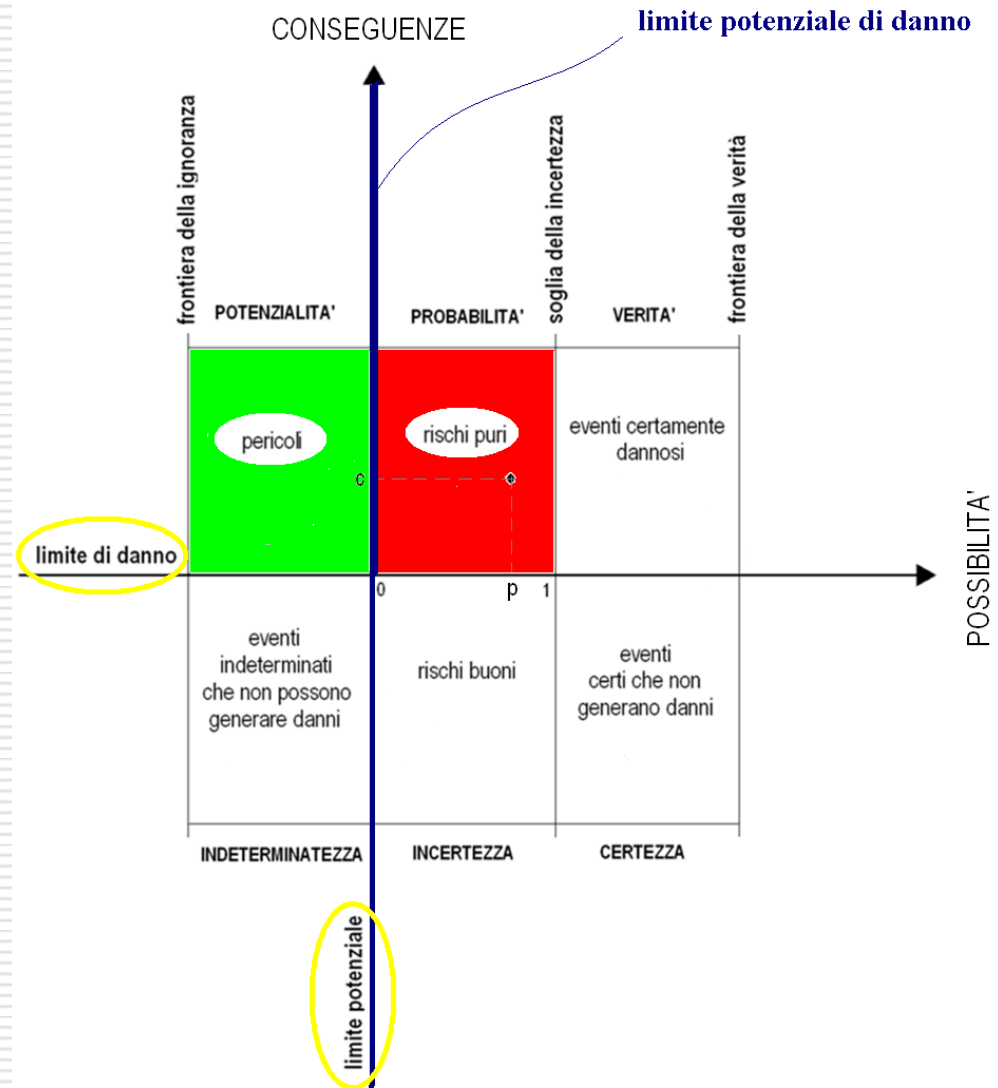


CONCETTO DI PROBABILITÀ

Nicola Marotta

LIMITE POTENZIALE DI DANNO

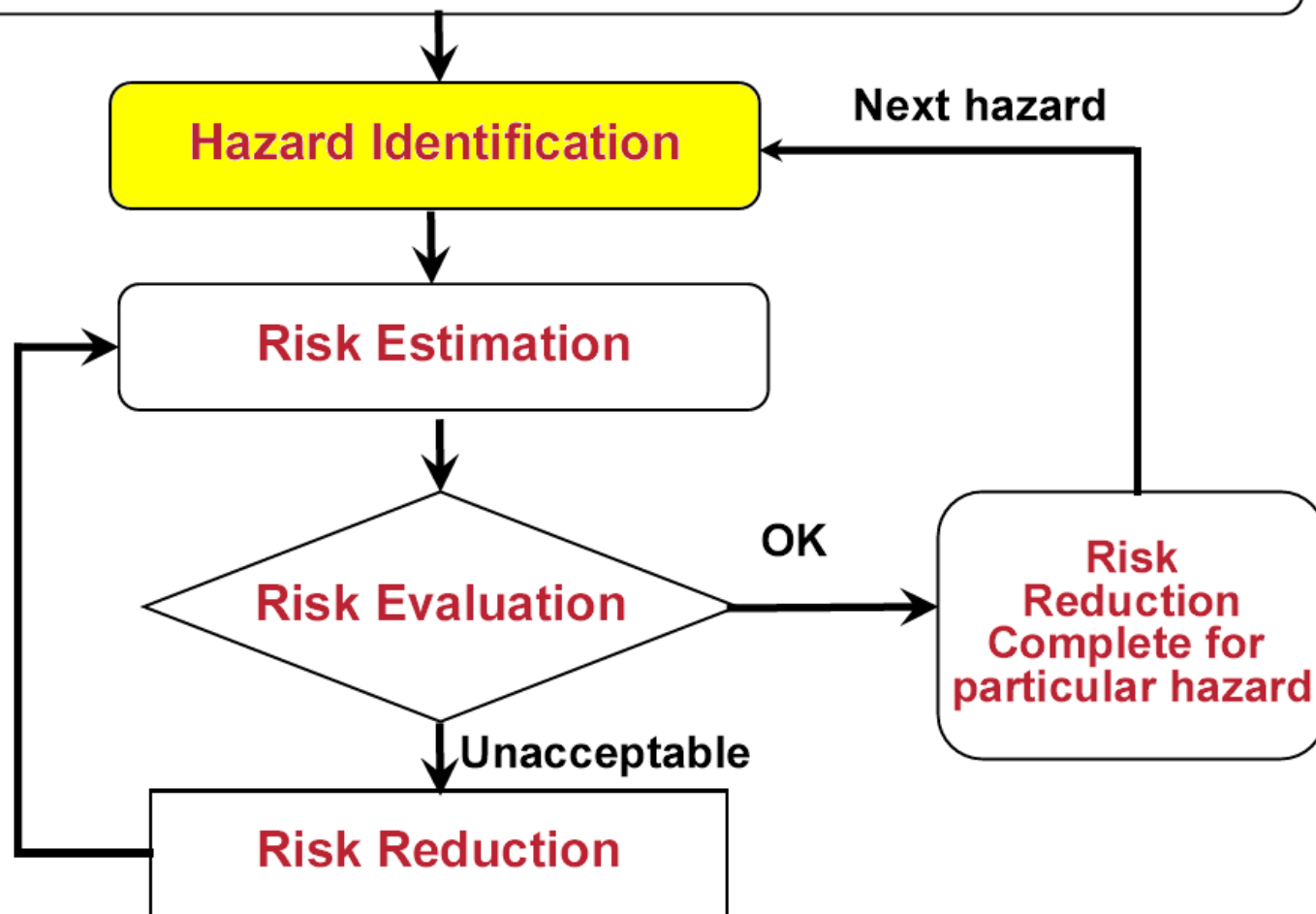
Spazio degli eventi



CONCETTO DI PERICOLO

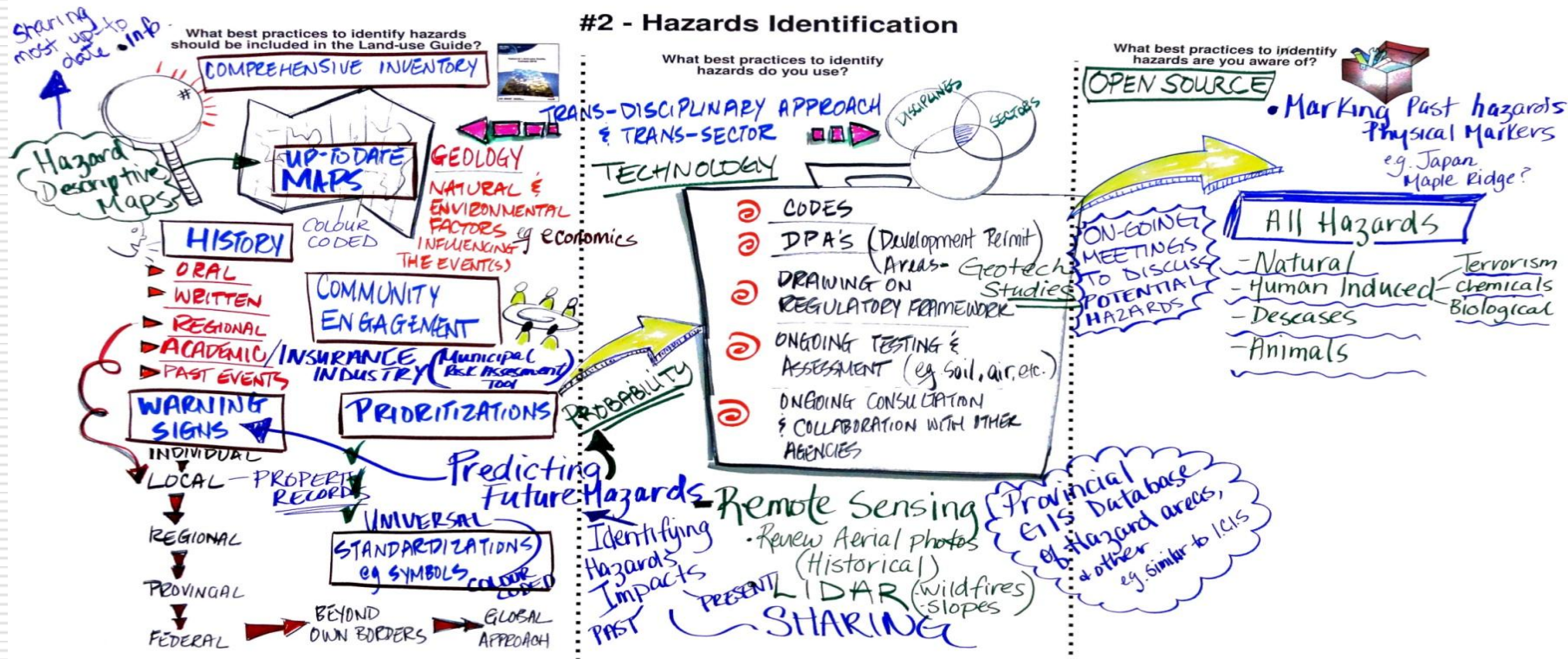
Nicola Marotta

Define all known system characteristics and limits



Identificazione dei pericoli

Nicola Marotta



- Costituisce la prima azione per avviare la valutazione dei rischi.
- I pericoli sono anche chiamati “fattori di rischio”.
- Individuare i rischi che possono essere originati dai pericoli presenti nell’ambiente di lavoro costituisce il secondo momento dell’attività di valutazione.

Identificazione dei pericoli

Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

Altre
caratteristiche

Pericolo vs rischio

EVENTO DANNOSO	
PERICOLO	Impossibile, potenziale, indeterminato, oggettivo, eliminabile, irriducibile, virtuale, astratto, atemporale.
RISCHIO	Possibile, probabile, incerto, soggettivo, ineliminabile, riducibile, reale, concreto, attuale.

Il pericolo apparterebbe alla categoria dell'**indeterminatezza** (situazione in cui vi è una potenzialità di danno, ma non vi è la possibilità della sua manifestazione), in cui la probabilità del verificarsi dell'evento non esiste. In tale circostanza si nega anche l'esistenza del rischio.



Al rischio, corrisponde la categoria dell'**incertezza**, legato ad una stima su ciò che è non-sicuro mediante una quantificazione della distanza che separa il sistema dalla condizione di sicurezza.



Definizioni di pericolo e rischio

Nicola Marotta



Lo stato di pericolo è
immutabile nel tempo

Il pericolo è atemporale

Il pericolo essendo legato ad una caratteristica del sistema là dove è presente non può essere considerato attuale, in quanto riferito ad uno stato, lo “**stato di pericolo**” che persiste in quella particolare condizione in modo indefinito fino a quando una qualsiasi perturbazione è in grado di produrre un cambiamento, una degenerazione, una modifica del suo stato. Nel caso di pericolo possiamo quindi dire che lo stato assegnato al sistema è sempre lo stesso, indipendentemente dal tempo e dallo spazio, anche se è potenzialmente soggetto a mutare nel tempo, non è qualcosa di attuale, nel senso di effettivo. **Per questo motivo il pericolo può essere considerato atemporale (senza senso del tempo)**

Definizione di pericolo e rischio

Nicola Marotta

Ad esempio il “pericolo di morte” che troviamo segnalato sul cartello posto in posizione ben visibile sui tralicci dell’alta tensione, non fa altro che sancire uno stato di perenne pericolo che non muta nel tempo e che può trasformarsi in rischio solo se viene a verificarsi un cambiamento, tale da determinare una precisa condizione: “chi tocca i fili muore”.

Esempio:
traliccio alta tensione

Il pericolo è atemporale



Definizione di pericolo e rischio

Nicola Marotta



La condizione di rischio è
funzione del tempo

Il rischio è attuale

Il rischio, se esiste, è sempre attuale, nonostante sia riferito a una previsione futura. In questo caso sappiamo che l'evento temuto da cui difenderci può manifestarsi con quella stimata probabilità e conseguenze, in qualsiasi momento, dunque, se esiste, **anche in questo istante**, ma la sua entità è soggetta a cambiare in funzione del tempo.

Definizione di pericolo e rischio

Nicola Marotta

Il sole nascerà domani?

Diversamente dal pericolo **il rischio** è **funzione del tempo**, in quanto riferendosi ad un evento situato nel futuro assume una connotazione diversa a seconda dell'orizzonte temporale di previsione, e pertanto, la sua quantificazione, non può prescindere da un predeterminato tempo o intervallo di riferimento.

