

# Indice

## PARTE I

### Materiali per un atlante delle patologie presenti nelle aree archeologiche e negli edifici ridotti allo stato di rudere

- 
- 9 PRESENTAZIONE  
*PAOLO Mauriello*
- 13 LA VULNERABILITÀ DI EDIFICI RIDOTTI ALLO STATO DI RUDERE  
*The vulnerability of ruined buildings*
- 28 IL VALORE DOCUMENTARIO DI EDIFICI ALLO STATO DI RUDERE  
*The informational value of ruined buildings*
- 35 UN ATLANTE DELLE CAUSE DEPERIMENTO  
*An atlas of the causes of deterioration*
- 
- I. I TERRENI  
*The terrains*
- 37 I.0. SUPERFICI DELLE TERRE E DELLE ROCCE  
*land and rock surfaces*
- 41 I.1. I TERRENO VEGETALE NON CONTROLLATO  
*uncontrolled plant terrain*
- 41 I.2. TERRENO LAVORATO  
*modified terrain*
- 41 I.3. TERRENO DI SCAVO NON ORIZZONTALE  
*non-horizontal excavation terrain*
- 42 I.4. DIFFERENZE DI TERRENO E CONTATTO CON MATERIALI DIVERSI  
*differences in terrain and contact with different materials*
- 43 I.5. PRESENZA DI MATERIALI DI ACCUMULO  
*presence of accumulation materials*
- 43 I.6. DIFFERENZA DI SCAVO EMERGENTE  
*difference of emergent excavation*
- 43 I.7. DIFFERENZE DI CONSISTENZA DI STRATIFICAZIONE  
*differences in stratification consistency*
- 44 I.8. PARETI DI SCAVO VERTICALI  
*vertical excavation walls*
- 44 I.9. PARETI DI SCAVO INCLINATE  
*inclined excavation walls*
- 46 I.10. RIEMPIMENTI  
*refilling*
- 46 I.11. RIEMPIMENTI CON FUNZIONE STRUTTURALE  
*refilling with a structural function*
- 47 I.12. SUPERFICI ROCCIOSE O DI TERRA  
*rocky or muddy surfaces*
- 47 I.13. FALESIE E SCOGLIERE  
*falaises and cliffs*
- 48 I.14. TERRENI UMIDI, TORBIERE, PALUDI E FRONTI E RIVE LACUSTRI  
*moist terrain, bogs, swamps, lake fronts and shores*
- 48 I.15. SCAVI CLANDESTINI  
*clandestine excavations*
- 49 LE MURATURE  
*Walls*
- 
2. LA PERDITA DI VERTICALITÀ NELLE STRUTTURE MURARIE  
*Loss of verticality in wall structures*
- 65 2.0 PERDITA DI VERTICALITÀ NELLE STRUTTURE MURARIE  
*loss of verticality in wall structures*
- 65 2.1. DIFFERENZE DI MATERIALI  
*differences in materials*
- 66 2.2. DIFFERENZE DI APPARECCHIO  
*differences in fittings*
- 67 2.3. ROVESCIAMENTO DI CRESTA  
*overturning of wall crests*
- 68 2.4. SLITTAMENTO AL PIEDE  
*slippage at base*
- 69 2.5. SPINTA MEDIANA  
*median thrust*
- 69 2.6. CEDIMENTO DI BASE  
*failing at base*
- 
3. LA PERDITA DI ORIZZONTALITÀ NELLE STRUTTURE MURARIE  
*Loss of horizontality in wall structures*
- 71 3.0. LA PERDITA DI ORIZZONTALITÀ NELLE STRUTTURE MURARIE  
*loss of horizontality in wall structures*
- 71 3.1. SMEMBRAMENTO DEGLI ELEMENTI DI PICCOLA TAGLIA  
*detachment of small elements*
- 71 3.2. ROVESCIAMENTO DEGLI ELEMENTI DI GRANDE TAGLIA  
*overturning of large elements*
- 72 3.3. SPOSTAMENTO DI ELEMENTI LAPIDEI PER CALPESTIO O LAVORAZIONI  
*shift of stone elements due to treading or treatments*
- 72 3.4. PRESENZA DI MATERIALI DIVERSI  
*presence of different materials*