Se consideriamo ad esempio l'evento “**scomparsa del nostro sole**” esso assume una diversa connotazione in quanto riferito a un prossimo futuro (è certo che domani sorgerà il sole) e come tale può essere considerato impossibile o al più relegato ad una condizione di semplice pericolo;



Qualora invece lo volessimo riferire a un lontano futuro (il sole tra 5 miliardi di anni potrebbe esplodere e poi sparire quasi certamente, e con esso l'umanità, se ancora esiste) dovrebbe essere considerato possibile e quindi qualificato come rischio anche se l'orizzonte temporale di riferimento delle conseguenze ad esso associate sfugge alla cognizione della mente umana

Il rischio è funzione del tempo

Definizione di pericolo e rischio

Nicola Marotta



Misura la distanza di un
sistema dalle condizioni
di sicurezza

Il rischio è una misura

Il fatto sostanziale che ha portato ad una distinzione concettuale dei due termini è che il **"rischio"** è una **quantità suscettibile di misura** che ricade nel campo dell'*incertezza* (esistenza di più di una possibilità) ed è pertanto una quantità misurabile (probabilità assegnata ad una determinata possibilità), mentre il pericolo (detto anche fattore o sorgente di rischio) consiste in qualcosa di cui non è possibile misurare l'entità e che ricade nel campo dell'*indeterminatezza* (inesistenza di qualsiasi possibilità) ed è pertanto una caratteristica o proprietà intrinseca (potenzialità assegnata ad una determinata conseguenza).

Misurabilità del rischio

Nicola Marotta

Hazard

The potential
source of harm



Risk

The combination of the probability
of occurrence of harm and the
severity of that harm.

Harm

Damage to health, including the
damage that can occur from loss
of product quality or availability.



Definizioni di pericolo e rischio

Nicola Marotta

Potenzialità

Esempi di pericoli		
Entità	Sorgente di rischio	Potenziale di danno
Attrezzo	Coltello	Lesione da mezzo tagliente
Sostanza	Benzene	Leucemia da benzene
Materiale	Amianto	Malattie appar. resp. da fibre di amianto
Fonte di energia	Elettricità	Shock, elettrocuzione
Condizione	Superficie bagnata	Trauma da caduta
Lavorazione	Saldataura	Malattie da fumi di saldataura

Assenza di danno

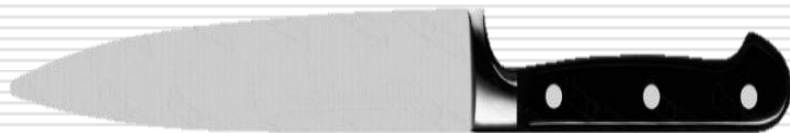
Probabilità

Possibilità di danno

Esempi di rischi		
Sorgente di rischio	Situazione	Possibilità di danno
Coltello	Tagliare a mano il prosciutto	Ferita da taglio alle dita della mano
Benzene	Erogare carburante per autovetture	Leucemia per inalazione vapori e/o per contatto
Amianto	Rimuovere MCA	Mesotelioma per inalazione fibre di amianto
Elettricità	Lavorare in prossimità di una linea elettrica in tensione	Shock, elettrocuzione per contatto diretto
Superficie bagnata	Camminare	Trauma da caduta per scivolamento
Saldatura	Giuntare tubi e raccordi metallici	Febbre da fumi metallici

CONCETTO DI RISCHIO

Nicola Marotta



**Sorgente di rischio:
il coltello**



**Situazione di rischio:
tagliare un ortaggio**

Sorgente di rischio

Nicola Marotta



**Sorgente di rischio:
il pavimento scivolo**

**Situazione di rischio:
caduta**



I pericoli e conseguentemente i rischi sono numerosi non dobbiamo confonderli con le violazioni.

E' un pericolo o un rischio?

Hazard identification
Nicola Marotta



In questo caso non si deve parlare né di rischio né di pericolo, ma semplicemente di un divieto, di qualcosa cioè che non va fatto. Non deve essere fatta nessuna valutazione.

E' un pericolo o un rischio?

Hazard identification
Nicola Marotta



Hazard identification
Nicola Marotta



E' un pericolo o un rischio?

Hazard identification
Nicola Marotta

I PERICOLI VANNO MONITORATI I RISCHI VANNO VALUTATI PER ESSERE RIDOTTI



Misurabilità del rischio
Nicola Marotta



PERICOLO AMIANTO

Programmare monitoraggio

Nel caso in cui vi sia la presenza di MCA perfettamente intatto, si dovrà correttamente riferire alla “presenza” del **pericolo amianto**, ma della “assenza” di un rischio amianto. Dal momento che la matrice cementizia dell’eternit dopo trent’anni di esposizione ad agenti atmosferici tende a sfaldarsi liberando significative quote di fibre di amianto aereo disperse, in grado di determinare valori fibre/litro di aria, superiori ai valori che comunemente possono rilevarsi negli ambienti di vita (cioè superiori a 1 fibra/litro) è sufficiente un periodico **monitoraggio** che tenga sotto controllo il suo stato di manutenzione, che vigili sullo stato di degenerazione del manufatto, ma non è richiesto alcun intervento di bonifica.

Misurabilità del rischio

Nicola Marotta



RISCHIO AMIANTO

Programmare misure di mitigazione

Il rischio invece presenta una possibilità di verificarsi dell'evento e conseguentemente necessita sempre di un'attenta **valutazione** tendente a quantificare la sua entità, in conseguenza della quale verranno poste in essere specifiche misure di mitigazione. Nel caso **dell'amianto** se il materiale si presenta danneggiato, oppure è in cattive condizioni di manutenzione, esiste in questo caso la **possibilità di rilascio di fibre** di amianto nell'edificio o nell'ambiente, viene in tal caso superata la soglia della potenzialità, il limite potenziale di danno, e quindi siamo in presenza di una possibilità (probabilità non nulla) ovvero di un **rischio** la cui entità è legata al numero di fibre areodisperse, al contesto e alla presenza di recettori umani.

Misurabilità del rischio

Nicola Marotta



E SE VALUTASSIMO
ANCHE I PERICOLI ?

Rischio indebito

Si tenga presente che, nel caso in esame, in presenza di un materiale integro che costituisce quindi solo un pericolo per le persone, prendessimo la decisione di agire con un intervento di bonifica (esempio: incapsulamento, confinamento), prenderemo non solo una decisione inutile ed economicamente onerosa, ma anche errata dal punto di vista della stessa sicurezza, in quanto introdurremo un ulteriore rischio (**rischio indebito**), se non altro rivolto nei confronti degli operatori che dovrebbero eseguire l'intervento. Perfino l'eliminazione della fonte di pericolo mediante la rimozione del manufatto sarebbe in questo caso errata in quanto determinerebbe probabilmente l'areodispersione di una parte, anche se minima, delle fibre di amianto nell'ambiente, introducendo conseguentemente un rischio che prima non esisteva.

I pericoli non devono essere valutati

Nicola Marotta



Qualificazione del rischio

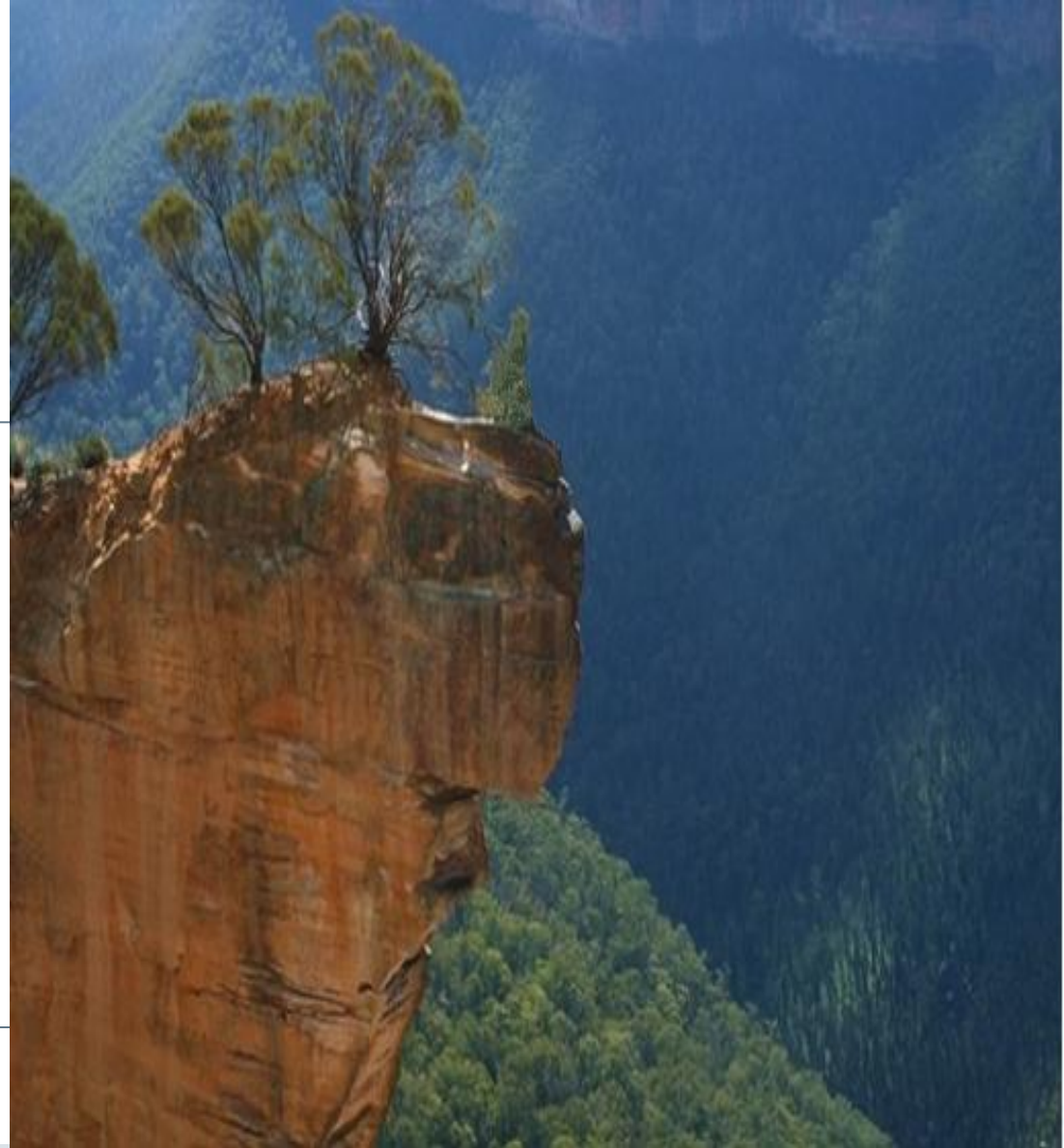
Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

E' UN PERICOLO
O UN RISCHIO ?

Assenza di danno



IL PERICOLO È UNA CARATTERISTICA DI UN SISTEMA LEGATA ALLA
POTENZIALITÀ DI GENERARE UN DANNO

Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

E' UN PERICOLO
O UN RISCHIO ?

Presenza di danno



IL RISCHIO È LA MISURA DI UN POSSIBILE DANNO

Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

DI CHE TIPO DI RISCHIO SI TRATTA?

Rischio residuo



L'INGEGNERIA DELLA SICUREZZA
SI OCCUPA DI QUESTI TIPI DI RISCHI

Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

DI CHE TIPO DI RISCHIO SI TRATTA?

Rischio Ignoto



IN FUTURO SEMPRE DI PIÙ CI DOVREMO OCCUPARE
DI QUESTI TIPI DI RISCHI

Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

E' ANCORA UN RISCHIO ?

Certezza di danno



LA PROBABILITÀ È UN NUMERO COMPRESO TRA ZERO E UNO
ESCLUSI GLI ESTREMI (IMPOSSIBILITÀ E CERTEZZA)

Nicola Marotta



UNIVERSITÀ DI PISA

Il Caso della Torre di
Pisa.

E' ANCORA UN
RISCHIO ?

Può cadere?



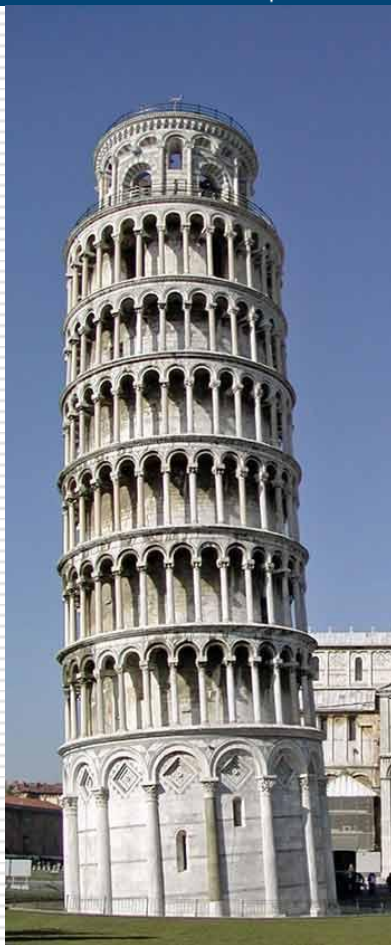
PERICOLI LENTI: SLOW EVENT

Nicola Marotta



PERICOLI LENTI: SLOW EVENT

Nicola Marotta



I cosiddetti pericoli lenti o slow event sono pericoli in cui non si è ancora compiuto il passaggio dalla potenzialità alla possibilità di danno, ma vi sono ragionevoli motivi che ciò possa avvenire in un tempo relativamente lungo, non in maniera repentina, ma in modo lento e controllabile.

Tali tipi di pericolo consentono di attuare una strategia nuova, diversa da quelle messe in atto per la riduzione dei rischi. Con tale strategia si cerca di arrestare il processo degenerativo in atto, teso a condurre nel tempo l'evento a una condizione di rischio, in modo da arrestarlo o addirittura invertirlo, ripristinando lo stato primitivo di pericolo mediante degli specifici interventi. Un interessante esempio di un evento di pericolo lento e cumulativo che ha consentito di retroagire allo stato di pericolo iniziale è quello della **Torre di Pisa**; un'opera d'arte tra le più originali di tutto il Medioevo europeo.

Slow event

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta

«*Evviva la Torre
di Pisa
che pende, che
pende
e **MAI** non
cadrà*»

Canta: Mario Latilla)

(Autori: Casiroli - Rastelli - 1939

Ne siamo certi?



I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta



Prof. John Burland

CORRIERE DELLA SERA

L' allarme di un professore inglese. " La Torre di Pisa rischia di crollare "

L'allarme di un professore inglese "La Torre di Pisa rischia di crollare" LONDRA - "La torre di Pisa (nella foto) puo' crollare in ogni momento": l'allarme e' stato lanciato da John Burland, docente di ingegneria all'Imperial College di Londra, che su una rivista britannica ha spiegato il suo progetto di salvataggio. Costo previsto: 60 miliardi.

(16 novembre 1997) - Corriere della Sera

La Torre di Pisa può crollare?

Nicola Marotta

LA NAZIONE

PREOCCUPAZIONE A PISA PER LO STUDIO PRESENTATO DA UN DOCENTE INGLESE
Allarme da Londra: la Torre crolla
"Una tempesta può farla cadere", scrive su una rivista.
"Nessun pericolo", replica Jamiolkowski

CORRIERE DELLA SERA

L'allarme di un professore inglese.
"La Torre di Pisa rischia di crollare"

L'allarme di un professore inglese "La Torre di Pisa rischia di crollare" (nella foto) può crollare in ogni momento: l'allarme ingegneria all'Imperial College di Londra, che salvataggio. Costo previsto: 60 milioni.

la Repubblica.it

UN ESPERTO INGLESE 'LA TORRE DI PISA RISCHIA IL CROLLO'

Servizio di
Valeria Caldeini

PISA - Ore di preoccupazione a Pisa per la Torre da Londra è arrivato il "grido di dolore" del r ingegneria dell'Imperial College londinese la salvaguardia del campanile di Bonanno momento", avrebbe scritto in un articolo prontamente ripreso dal tabloid "Exp cadere, ma il rischio più grosso è

LONDRA - "La Torre di Pisa può crollare in ogni momento", avverte il professor John Burland, docente di ingegneria all'Imperial College di Londra, che su una rivista specializzata britannica ha illustrato il suo progetto di salvataggio per la costruzione. A giudizio dell'esperto inglese non c'è tempo da perdere: "Un terremoto o una tempesta potrebbero far cadere la torre". Burland ha messo a punto un progetto di salvataggio - per oltre sessanta miliardi di lire - che dovrebbe partire l'estate prossima ed essere completato in due anni.

La pendenza della torre - pesante 15.000 tonnellate e da sette anni chiusa al pubblico - sarà ridotta rimuovendo terra attorno alle fondamenta dal lato opposto a quello dell'inclinazione. "Il prelievo dovrebbe favorirne in modo cruciale il riassetto". Al contrario, c'è chi minimizza. "Non esiste alcun pericolo di crollo per la Torre di Pisa", ha insistito il presidente del comitato internazionale di esperti, Michele Jamiolkowski. E riferendosi alle affermazioni di Burland, che è anche suo collega nel comitato, ha sottolineato: "E' stato frainteso".

16 novembre 1997

LONDRA - "La torre di Pisa John Burland, docente di spiegato il suo progetto di

La torre di Pisa può crollare!

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta



Nel passato cosa
è accaduto?

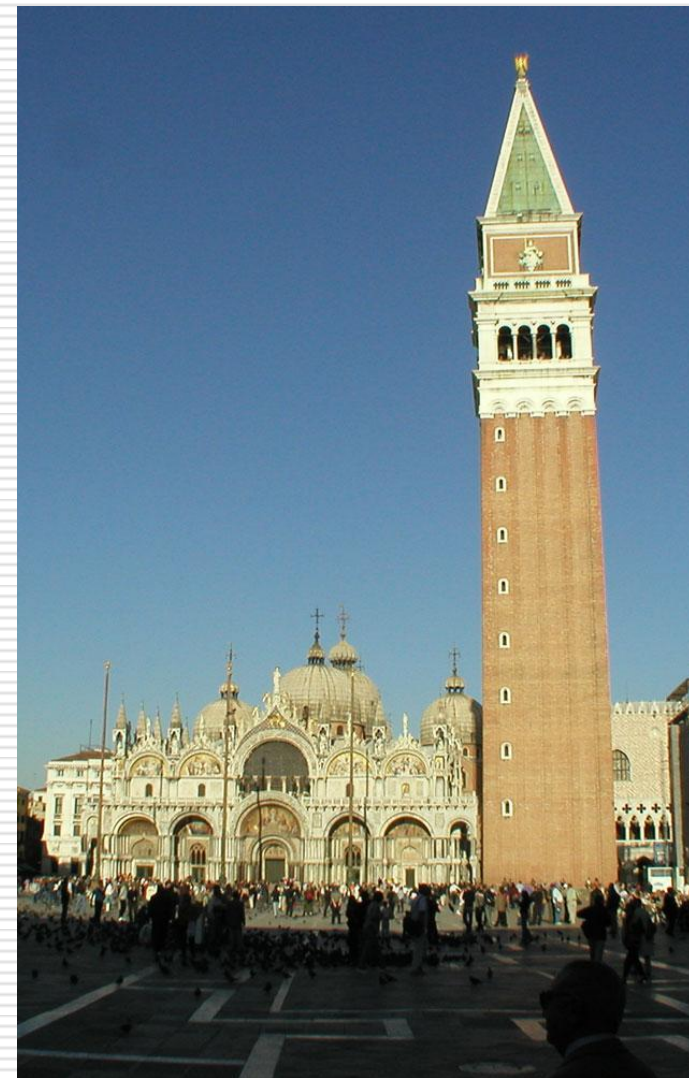
Crollo del
Campanile di
Venezia

Crollo della
Torre di Pavia

EVENTI DEL PASSATO

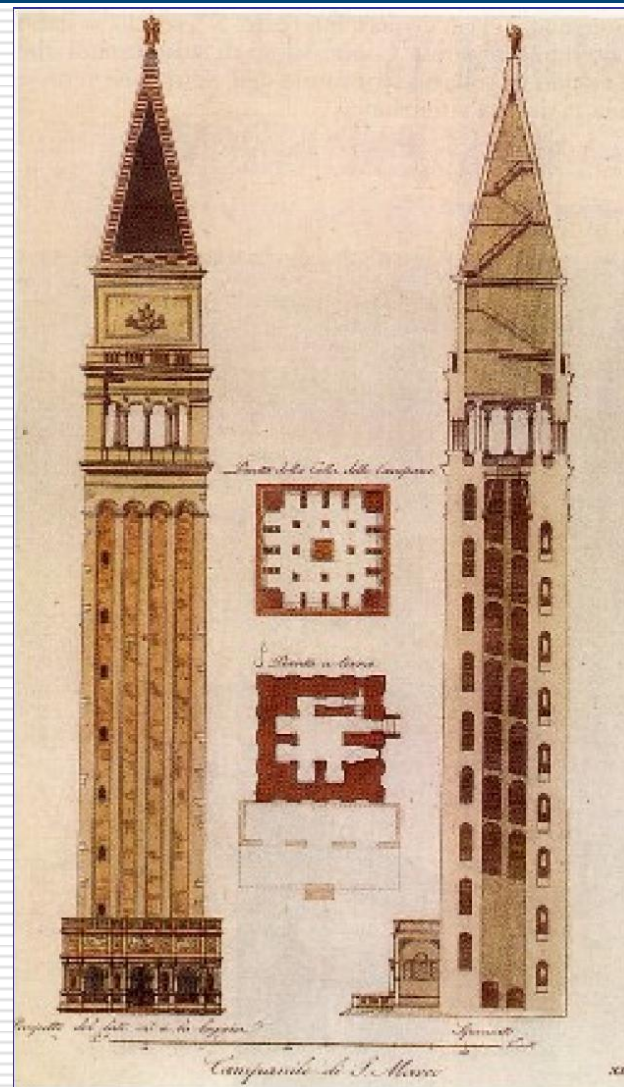
Nicola Marotta

Di fronte al Palazzo Ducale sorge il **campanile di San Marco**: costruito nel 1173 come faro per i naviganti, fu restaurato da Bartolomeo Bon nel XV secolo. Crollò il 14 luglio 1902 e venne intera-mente ricostruito.



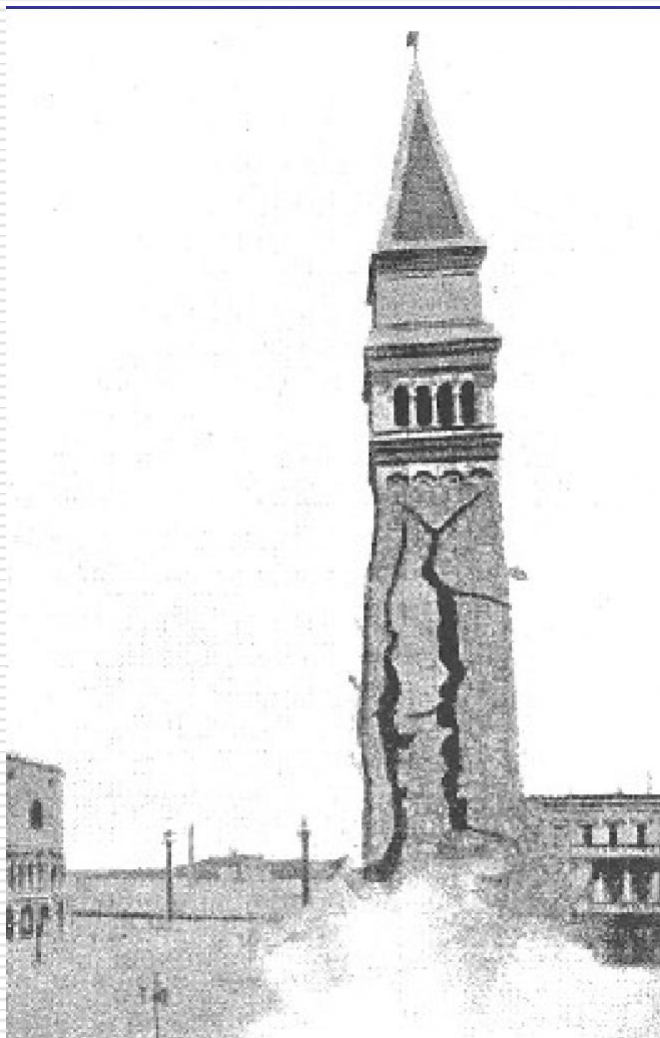
IL CAMPANILE DI VENEZIA (1902)

Nicola Marotta

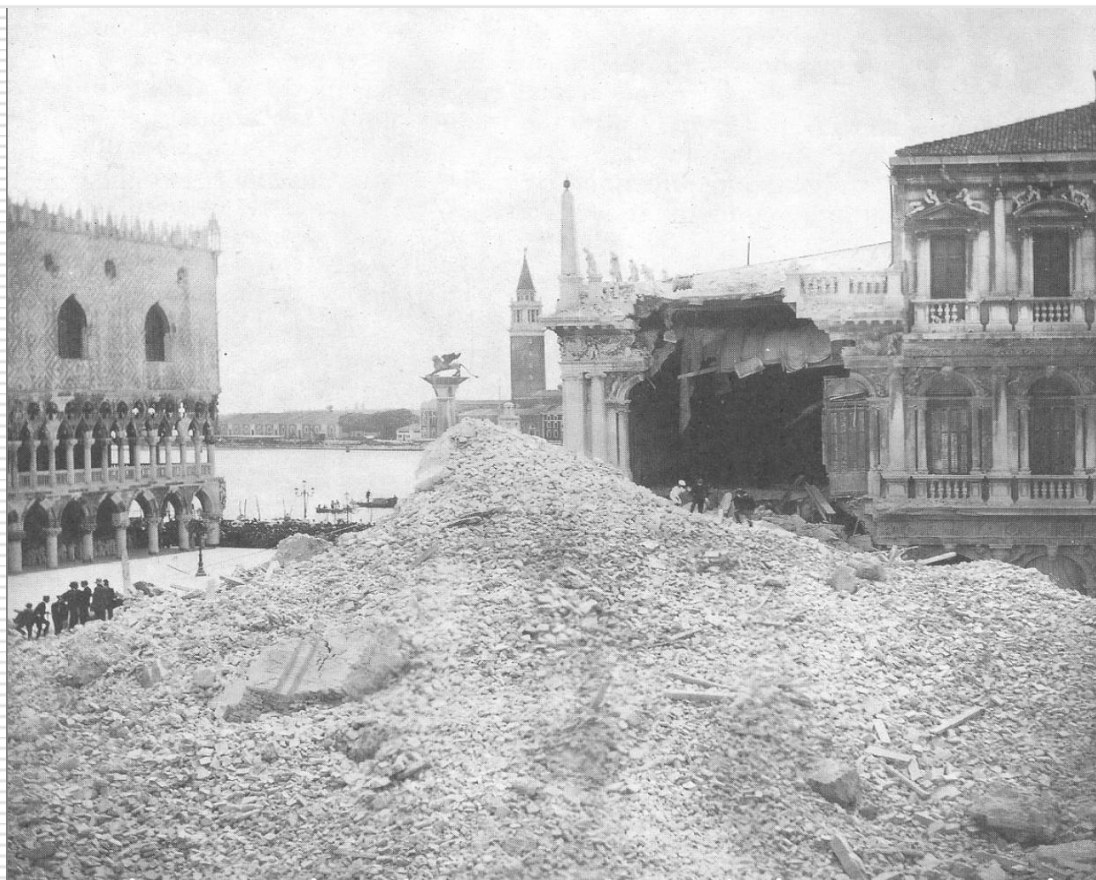


IL CAMPANILE DI VENEZIA (1173)

Nicola Marotta



lunedì 14 luglio, alle 9.47/9,52 del 1902, il campanile crollò
Nicola Marotta



CROLLO DEL CAMPANILE DI VENEZIA (1902)

Nicola Marotta



Il campanile di S. Marco in costruzione, con l'armatura del Donghi



RICOSTRUZIONE DEL CAMPANILE DI VENEZIA (1912)

Nicola Marotta



Cartdania

www.delcampe.net



lunedì 14 luglio, alle 9.47/9,52 del 1902, il campanile crollò
Nicola Marotta

WILL THE LEANING TOWER FALL AS DID THE CAMPANILE?

By Gualtiero Campino.
R OME, Aug. 25.—I was once asked why a certain charming American Countess, well known in Roman society, was like the Campanile of Pisa. I gave it up. The answer was: "She is always leaning, but never falls." I trust that the analogy may stop there, for unless Signor Bianchi, the Minister of Public Works, or Cardinal Mafrì, the Archbishop of Pisa, bestir himself Pisa will shortly suffer an artistic catastrophe similar to that which agitated the foundations of Venice on July 11, 1907, when the Campanile di San Marco crumbled up and fell into the famous Piazza.

The Royal Commission which was appointed some months ago to examine the foundation and the stability of the Campanile of Pisa has handed in its report to the Government, but only part of it has been made public. The intelligence commented on by the Italian press that "La pendenza del Campanile di Pisa aumenta" generally receives a reassuring glance in the fact that the original leaning above the third story had been actually provided for by the fourteenth century builders, as had any possible subsequent detourment of the perpendicular. This is found to be a mere legend, and for that reason the fact that "the leaning of the Campanile is increasing" should be regarded with more apprehension by the press, especially as owing to the nature of the soil a surface remedy of the increasing inclination is scarcely possible. Indeed the Royal Commission are silent as usual.