74	3.5.	EROSIONE DELLA TERRA <i>earth erosion</i>	93	5.4.	FENOMENI DI INFILTRAZIONI A MONTE DEI MURI <i>seepage at the top of walls</i>
74	3.6.	SCAVI ARCHEOLOGICI NON PROTETTI <i>degeneration of unprotected archeological excavations</i>	94	5.5.	ACQUE RITENUTE DA TERRENI SMOSSI E PIANTE <i>water retained by loose earth and plants</i>
<hr/> <b>4. LA PERDITA DI ALLINEAMENTO NELLE MURATURE</b> <b><i>Loss of alignment in walls</i></b>			94	5.6.	INEFFICACI SISTEMI DI RACCOLTA E SMALTIMENTO <i>ineffective collection and drainage systems</i>
75	4.0.	LA PERDITA DI ALLINEAMENTO NELLE MURATURE <i>loss of alignment in walls</i>	95	5.7.	ACQUE CONCENTRATE IN POCHE AREE IMPERMEABILI <i>water concentrated in a few impermeable areas</i>
75	4.1.	DIFFERENZE DI COMPORTAMENTO DEI MURI <i>differences in wall behavior</i>	95	5.8.	RUSCELLAMENTO NELLE SUPERFICI VERTICALI <i>streaming on vertical surfaces</i>
77	4.2.	SOLLECITAZIONI ESTERNE <i>external stresses</i>	95	5.9.	CONCREZIONI CALCAREE <i>calcareous concretion</i>
77	4.3.	ROTAZIONI <i>rotations</i>	<hr/> <b>6. L'AZIONE DI FATTORI AMBIENTALI</b> <b><i>Effect of environmental factors</i></b>		
78	4.4.	VIBRAZIONI E MARTELLAMENTI <i>vibration and pounding</i>	97	6.0.	L'AZIONE DI FATTORI AMBIENTALI <i>effect of environmental factors</i>
78	4.5.	PUNTELLAMENTI E/O CONSOLIDAMENTI <i>shoring and consolidation</i>	98	6.1.	VARIAZIONI DI TEMPERATURA <i>temperature variations</i>
81	4.6.	PRESENZA DI INTONACI <i>presence of plasters</i>	100	6.2.	EFFETTO VENTO DOMINANTE <i>dominant wind effect</i>
81	4.7.	PAVIMENTAZIONI <i>floors</i>	100	6.3.	VENTO A RAFFICA <i>wind gusts</i>
84	4.8.	DEGENERAZIONE PER SCAVI ARCHEOLOGICI NON PROTETTI <i>degeneration of unprotected archeological excavations</i>	100	6.4.	VENTO INCANALATO <i>channeled wind</i>
85	4.9.	FENOMENI DI DEGENERAZIONE PER ABBANDONO <i>degeneration due to neglect</i>	100	6.5.	PRESENZA E/O ASSENZA DI BARRIERE <i>presence or absence of barriers</i>
<hr/> <b>5. LE CAUSE DI DEPERIMENTO</b> <b><i>Causes of degradation/instability</i></b>			<hr/> <b>7. LA PRESENZA DI VEGETAZIONE</b> <b><i>Presence of flora</i></b>		
87	5.0.	PRESENZA DI ACQUA <i>presence of water</i>	101	7.0.	LA PRESENZA DI VEGETAZIONE <i>presence of flora</i>
91	5.1.	ACQUE METEORICHE DIFFUSE O CONCENTRATE <i>diffuse or concentrated meteoric waters</i>	101	7.1.	VEGETAZIONE DIFFUSA NON CONTROLLATA <i>uncontrolled diffuse flora</i>
91	5.2.	ACQUE DI RISTAGNO <i>stagnant water</i>	102	7.2.	VEGETAZIONE NON CONTROLLATA <i>uncontrolled flora</i>
93	5.3.	LINEE O SUPERFICI DI ACQUA RUSCELLANTE <i>lines or surfaces of streaming water</i>	102	7.3.	CONCENTRAZIONE DI VEGETAZIONE ARBOREA <i>concentration of tree flora</i>