"Our investigations," declare the Commissioners, "have led to the wholly unforeseen and distressing discovery that, instead of being founded upon a massive and spacious base, as was generally believed since Grassi, in 1831, and Robaut de Fleury, in 1850, published their collection of plans, the real foundation simply consists of a ring of masonry exactly corresponding in width to the huge cylindrical mass superimposed thereon. In fact the diameter of the inner ring of foundations is 7 metres 40 centimetres, which is precisely that of the space inside the tower."

This discovery, taken together with the further astounding fact that the foundations are merely three metres beneath the surface constitutes incontrovertible proof that the Campanile was originally built perpendicularly, and that its leaning properties, which are becoming more and more accentuated, are due to other causes than the intention of its constructors."

In order to prove that the inclination of the tower has steadily increased through the centuries, possibly with a disproportionate acceleration during the nineteenth, the Commissioners have the evidence of the two English architects, Henry Cressy and Taylor, who examined the tower in 1817. At that date it was 4 metres 338 millimetres, or about 12 feet 7 inches out of the vertical line, but during the last eighty years the Commission affirms that the tower leans an additional 5.5 millimetres for every metre of its 54 metres in altitude. In other words, the inclination has increased about one foot during the last ninety-three years, and is now 13 feet 7 inches from the perpendicular, or, inclusive of the cornice, 15 feet 11 inches. It is interesting to note that the figures obtained by Cressy and Taylor were furnished by the Italian

Only the Excellence of Its Masonry, Which Makes the Walls One Mass, Has Kept the Structure From Collapsing Long Ago.

Embassy at London from a rare volume in the British Museum, "Architecture of the Middle Ages in Italy," published in 1820.

The Commissioners have found that the reasons for this dangerous incline are principally that the base of the tower has always been immersed in water, and that a deep cistern to drain off this water, dug in 1840, has made matters worse owing to the general character of the subsoil, which extends to the bed of the Arno, but more especially to seismic movements. Unfortunately, no measurements were made immediately after these events, and all evidence bearing upon the point has to be taken from local chronicles. Thus, it is stated that Galileo, who swung his pendulum from the overhanging south cornice in 1610, in his experiments to confirm the laws of gravitation, found nine years later that his pendulum reached further from the base by several inches. In the meantime, there had occurred the earthquake of 1603. It is also stated that after the earthquake of 1814 and 1820 the tower showed a very perceptible increased inclination, but the figures given are the result of

the imagination and not of measure-ments, and are, therefore, useless from a scientific point of view.

With the exception of the evidence drawn from the Cressy and Taylor volume, there is none that can be relied on, it all being the result of careless observation and tradition. The comments of famous travelers have been consulted in vain by the Commission. Here are two extracts, one drawn from John Evelyn, the celebrated English essayist, who visited Pisa in 1644, and the other from John Chetwood Eustace's "Classical Tour," published in 1821, and remarkably cited by Lord Byron:

"The Campanile, or Sestissima, built by John Vanipont, a German, consists of several orders of pillars, 30 in a row, designed to be much higher. It stands alone on the right side of the Cathedral, and is a very remarkable for this, that the beholder would expect it to fall, being built exceedingly destitute, by a rare ad-dress of the architect: and how it is supported from falling I think would puzzle a good geometer. The Dome, or Cathedral, standing near it, is a superb structure, beautified with 8 columns

of great antiquity; the gates are of brass, of admirable workmanship."

"We now proceed to the Campanile or belfry, which is the celebrated leaning tower of Pisa. It stands at the end of the cathedral opposite to the baptistery, at about the same distance. It consists of eight stories, formed of arches supported by pillars, and divided by cornices. The underneath is closed up, the six others are open galleries."

A learned Frenchman of the eighteenth century even suggested—and quite seriously—that the architect was a hunch-back, and made the tower crooked to resemble himself.

Thus, where the Commissioners expected to find a store of valuable data they met nothing but a mass of curious tradition, inadequate observation, and misinformation. Indeed, the popular error indulged in by Evelyn as to the design of the architect is even to be found in some modern guide books. It is a matter of present observation, however, rather than of record, that when the tower was begun, in 1174, after the plans of the architect, Bonannus of Pisa and William of Innsbruck, the structure was intended to

stand erect. The third story, however, had scarcely been reached when it was found to incline toward the south. Work was stopped, and for nearly a century it remained as it was. The five additional stories, completed in 1258, show a slight inclination of structure in the northerly direction, and this added to the fact that the two heaviest bells of the seven in the tower are hung on the northern side shows the attempts that were made in the fourteenth century to maintain the equilibrium of the tower by not its permanent stability. These bells weigh 15,000 pounds, and are named the Assumption and the Crucified Christ.

The Commissioners also found that the modern guardians of the tower had kept it in a deplorable condition, and that several of the 294 steps which lead to the platform of the belfry, 129 feet above the ground, are in danger of displacement and of falling with disastrous results. They suggest that the Government give immediate attention to the condition of the tower with a view to prevent its further leaning and also to repair the interior. The former, they think, can be easily remedied if the tower be properly propped up with timber and a new foundation be built on the southern side resting on piles driven into the subsoil.

It is now seven weeks since the report of the Commission has been handed in, and so far the Government has given no sign. On the other hand, Cardinal Mafrì, himself an illustrious mathematician, has urgently offered to co-operate with the Government in every possible way for

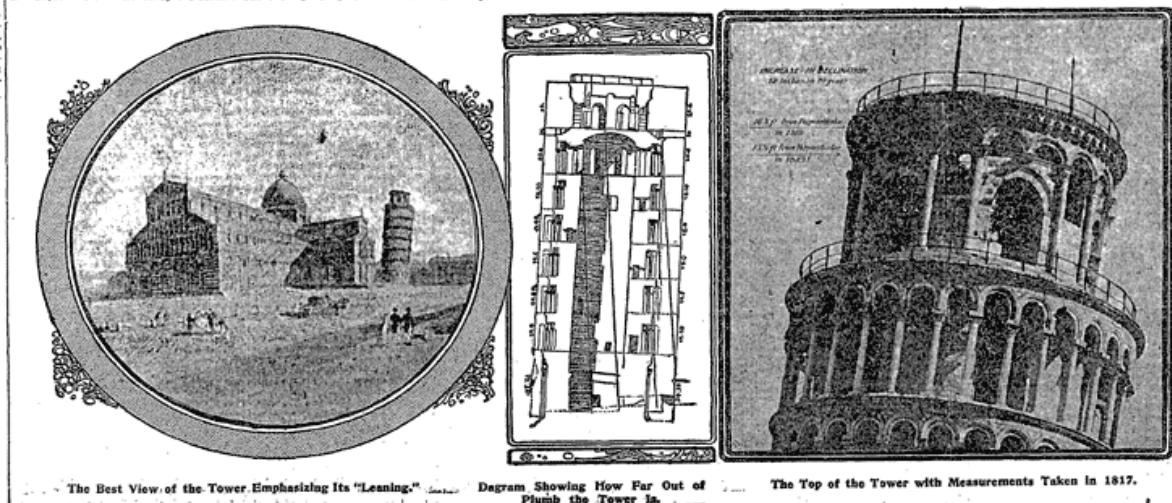
the preservation of this fifth among the seven wonders of the mediæval world. The Cardinal had already given orders to suspend the ringing of the Assumption and the Crucified Christ, and the ringing also of the smaller bells, which in the future are merely to be tolled.

I have interviewed two members of the commission, Signor Cuppini and Signor Bernieri, both well-known engineers. Signor Bernieri said:

"The situation is certainly grave, but we still have plenty of time in which to prevent a calamity. Engineer Cuppini has made an exhaustive study of the conditions of stability and of the material of which the tower is composed, and has found that it is held together much firmer than was the material of which the Campanile di San Marco was composed, although no one can tell what effect a sudden oscillation might produce."

"The first thing to do is to prevent the possibility of all oscillation, brace the tower up from the southern side, support the driving piles with a temporary foundation, and then repair the foundation there by driving piles, on which a new and substantial foundation could be built."

The conversation that I had with the engineer Cuppini was to the same effect. Both vociferously condemned the shortsightedness of the authorities of seventy years ago in attempting to drain the subsoil of the foundation by building a dike-let. Neither believed that the work of repair should cost more than \$20,000. Indeed, I am privately informed that an American firm of builders has offered to do the work much cheaper and to insure the permanent stability of the tower within six months. Cardinal Mafrì is much perturbed over the apparent dilatoriness of the Government.



The Best View of the Tower, Emphasizing Its "Leaning."

Diagram Showing How Far Out of Plumb the Tower Is.

The Top of the Tower with Measurements Taken in 1817.

Mandy's Trial

THE guests at a dinner party were telling stories about queer cases of words and phrases when a woman from Chicago spoke of the efforts of the Scandinavians in the Northwest to get on intimate terms with the English tongue. "They pick up the slang first," she said, "and use it indiscriminately. I was in Wisconsin last Summer, near a place where there had been an outbreak of typhoid fever, and I asked a Swedish woman who was doing some work for me if her family had suffered from it. 'Ay ban best,' she replied, wiping the tears from her eyes, 'my father, my husband, my sister, all in one month, and I think dat was going some, ah?'"

"That reminds me," said a woman who had lived in the South, "of an old maid my down in New Orleans who told me once a most pitiful tale of how she had lived through one of the yellow-fever epidemics. 'One after another the disease had swept over my relatives, while she cared for them as best she could. Her father and mother, her husband, three children, a brother, two sisters, she had watched over day and night, and finally had seen them die. My heart ached and my throat filled up with sympathy and pity for all dat she must have suffered.' 'Oh, Aunt Mandy,' I exclaimed, 'how dreadful it must have been! How did you ever live through it?' 'Yessum,' she replied, 'it was terribel!'"

Sunday Magazine - From September 4, 1910

La Torre di Pisa può cadere come il campanile di Venezia?

Nicola Marotta



TORRE DI PAVIA (1583 -1585)

Nicola Marotta



CROLLO DELLA TORRE DI PAVIA (17 marzo 1989, alle 8.55)

Nicola Marotta



CROLLO DELLA TORRE DI PAVIA (1989)

Nicola Marotta



La torre prima del crollo



Dopo il crollo

CROLLO DELLA TORRE DI PAVIA (1989)

Nicola Marotta



La torre di Pisa può crollare?

I PERICOLI LENTI

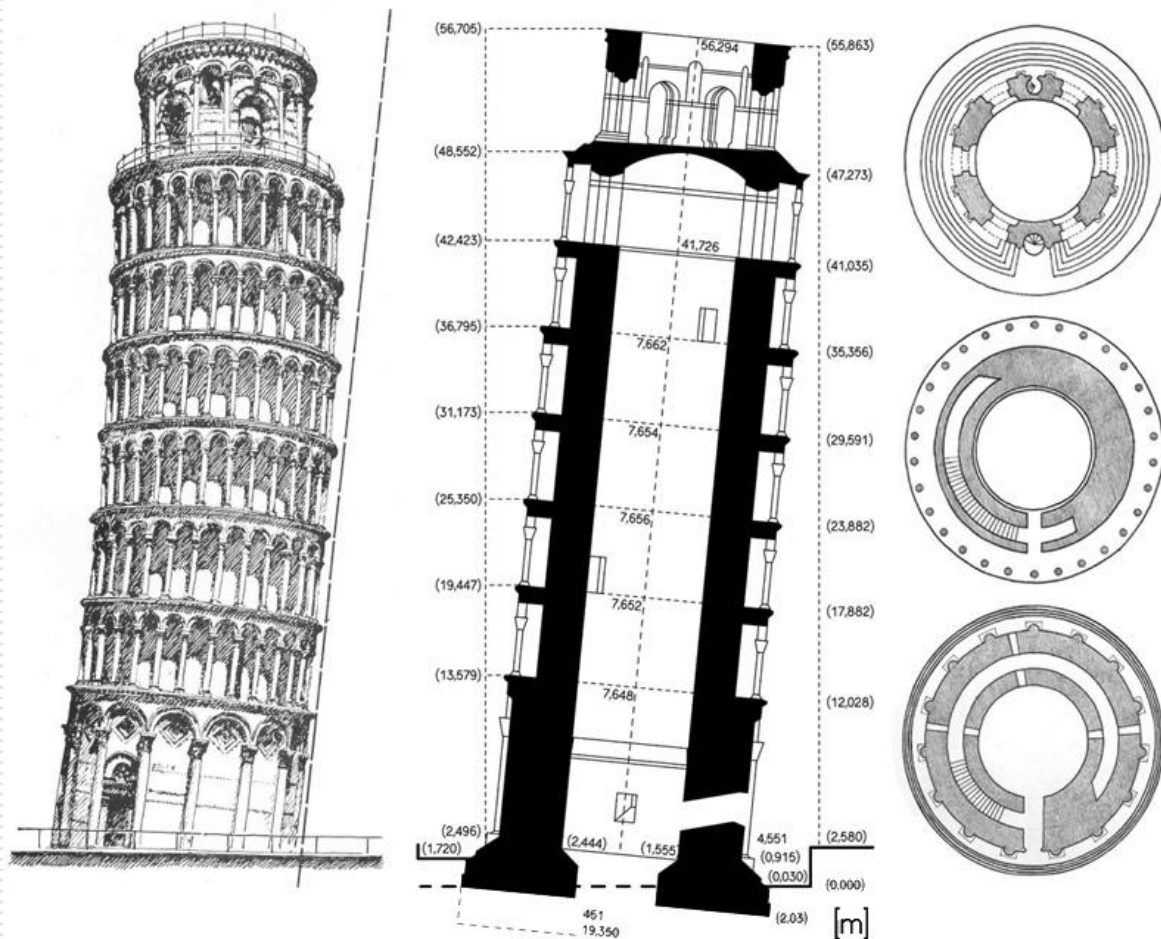
Nicola Marotta



CROLLO DELLA TORRE DI PISA!

Nicola Marotta

La cosiddetta torre pendente di Pisa (chiamata semplicemente torre pendente o torre di Pisa, a Pisa detta "la Torre") è il campanile della cattedrale di Santa Maria Assunta, nella celeberrima piazza del Duomo di cui è il monumento più famoso per via della caratteristica pendenza, simbolo della città e uno dei simboli d'Italia. Si tratta di un campanile a sé stante alto circa 56 metri fuori terra (58,36 metri considerando il piano di fondazione), costruito nell'arco di due secoli, tra il dodicesimo e il quattordicesimo secolo.



Il monumento

Con una massa di 14.453 tonnellate, vi predomina la linea curva, con giri di arcate cieche e sei piani di loggette. La sua pendenza è dovuta a un cedimento del terreno sottostante verificatosi già nelle prime fasi della costruzione.

L'inclinazione dell'edificio misura $4,8^\circ$ rispetto all'asse verticale. La torre è gestita dall'Opera della Primaziale Pisana, ente che gestisce tutti i monumenti della piazza del Duomo di Pisa. È stata proposta come una delle sette meraviglie del mondo moderno.

Il monumento



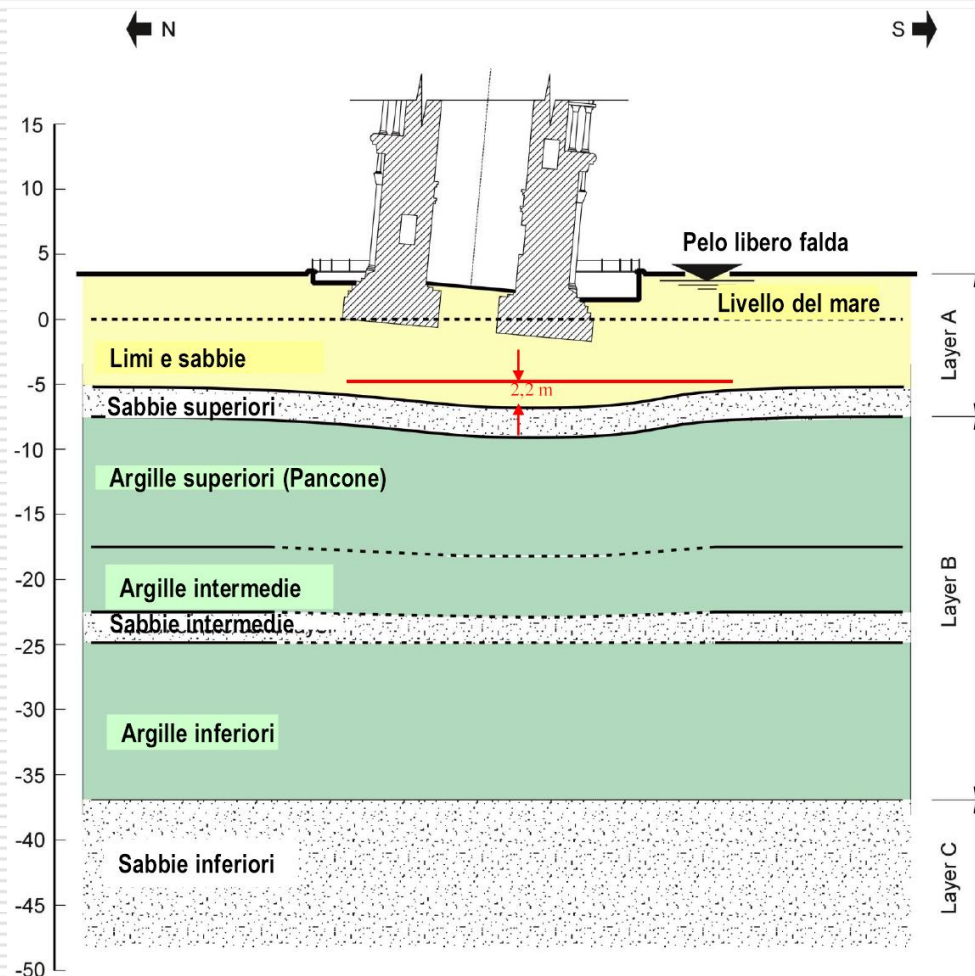
La torre fu costruita su un terreno composto da più strati di materiale argilloso e sabbioso di ambiente fluviale e palustre attraversati, a circa un metro di profondità, da falde d'acqua sotterranee.

La superficie superiore delle argille, pressoché orizzontale su tutta la Piazza dei Miracoli, presenta sotto la Torre una depressione profonda oltre due metri, dovuta alla deformazione indotta nei secoli dal peso della Torre.

Il fenomeno chiamato “leaning instability” è responsabile dell'inclinazione e dello sprofondamento del piano di posa della fondazione valutabile nell'ordine di 2,5 – 3 m rispetto al piano di campagna, accentuato dal fenomeno di subsidenza che interessa l'intera “Piazza dei Miracoli”.

La torre attraverso i secoli ha sempre manifestato un “pericolo di crollo” dovuto a questa causa che ne ha determinato la sua caratteristica.

La causa della pendenza



La torre pendente suscitò nei secoli l'interesse di tanti artisti. Ne parlò nel 1566 anche Giorgio Vasari (esprimendosi in modo poco lusinghiero nei confronti degli autori del monumento:

“Questo Guglielmo, secondo che si dice, l'anno 1174 insieme con Bonanno scultore fondò in Pisa il Campanile del Duomo.... Ma non avendo questi due architetti molta pratica di fondare in Pisa, e perciò non palificando la platea come dovevano, prima che fossero al mezzo di quella fabbrica essa inclinò da un lato et piegò in sul più debole di maniera che il detto campanile pende sei braccia e mezzo fuor dal dritto suo secondo che da quella banda calò il fondamento. Et se bene ciò nel disotto è poco, all'altezza si dimostra assai con fare stare altrui meravigliato come possa essere come non sia rovinato o non abbia gettato peli.”



Giorgio Vasari

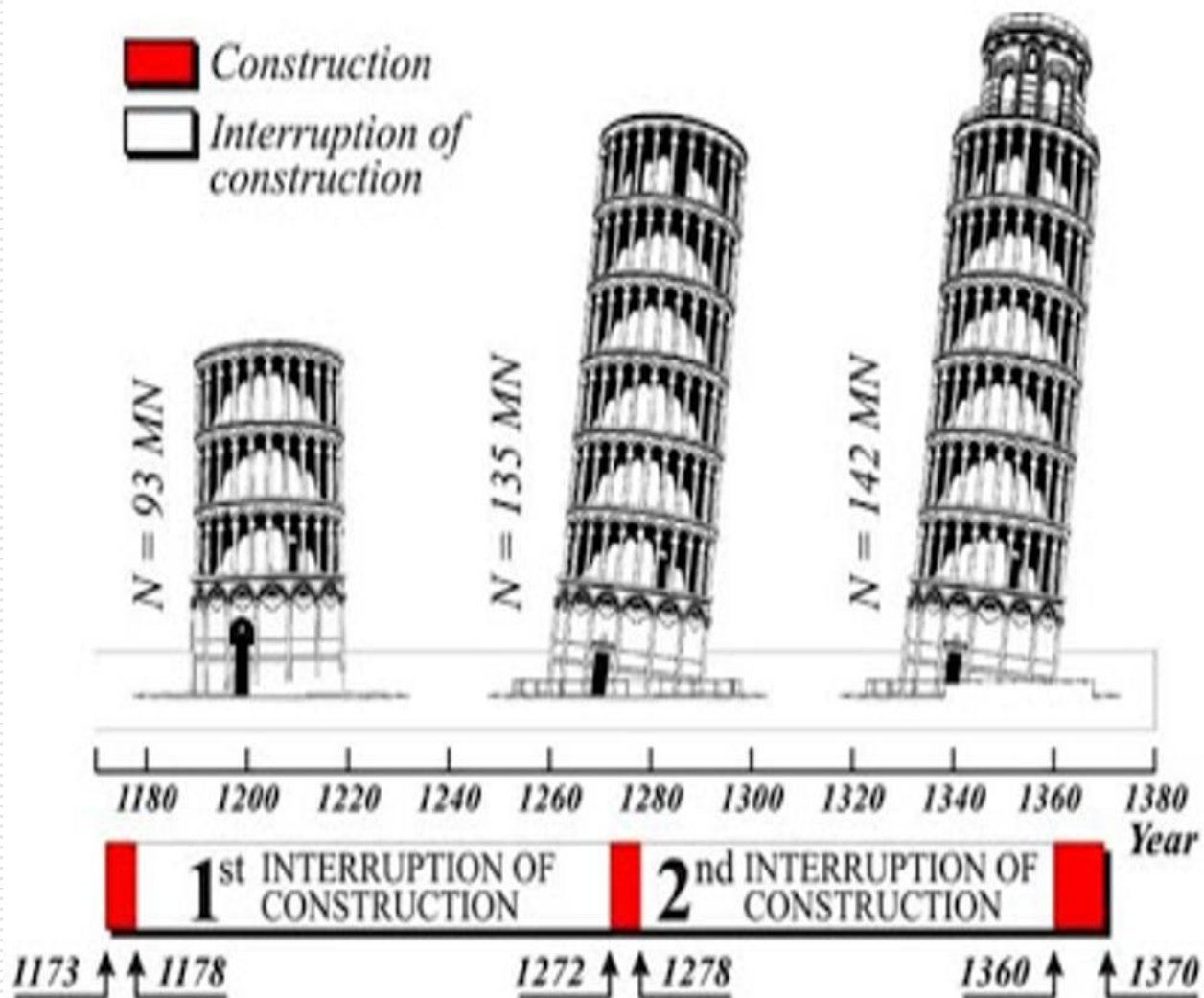
Il parere del Vasari

LA CAUSA DELLA PENDENZA

Nicola Marotta

Una prima interruzione di lavori si ebbe nel 1179 all'altezza del quarto ordine, poiché già i primi tre piani presentavano una certa inclinazione. I lavori ripresero all'inizio del XIII secolo con la costruzione della torre fino al settimo ordine. Dal 1260 li condusse Giovanni di Simone, che però morì nella battaglia della Meloria (1289), battaglia che decretò la decadenza di Pisa come Repubblica Marinara, ma che determinerà, con la II sospensione dei lavori, la “fortuna” della torre e la conseguente possibilità di ammirare oggi una delle sette meraviglie del mondo moderno.

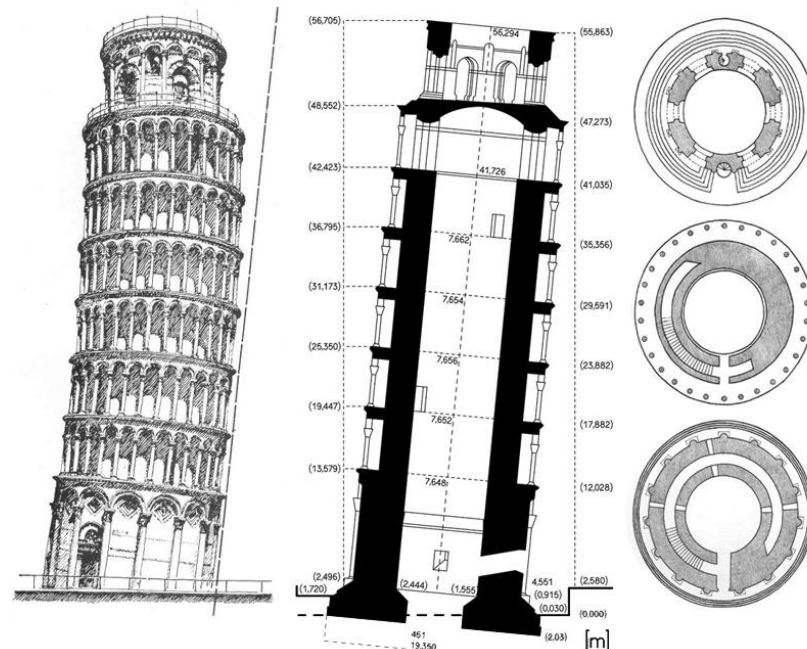
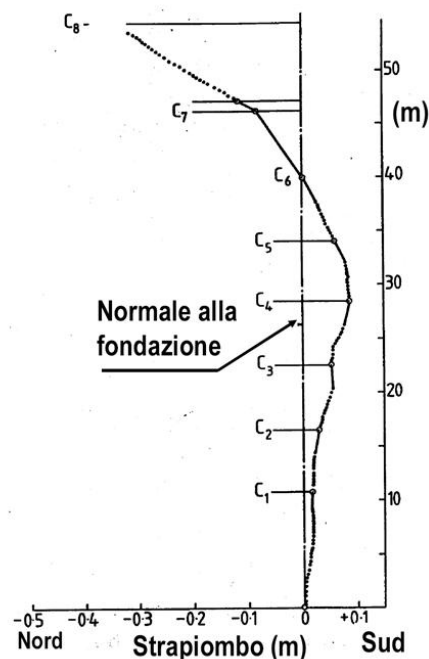
Le interruzioni



I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta

A causa del terreno "con scarsa resistenza per la presenza di acque superficiali" i cedimenti relativi alla torre venivano "corretti" durante l'esecuzione dei lavori dal maestrum lapidum che utilizzando uno scandaglio traduceva i rilievi in alleggerimenti e sovraccarichi mediante ricorsi in muratura ad altezza variabile, nei punti opportuni della struttura mano a mano che questa procedeva verso l'alto.



. Le regole che seguiva erano sostanzialmente due:

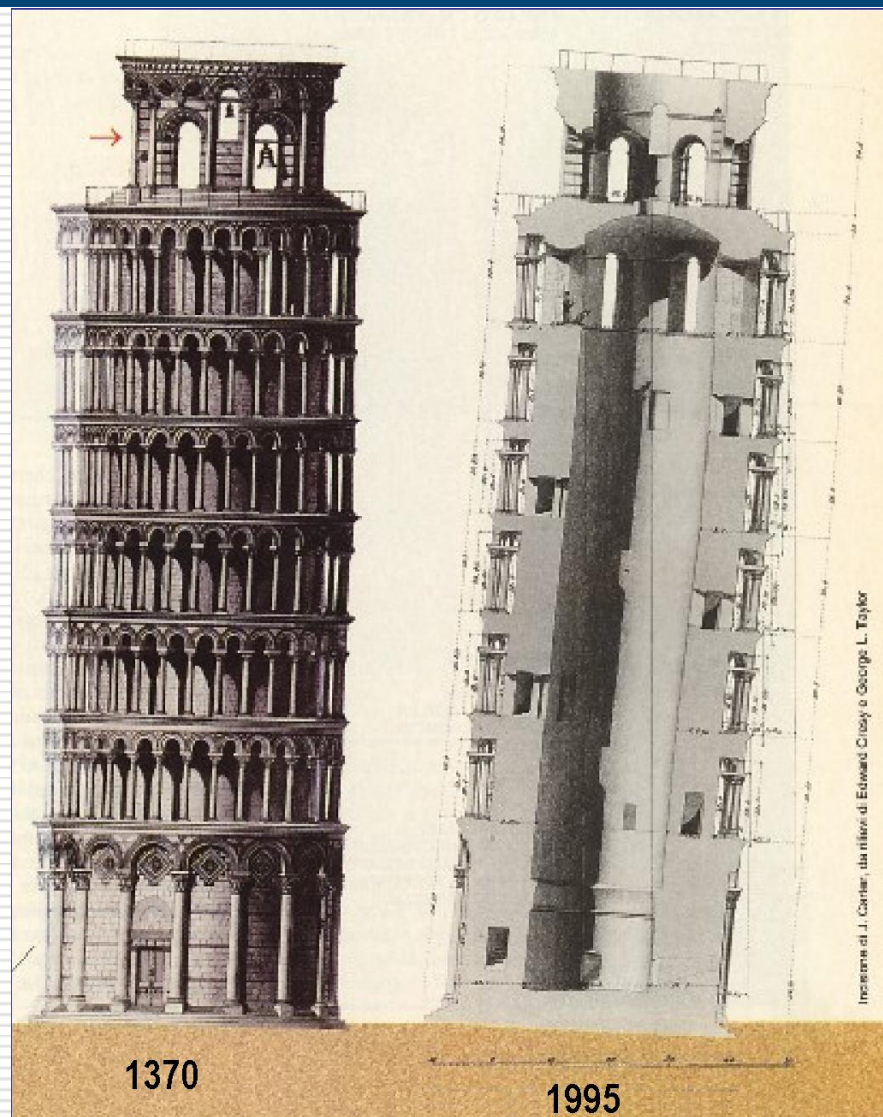
- orizzontamento del nuovo piano d'imposta (c.d. a spianata);
- allineamento del centro del nuovo piano d'imposta con il centro del piano di fondazione (c.d. a piombo).