- 103 7.4. VEGETAZIONE "SOTTO SERRA"  
*"greenhouse" flora*
- 103 7.5. MICROVEGETAZIONE UMIDA  
*moist microflora*
- 103 7.6. VEGETAZIONE CONSOLIDANTE  
*consolidating flora*
- 104 7.7. INTEGRAZIONE VEGETALE  
DI MURATURE  
*plant integration for walls*
- 104 7.8. MUSCHI E LICHENI  
*moss and lichen*
- 8. TETTOIE PROVVISORIALI  
***Temporary sheds***
- 107 8.0. TETTOIE PROVVISORIALI  
*temporary sheds*
- 108 8.1. EFFETTO VELA  
*sail effect*
- 108 8.2. EFFETTO VENTURI  
*Venturi effect*
- 109 8.3. UMIDITÀ DI CONDENSA E  
INFILTRAZIONI  
*condensation moisture or infiltrations*
- 109 8.4. SOLLECITAZIONI ANOMALE  
*anomalous stresses*
- 109 8.5. AZIONE DELLA LUCE  
*effect of light*
- 9. PERCORSI E AREE DI SOSTA  
***Paths and rest areas***
- 111 9.0. PERCORSI E AREE DI SOSTA  
*paths and rest areas*
- 111 9.1. PERDITA DI TRACCIATO  
*trail loss*
- 111 9.2. DEGRADO ANTROPICO  
*human-caused degradation*
- 111 9.3. SOLLECITAZIONI INDOTTE  
*induced stresses*
10. INQUINAMENTO  
***Pollution***
- 113 10.0. INQUINAMENTO  
*pollution*
- 113 10.1. SOSTANZE INQUINANTI  
*polluting substances*
- 113 10.2. MATERIALI DI SCARTO E RIFIUTI SOLIDI  
*discarded materials and solid waste*
- 114 10.3. ATTIVITÀ BELLICHE  
*wars*
- 11. MANOMISSIONI E TRASFORMAZIONI  
***Tampering and transformations***
- 115 11.0. MANOMISSIONI E TRASFORMAZIONI  
*tampering and transformations*
- 115 11.1. INTERVENTI DI SCAVO E DI RESTAURO  
*excavation and restoration projects*
- 117 11.2. MANOMISSIONI  
*tampering*
- 117 11.3. ADATTAMENTI FUNZIONALI  
*functional adaptations*
- 117 11.4. IMPIANTI TECNICI  
*technical systems*
- 12. SOVRAESPOSIZIONE DI UN'AREA  
ARCHEOLOGICA E/O UN MONUMENTO  
***Overexposure of an archeological area or a  
ruined monument***
- 119 12.0. SOVRAESPOSIZIONE DI UN'AREA  
ARCHEOLOGICA E/O UN MONUMENTO  
*overexposure of an archeological area or a  
ruined monument*
- 119 12.1. TURISMO  
*tourism*
- 119 12.2. ARCHEOMAFIE  
*"archeomafia"*
- 123 12.3. USI INCONGRUI  
*incongruous uses*
- 123 12.4. MANCANZA DI POLITICHE CULTURALI  
*lack of cultural policies*
- 13. PER UNA PROPOSTA DI INTERVENTO  
***For a project proposal***