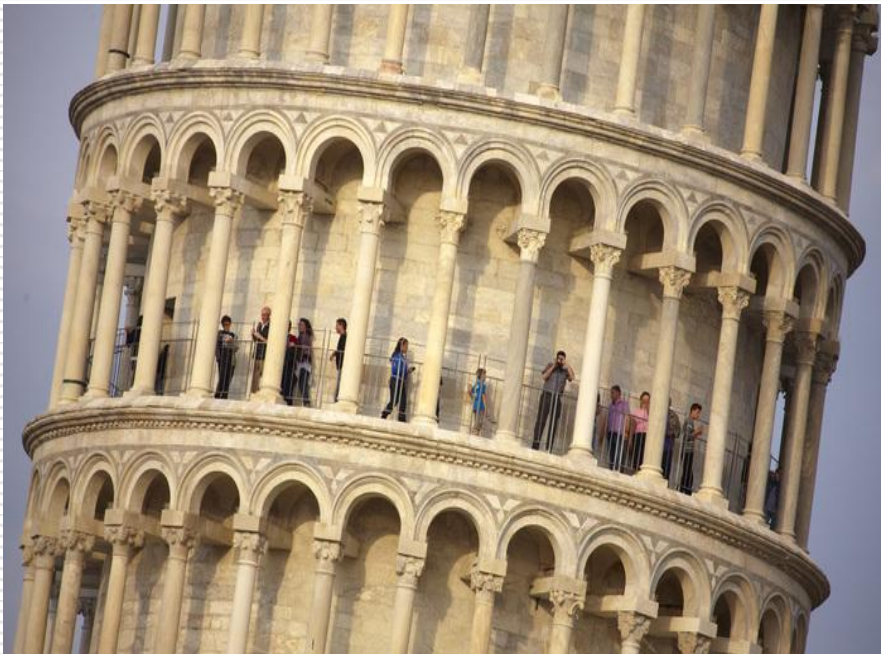
Correzioni della pendenza
Nicola Marotta

A causa della pendenza la torre è stata soggetta a due particolari rischi:

- un **rischio di rottura fragile** della muratura a livello della prima loggia, con conseguente possibile collasso dell'intera sovrastruttura (rischio strutturale);
- un **rischio di ribaltamento** per rottura dei terreni di fondazione (rischio geotecnico).

Rischio di crollo





LA TORRE, A CAUSA DEL SUO AUMENTARE DELL'INCLINAZIONE DI DISLIVELLO, FU' CHIUSA ED INTERDETTA AL PUBBLICO NEL 1990

Chiusura della torre

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta



I rischi di crollo dovuti al progressivo aumento dell'inclinazione della Torre di Pisa indussero nel 1990 il Governo a nominare un comitato scientifico di esperti per porre rimedio al problema. I TRE INGEGNERI RESPONSABILI DEL PROGETTO DI SOTTOESCAVAZIONE E MESSA IN SALUTE DELLA TORRE DI PISA. DA DX Prof. John Boscawen Burland Ordinario di Geotecnica, Imperial College Science and Technology di Londra Prof. Ing. Michele Jamiolkowski Ordinario di Geotecnica, Politecnico di Torino Prof. Carlo Viggiani Ordinario di Tecnica delle Fondazioni, Università di Napoli

Nomina di una commissione - I responsabili del progetto

RISCHIO DI CROLLO
Nicola Marotta

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

LEGGI, DECRETI E ORDINANZE PRESIDENZIALI

LECGE 7 marzo 1997 n. 53

Disposizioni urgenti per la salvaguardia della Torre di Pisa.

Rischio di crollo

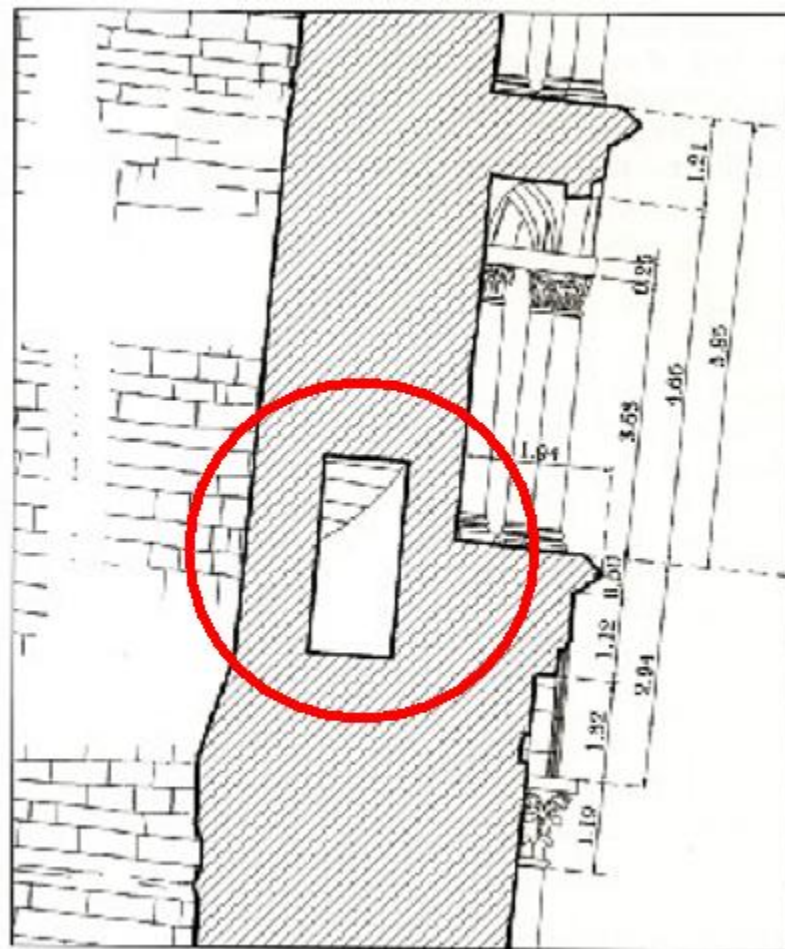
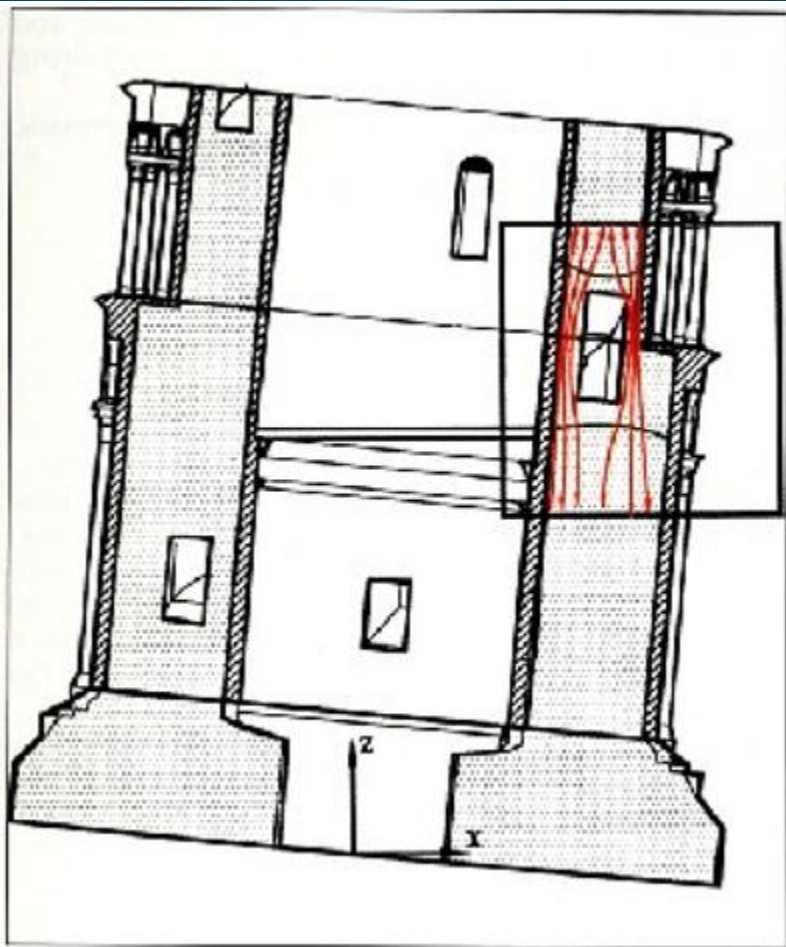
I PERICOLI LENTI
Nicola Marotta

Dal punto di vista strutturale, il **rischio** maggiore per il Campanile è quello di una rottura della muratura sul lato sud (il lato sotto pendenza), in particolare al livello della loggia del I° ordine, che comporterebbe il crollo di tutta la struttura sovrastante. Questa è una vera e propria “zona critica” della Torre: nei secoli, con l’aumento della pendenza, è stata sottoposta a sollecitazioni sempre maggiori (in particolare a sforzi di compressione verticale) e ciò ne ha indebolito la resistenza. Dal punto di vista geotecnico la Torre corre due tipi di **rischi**. Il primo è legato all’inclinazione, calcolata in circa 5 gradi e mezzo, che genera una rotazione, la quale a sua volta fa aumentare la pressione sull’area su cui si trova la costruzione; ciò causa un ulteriore aumento della rotazione e così via, fino al ribaltamento. Il secondo **rischio** è quello di una rottura del terreno di fondazione, che causerebbe anch’esso il ribaltamento della Torre.

Rischio strutturale e geotecnico

RISCHIO DI COLLASSO

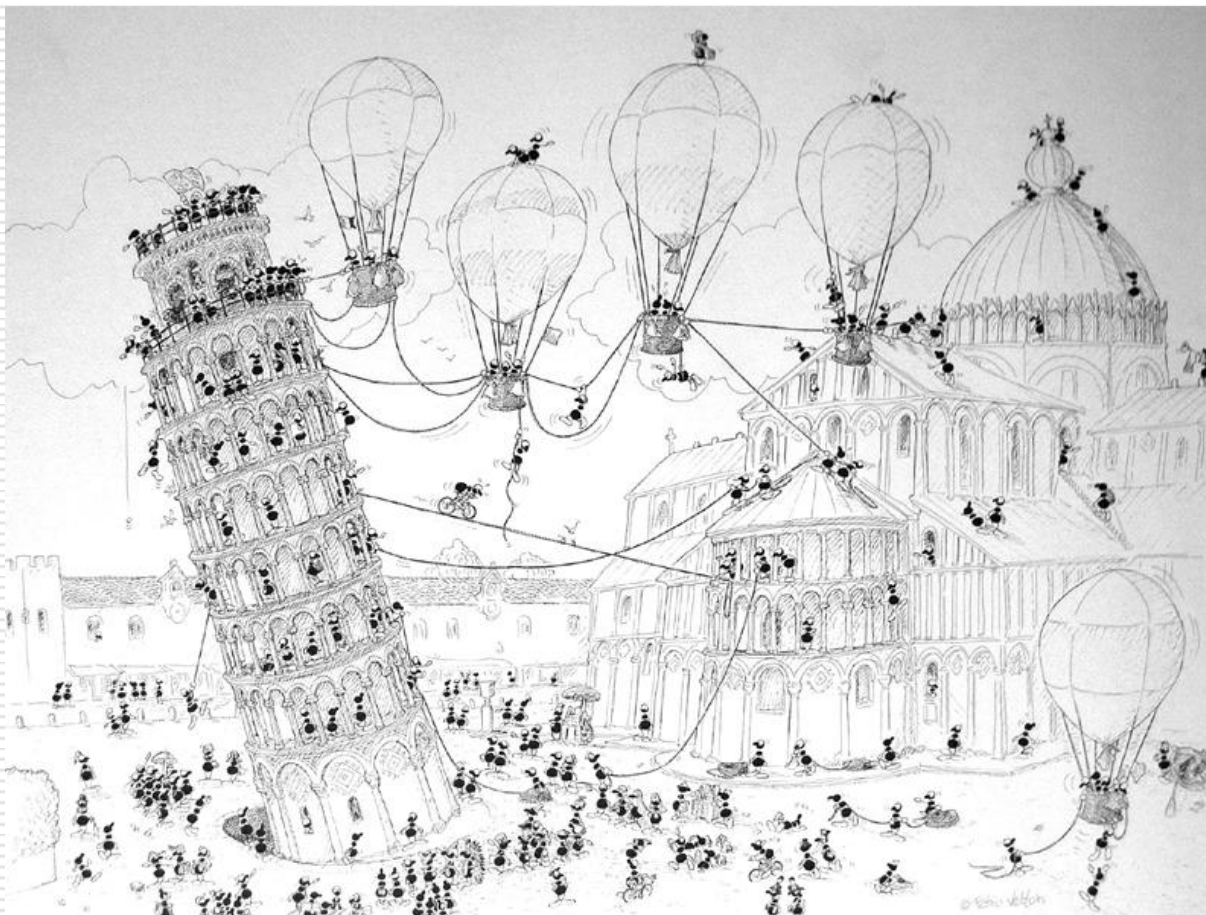
Nicola Marotta



La zona critica

RISCHIO STRUTTURALE

Nicola Marotta

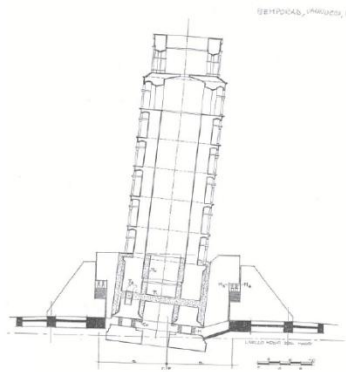


Quale soluzione?