## PARTE II

### Il rischio nelle aree archeologiche

---

131	I 4. REGISTRAZIONE DELLA VULNERABILITÀ IN AREE ARCHEOLOGICHE E MANUFATTI ALLO STATO DI RUDERE	223	2 I.16 RISCHIO PER PERDITA O PER INADEGUATEZZA DI INFORMAZIONI
134	I 5. IL RISCHIO ARCHEOLOGICO	227	2 I.17 RISCHIO DA AZIONE GESTIONALE AMMINISTRATIVA
137	I 6. RESTAURO E MEDICINA	229	2 I.18 RISCHIO RELATIVO A CONSERVAZIONE E SCAVO DI REPERTI UMANI IN NECROPOLI E ALTRI SITI FUNERARI
140	I 7. IL MEDICO DEI MONUMENTI	231	2 I.19 RISCHIO PER AZIONI ANTROPICHE
148	I 8. LA PREVENZIONE	233	2 I.20 RISCHIO PER TURISMO
153	I 9. IL LAVORO SU SCHEDE	235	2 I.21 RISCHIO PER AZIONE BELLICA-TERRORISMO
155	20. MODALITÀ DI REDAZIONE DELLA SCHEDA	237	2 I.22 RISCHIO IN RESTI DI OPERE FORTIFICATE
161	20A. MODALITÉS DE RÉDACTION DE LA FICHE	243	2 I.23 RISCHIO IN MANUFATTI IPOGEI
167	20B. METHODS FOR PRODUCING THE RECORDS		
172	2 I. LE SCHEDE	247	DIDASCALIE PRIMA PARTE
175	2 I.1 RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	251	DIDASCALIE SECONDA PARTE
177	2 I.2 RISCHIO STRTTURALE	257	BIBLIOGRAFIA
179	2 I.3 RISCHIO SISMICO		
185	2 I.4 RISCHIO IDRAULICO		
189	2 I.5 RISCHIO DA PRESENZA DI ACQUA		
193	2 I.6 RISCHIO LEGATO ALLA PRESENZA DI VEGETAZIONE		
197	2 I.7 RISCHIO AMBIENTALE		
201	2 I.8 RISCHIO PER SCAVO ARCHEOLOGICO		
205	2 I.9 RISCHIO TECNOLOGICO		
209	2 I.10 RISCHIO DA INQUINAMENTO		
211	2 I.11 RISCHIO PER LA SICUREZZA DEI VISITATORI E DEGLI OPERATORI		
213	2 I.12 RISCHIO LEGATO ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA		
215	2 I.13 RISCHIO A SEGUITO DI INTERVENTI DI CONSERVAZIONE/RESTAURO		
219	2 I.14 RISCHIO PER GLI EFFETTI DELL'USO DI MALTE CEMENTIZIE		
221	2 I.15 RISCHIO PER LAVORI EDILI E STRADALI		

## Presentazione

Paolo Mauriello  
CNR - ITABC

Quando il collega e amico Luigi Marino mi ha chiesto di introdurre la sua pubblicazione il primo concetto che mi è saltato alla mente è stato quello di rischio archeologico, *stricto sensu*. Già dalla lettura del sommario e delle prime pagine, ho cominciato ad apprezzare l'approccio alla questione "rischio". Credo, infatti, che questo sia il valore più significativo del grande lavoro di Marino, in un contesto nel quale il rischio viene comunemente attribuito, in termini negativi, alla probabilità più o meno elevata di rinvenire resti archeologici ancora interrati. Nel volume, finalmente, quel rischio viene a essere la combinazione, la concatenazione, la correlazione di agenti prioritari quali la pericolosità, l'esposizione, la vulnerabilità, il valore del bene esposto. Rischio che diviene ancora più alto in aree connotate dalla presenza di strutture antropiche già in luce o la cui potenzialità è dettata da informazioni storiche e di archivio. E si lega a questo concetto, la normativa recente di pianificazione territoriale ed urbanistica che vede nelle carte della potenzialità archeologica (potenzialità, appunto, e non rischio) lo strumento per una corretta politica di tutela e conservazione di quanto non ancora in luce, demandando ad altri strumenti la protezione di quanto invece già accessibile e fruibile, spesso con provvedimenti e procedure di emergenza-urgenza dettate dall'insorgenza del rischio stesso.

Ma il concetto di rischio diviene più ampio quando si parla di "costruito". Penso a esempio alla normativa dettante le linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con l'auspicio che possa essere introdotto un riferimento sempre più esplicito ai beni archeologici.

La mitigazione di questo rischio, nei casi fin ora esposti, passa inevitabilmente per altri due concetti fondamentali: la conoscenza e la conservazione. L'identikit di un bene risulta elemento e presupposto imprescindibile per una corretta ed attenta gestione del rischio e della successiva fase di programmazione volta alla riduzione dello stesso. Così come gli orientamenti metodologici di una corretta politica di conservazione risultano delle *best practices* nella progettazione e nell'esecuzione degli interventi. La conoscenza permette di prevedere il danno, così come la conservazione risulta un procedimento di verifica anticipata sulla trasformazione che potrà essere indotta dall'evento connesso al rischio.

In un contesto archeologico, la conoscenza deve essere rappresentata da una completa anamnesi (e qui riprendo il confronto calzante con la medicina più volte citato nel volume). La ricostruzione della storia materiale deve essere incrociata con gli eventi storici che ne hanno dettato l'origine, la trasformazione, la sopravvivenza o la parziale/totale distruzione e che costituiscono le cicatrici da cui poter trarre informazioni fondamentali ed utili non solo per la mitigazione del rischio connesso ad eventi naturali o catastrofici, ma volti alle migliori procedure di tutela e conservazione per la mitigazione del rischio legato anche ad azioni antropiche quali, a esempio il restauro o lo stesso scavo archeologico.

La valutazione degli interventi da farsi va, dunque, effettuata sulla base di questa anamnesi, poiché non esisterà una unicità di intervento connesso allo stesso rischio, così come non esisterà una stessa anamnesi per diverse aree archeologiche.

I concetti all'inizio balenati alla mente, la vulnerabilità, ossia la predisposizione di un manufatto al danneggiamento, sia esso dipendente da fattori di degrado o da eventi ambientali e antropici, e la pericolosità, intesa come probabilità che eventi di grandezza e frequenza differenti possano colpire il manufatto, ritornano adesso con maggiore senso nella valutazione quantitativa dei rischi a cui sono esposte le aree archeologiche e gli edifici allo stato di rudere. La conoscenza approfondita del manufatto in tutte le sue parti e delle pericolosità ambientali dai tempi storici, consentono una migliore gestione del rischio e una più corretta previsione della loro incidenza in futuro.

Il testo, partendo da una accurata analisi del concetto di rischio in aree archeologiche, presenta delle schede modello utili alla "*Registrazione della vulnerabilità in aree archeologiche e manufatti allo stato di rudere*". La scheda risulta essere l'espressione sintetica di un lavoro multidisciplinare afferente a vari settori scientifici coinvolti nei processi diagnostici e conservativi del manufatto. Espressione sintetica, quanto a capacità di lettura immediata e pratica, che offre una esaustiva casistica dei rischi più frequentemente legati all'ambito della ricerca.

Come Direttore dell'Istituto per le Tecnologie applicate ai Beni Culturali del CNR posso solo immaginare il contributo scientifico di nuove tecniche diagnostiche e di rilievo utili all'approfondimento di strategie progettuali, già delineate nel volume, per una pianificazione dinamica degli obiettivi e per il miglioramento e l'ottimizzazione dell'accertamento conoscitivo finalizzato alla mitigazione del rischio. E di questo, ringrazio l'amico Luigi, per il lavoro svolto e perché mi onora per la sua inesauribile spinta alla ricerca, per la sua collaborazione, che diverte e fa pensare, e per le sue doti umane, e di queste nel mondo della ricerca ce n'è sempre più bisogno.



## Operazioni preventive allo scavo archeologico

### DOCUMENTAZIONE PRELIMINARE SULLO STATO DEL SITO

valutazione dei livelli di rischio attuali e futuri

previsione di scenari possibili (patologie, classi di degrado e dissesto, normalità e/o eccezionalità dei fenomeni, evoluzioni nel tempo...)

### SCELTA DELLE COMPETENZE NECESSARIE

collaborazione tra specialisti, previsione di scambio di competenze in via preventiva e in corso d'opera, scelta di strategie comuni

definizione delle caratteristiche di competenza, criteri di valutazione dei curricula professionali, predisposizione di bandi di gara adeguati

definizione delle caratteristiche di competenza, criteri di valutazione dei curricula professionali, predisposizione di bandi di gara adeguati

### PREDISPOSIZIONE DI INTERVENTI PROTETTIVI E CONSERVATIVI

definizione delle soglie di vulnerabilità accettabili e condivise da tutti

definizione di scelte progettuali adeguate e modificabili in corso d'opera (comprese scelte strategiche per scavi attenti alle necessità conservative)

predisposizione di passerelle e percorsi obbligati per gli operatori e per eventuali visitatori; allestimento di aree di stivaggio materiali

avvio di un meccanismo di monitoraggio nel tempo e di allarme (diario di scavo e schede diagnostiche, modelli di registrazione del decorso normale e/o eccezionale)

aggiornamento dei rilievi/documentazioni fotografiche ed elaborazione di tavole tematiche