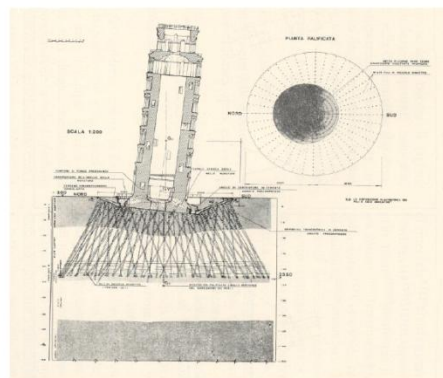
LA SOLUZIONE PROGETTUALE

Nicola Marotta

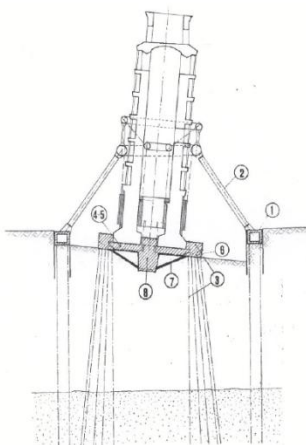
Altre soluzioni



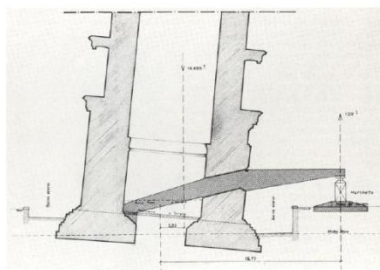
Benporad, Vannucci,
1963



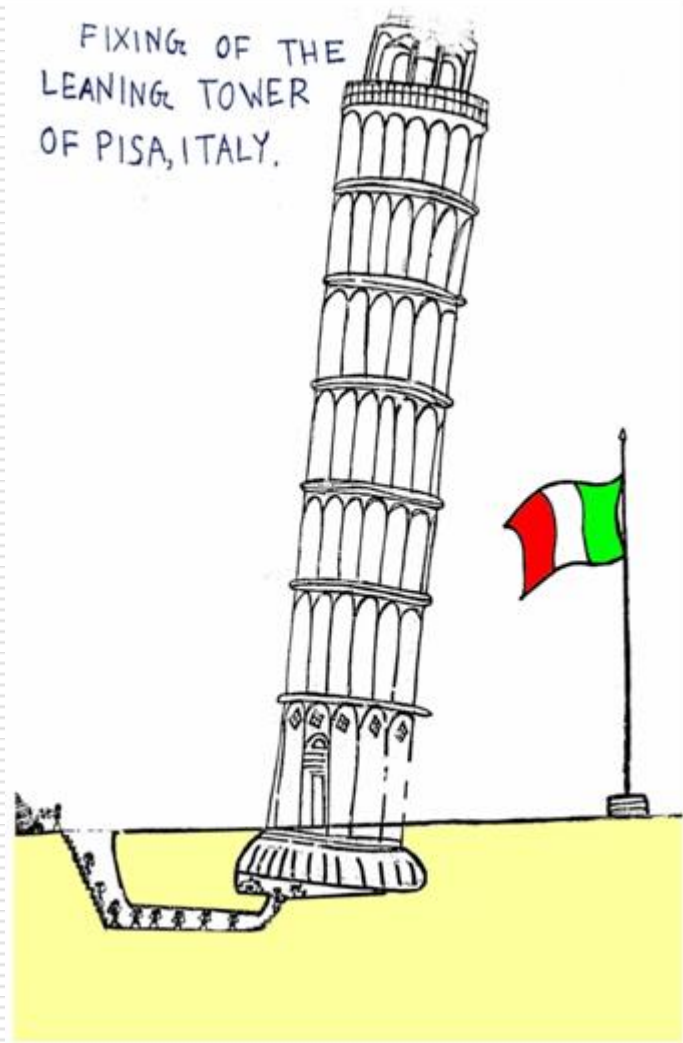
Fondedile, 1973



Gruppo di
progetto, 1987

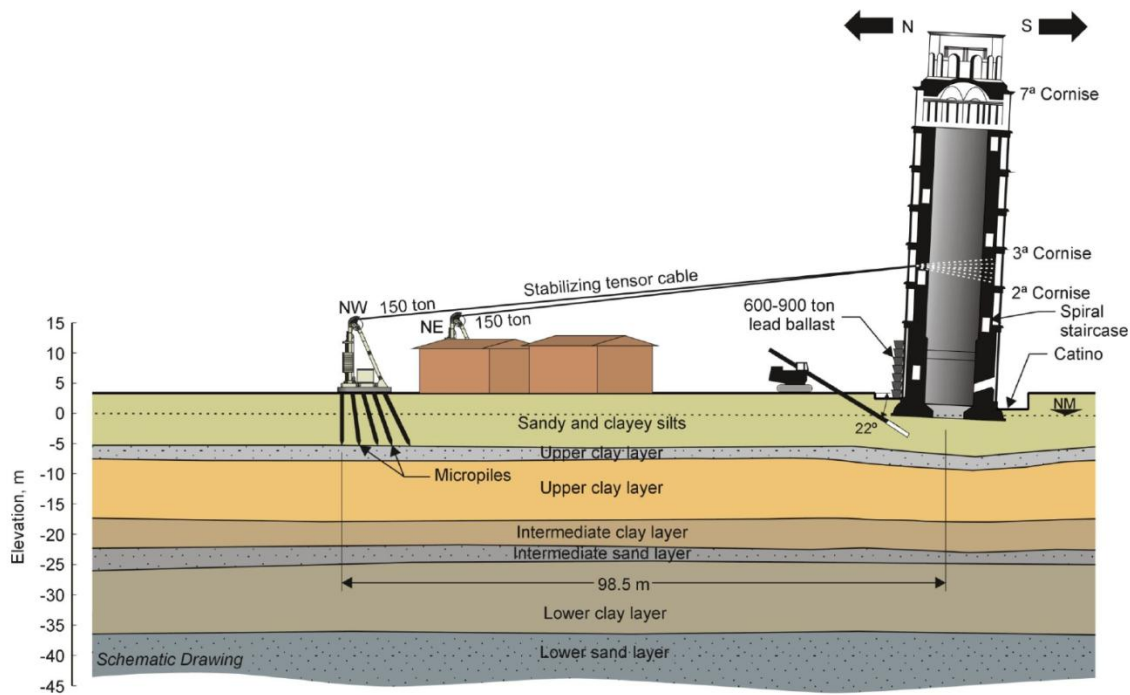
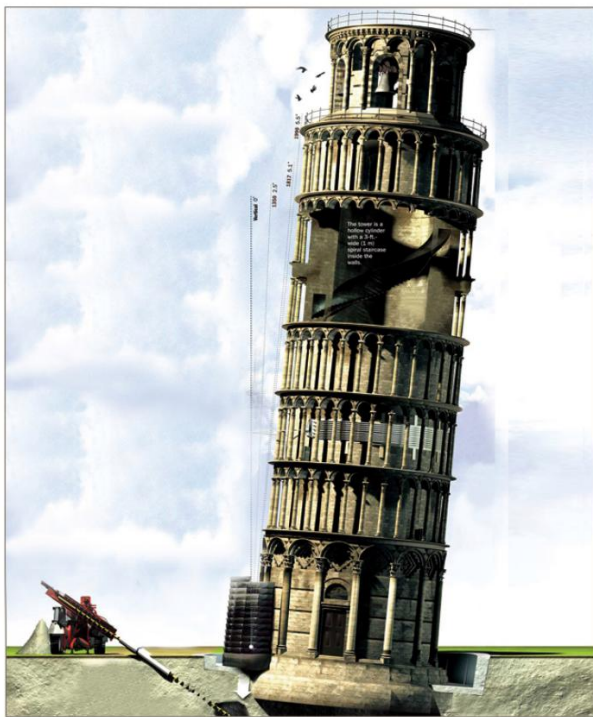


Colonnetti, 1963



Il suggerimento di Chumki Bhaban 9 anni, Bangla Desh 1995

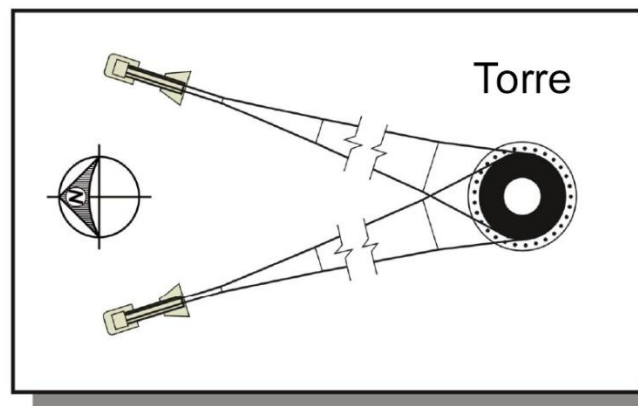
I PROGETTI
Nicola Marotta



Underexcavation

LA SOLUZIONE PRESCELTA

Nicola Marotta



Stralli in acciaio per eventuale sostegno in corso d'opera

LA STRUTTURA DI PRESIDIO

Nicola Marotta

1996-1997.

La messa in sicurezza attraverso coppie di tiranti di acciaio pronti ad entrare in funzione qualora la torre, durante il lavoro di sottoescavazione, perdesse stabilità

Coppie di tiranti



MESSA IN SICUREZZA

Nicola Marotta



Coppie di tiranti

MESSA IN SICUREZZA

Nicola Marotta

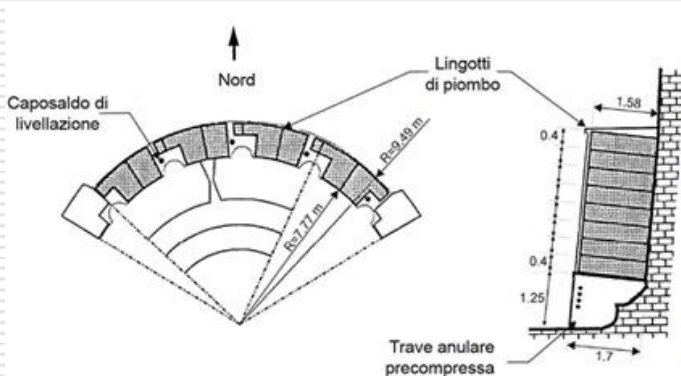
1993-1994. SUSSEGUENTE I PRIMI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA ATTRAVERSO RINFORZAMENTI DEGLI ANELLI CON CAVI DI ACCIAIO, FU' DECISO DI INTERVENIRE CON URGENZA ALL'ARRESTO DEL CONTINUO AUMENTARE LA SUA INCLINAZIONE. PER FARE QUESTO VENNERO POSIZIONATE TONNELLATE DI PIOMBO ALLA SUA BASE DALLA PARTE OPPOSTA ALLA SUA PENDENZA.



Accumulo di lingotti di piombo.

Appesantimento sul lato soprapendenza

Nicola Marotta



Contrappesi in piombo lato nord

Interventi di messa in sicurezza
Nicola Marotta



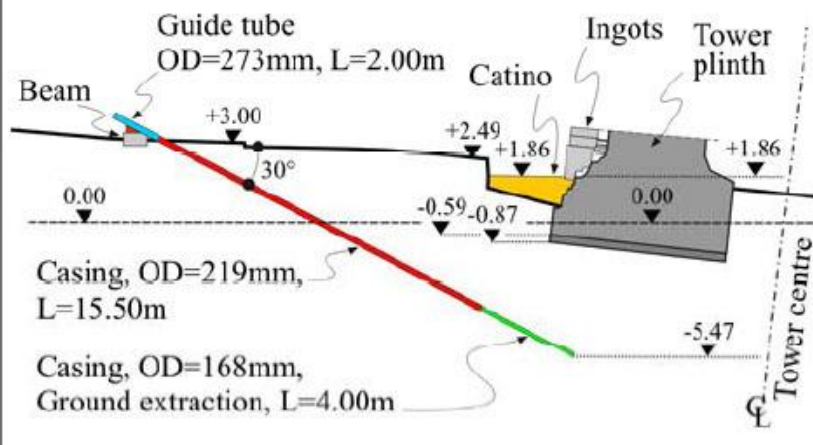
Contrappesi di piombo in lingotti

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta



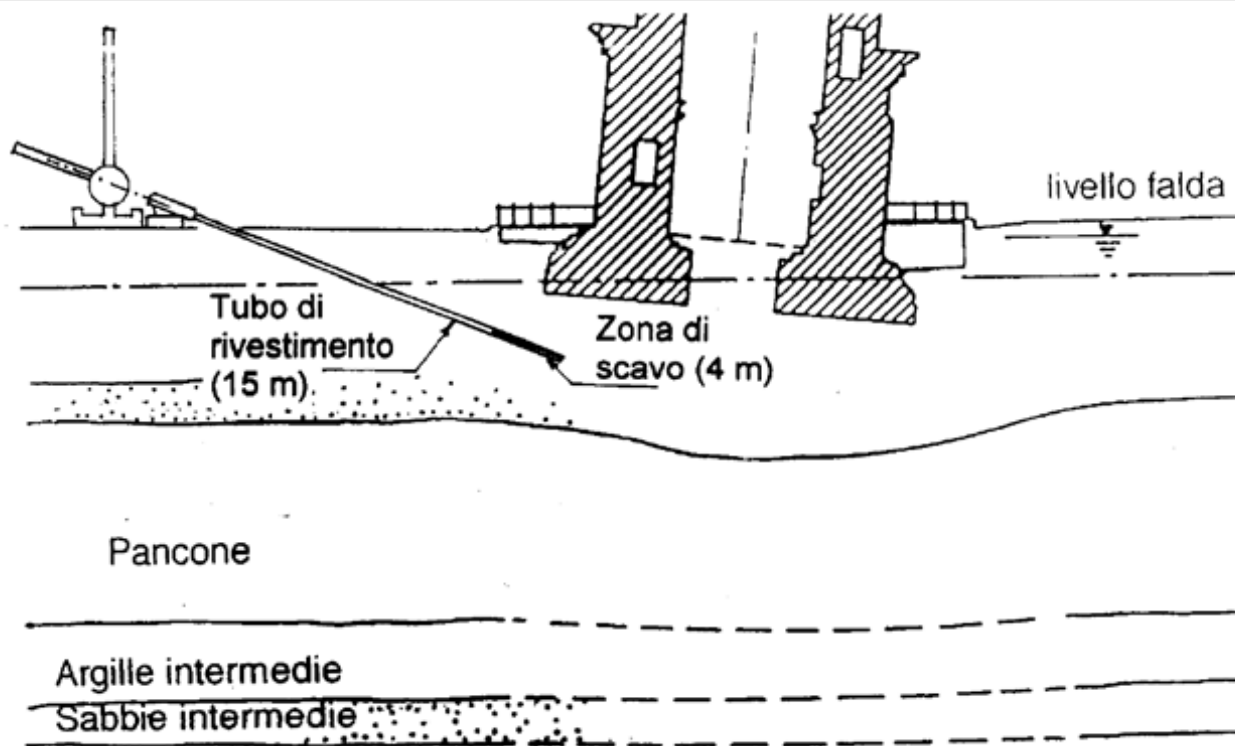
Preliminary underexcavation Extraction hole - Section A-A'



Sottoescavazione

UNDEREXCAVATION

Nicola Marotta



Sottoescavazione

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta



Cantiere e particolare delle trivelle

UNDEREXCAVATION

Nicola Marotta



Sottoescavazione

UNDEREXCAVATION

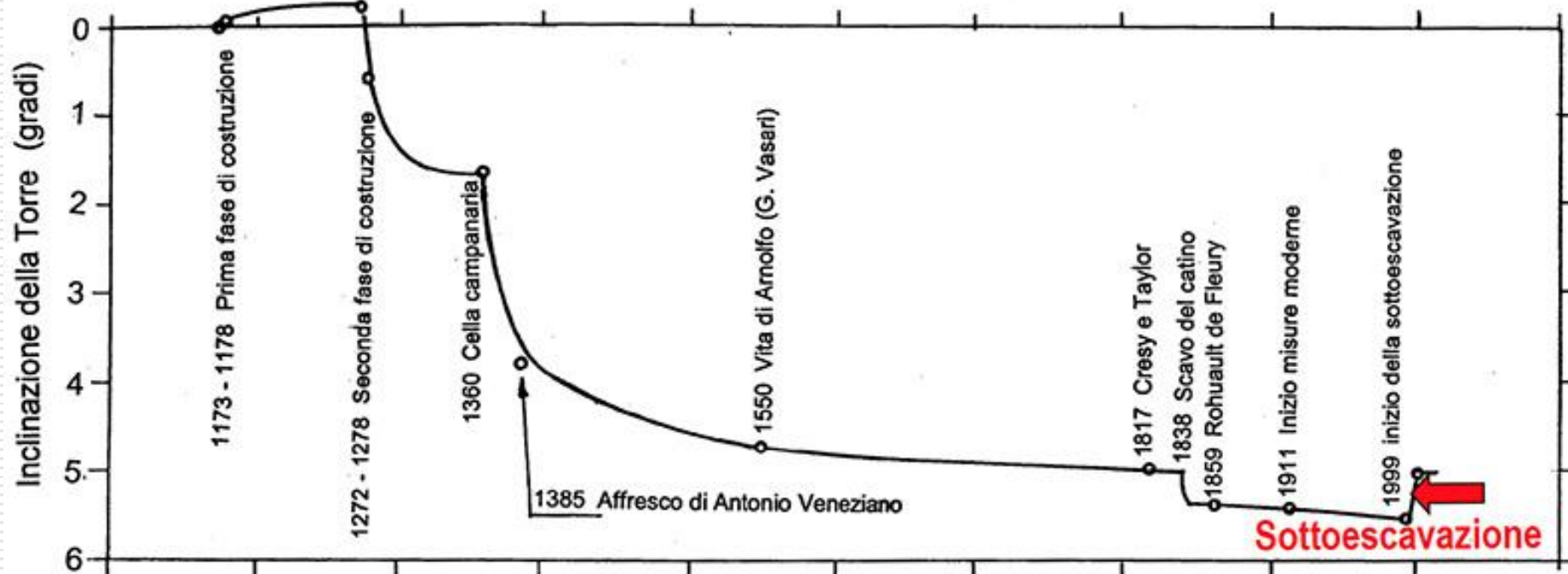
Nicola Marotta



Sottoescavazione

UNDEREXCAVATION

Nicola Marotta

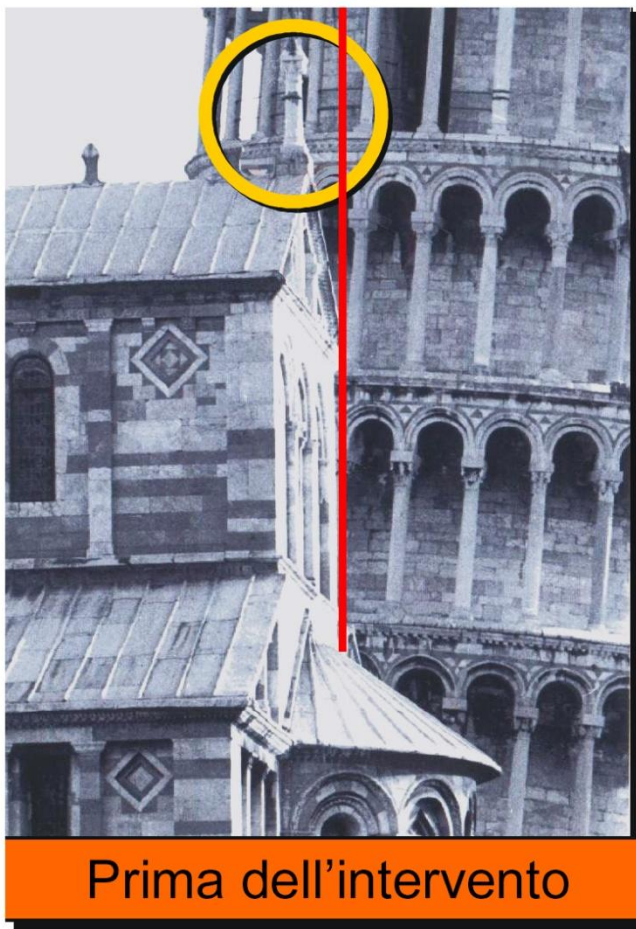


Sottoescavazione

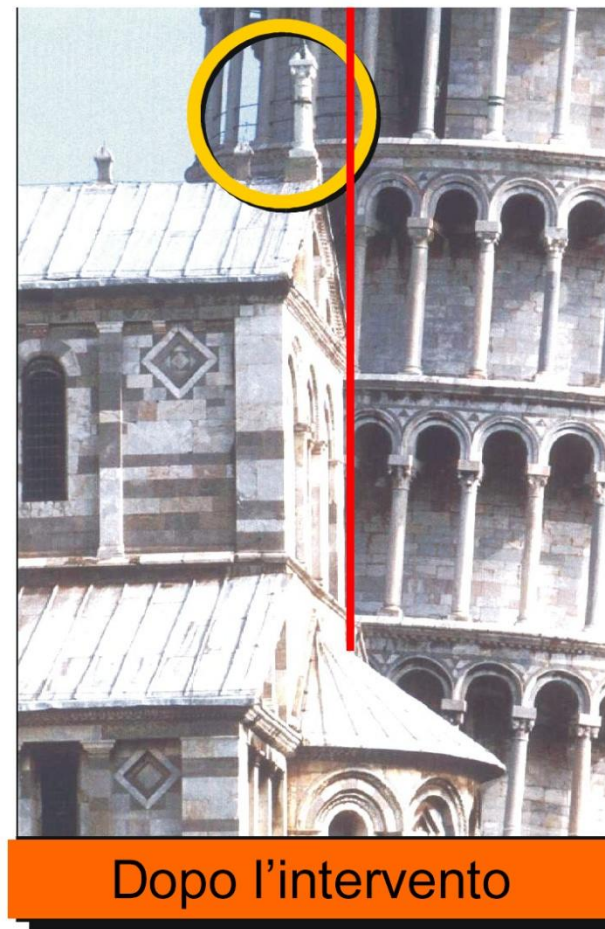
UNDEREXCAVATION

Nicola Marotta

1992



2001



Il rischio è stato fatto retroagire a semplice pericolo

IL RISULTATO FINALE

Nicola Marotta

Alla fine dell'operazione, la torre è stata raddrizzata di circa il 10%, l'equivalente di altri 300 anni di vita. Nel marzo del 2008 si raggiunse la certezza che gli interventi avevano dato l'esito sperato. La torre è ritornata ad una inclinazione di 5 gradi, non ha più imbracature o sostegni visibili ed è di nuovo visitabile.

Si è stimato che gli interventi degli anni Novanta abbiano regalato alla torre altri 3 secoli di vita. E così la ammiriamo ancora, dolcemente inclinata su quella splendida piazza che tutti chiamano «Piazza dei Miracoli».



La fine dei lavori

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta



Piazza dei miracoli

I PERICOLI LENTI

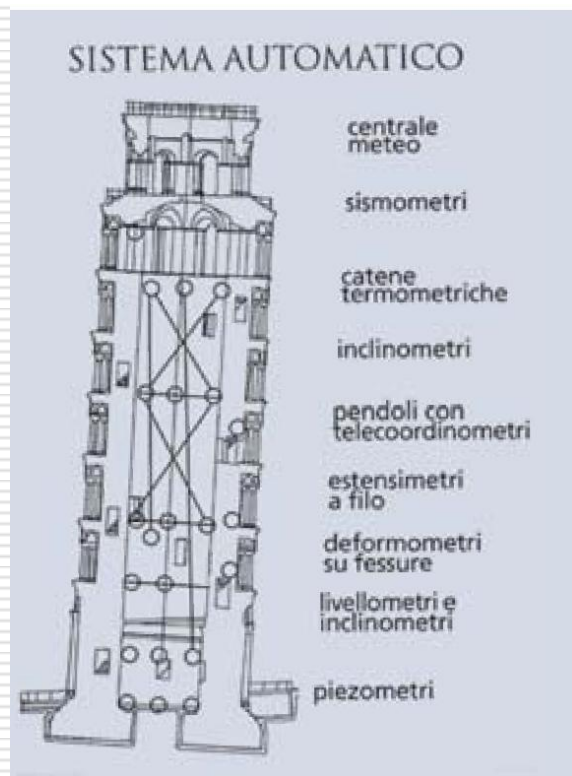
Nicola Marotta

Dal Marzo 2008 la torre ha quindi raggiunto il livello definitivo di assestamento sotto il profilo dell'inclinazione, tornata ad essere con uno spostamento di 3,99 metri come nel 19° secolo e tale valore dovrebbe rimanere inalterato per almeno altri 300 anni.

In tal modo si è potuto risolvere una situazione di rischio riconducendo il sistema allo stato di pericolo iniziale. Pericolo che tuttavia non è stato eliminato ma continua ad esistere e ad essere controllato mediante un sistema automatico di monitoraggio che si avvale di tutta una serie di sofisticate strumentazioni idonee a segnalare qualsiasi mutamento.

Il pericolo permane





STUDENTI E SPECIALISTI AL LAVORO DI RILEVAZIONE ALL'INTERNO DELLA TORRE DI PISA

Sistema di monitoraggio

I PERICOLI LENTI

Nicola Marotta

Il sistema comprende un monitoraggio statico e uno dinamico che si avvale di: centrale meteo, sismometri, catene termometriche, inclinometri, pendoli con telecoordinometri, estensimetri a filo, deformometri su fessure, livellometri, piezometri, etc., idonei a segnalare qualsiasi mutamento.

In particolare il monitoraggio statico è attualmente effettuato da quattro gruppi di strumenti:

- 1) tre pendoli a filo e dei telecoordinometri, posti su quattro livelli, che, percependo lo spostamento in orizzontale di punti sulla superficie interna del Campanile, indicano eventuali spostamenti dell'asse verticale del monumento.
- 2) dieci deformometri elettrici misurano le variazioni delle fessure della struttura in condizioni normali.
- 3) una “capannina meteo” registra i dati ambientali (irraggiamento solare, temperatura, velocità e direzione del vento).



Sistema di monitoraggio

I PERICOLI LENTI
Nicola Marotta

In questo caso si è passati da una **possibilità** di danno a una **potenzialità** di danno.

Possiamo affermare con ragionevole certezza che oggi a seguito degli interventi effettuati, rispetto al citato rischio strutturale e geotecnico, la torre di Pisa **NON POSSA CADERE PUR AVENDONE LA POTENZIALITÀ**.

Questa certezza rimarrà tale fino a quando il sistema di monitoraggio installato non segnalerà un mutamento, un cambiamento delle sue condizioni di equilibrio, ovvero una situazione di rischio.

La torre di Pisa **NON PUÒ** cadere

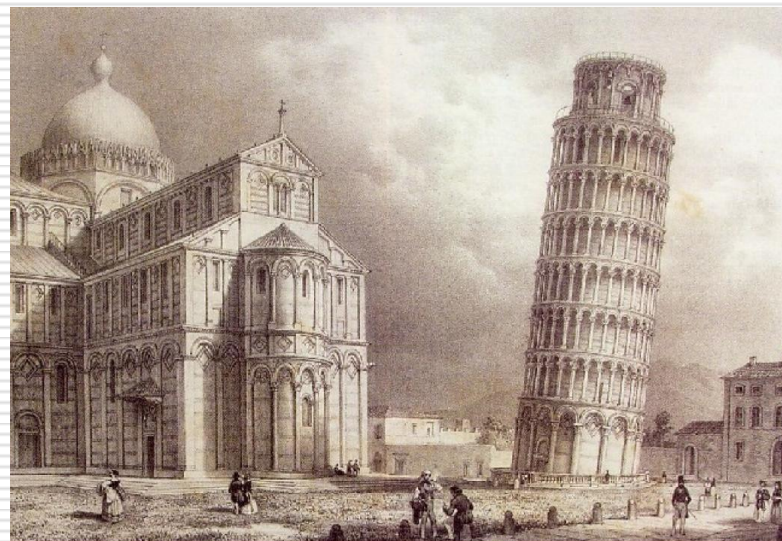


*«Evviva la Torre di Pisa
che pende, che pende
e mai non cadrà»*

La filastrocca che da bimbi
abbiamo cantato tutti; e che ora,
per stare al passo coi tempi,
potrebbe essere modificata
aggiungendo la frase:

«pur avendone la potenzialità».

IL PERICOLO PERMANE



Conclusioni
Nicola Marotta

Grazie per
l'attenzione

Approfondimenti



Conclusioni
Nicola Marotta