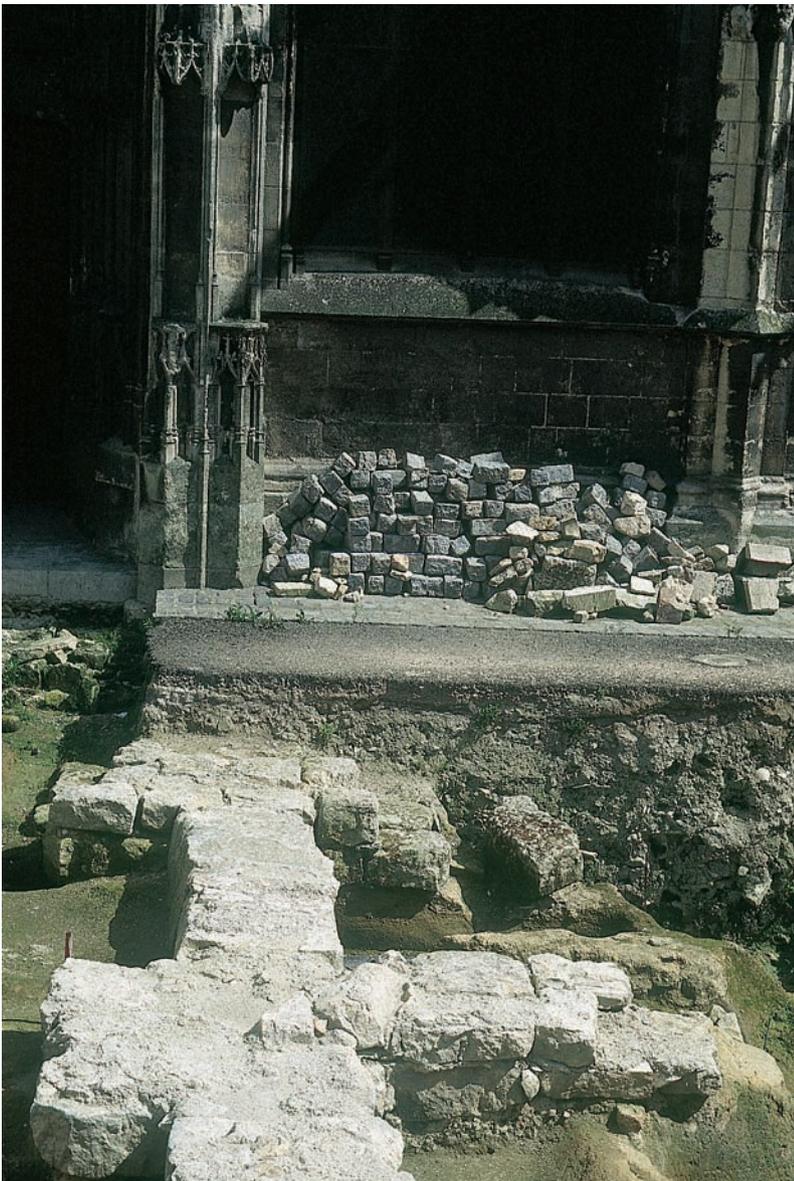
confronti (consulti periodici e/o se necessari) con altri specialisti

definizione di un protocollo di interventi conservativi a "scavo aperto"

allestimento di un centro di "pronto soccorso" per reperti mobili da ricoverare in altro luogo e strutture da lasciare in situ (con/ senza protezione specifica)

## Prevedibilità di danneggiamento in un'area archeologica

IN BASE ALLA PREVEDIBILITÀ	PREVEDIBILI NON PREVEDIBILI
IN BASE ALL'ENTITÀ	CONVENZIONALI SPECIFICI DI GRANDE MAGNITUDO
IN BASE ALLA SORGENTE	DI ORIGINE PUNTUALE DI ORIGINE DIFFUSA
IN BASE ALLA NATURA DELLA FONTE	NATURALI TECNOLOGICI ANTROPICI



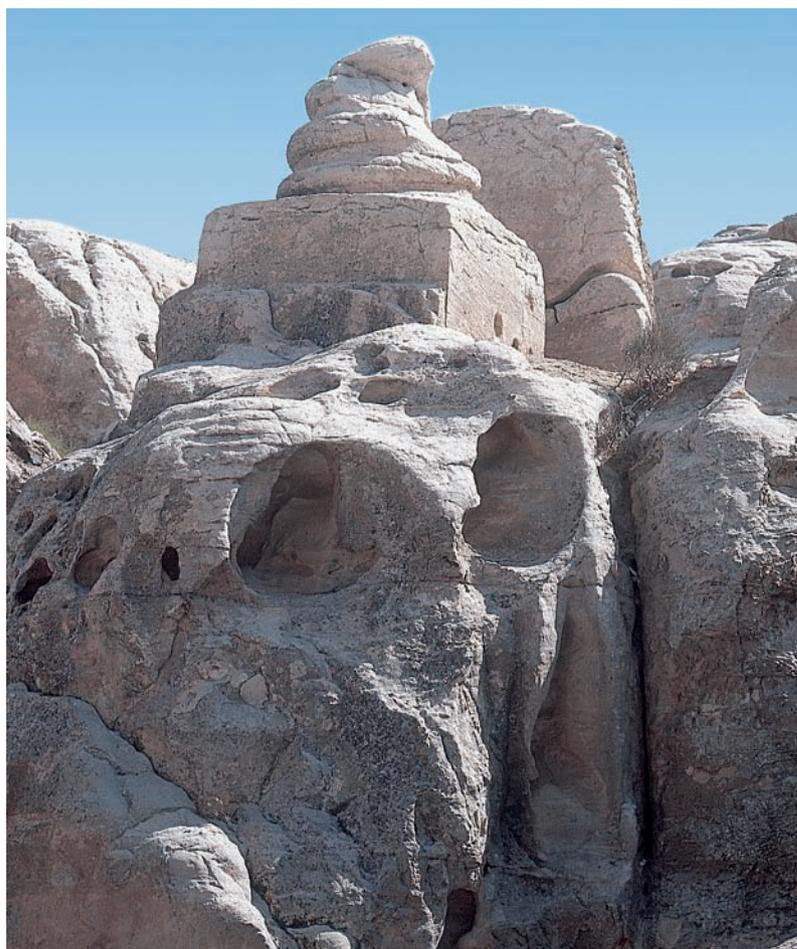
# 1. Un atlante delle cause di deperimento

53. Ci occupiamo in questa sede soprattutto di manufatti all'aperto ma è chiaro come molte delle patologie indicate possono essere riferite anche a manufatti posti al riparo all'interno e perciò meno esposti alle sollecitazioni ambientali. È evidente come, non di rado, proprio la presunzione che scavi effettuati all'interno di edifici esistenti presentino una maggiore capacità di resistenze, possa provocare una riduzione di attenzione il cui effetto negativo si renderebbe evidente in tempi brevi.

54. Una chiara ed efficace base di partenza per la valutazione delle cause di deterioramento dei beni culturali è quella proposta da G.de Guichen (luglio 2001).



**Un atlante delle cause di deperimento** presenti in un'area archeologica e/o in un contesto di edifici ridotti allo stato di rudere all'aperto<sup>53</sup> è basato sulle corrispondenti evidenze patologiche. In linea di massima, possono essere raggruppate in alcune categorie principali riconoscibili. Da queste si potranno far derivare, all'occorrenza, classi subordinate di maggiore dettaglio e possibilità di approfondimento. Si possono prendere in considerazione cause che hanno effetti immediati (più o meno catastrofici) oppure a sviluppo lento (ma non per questo meno pericolosi)<sup>54</sup>. Le singole sollecitazioni possono intervenire isolatamente, in maniera occasionale (p.e. un improvviso acquazzone estivo o una perdita occasionale di liquidi inquinanti), in maniera ciclica (p.e. piogge stagionali) o permanente (esposizione costante a uno stress) ma, molto spesso, possono presentarsi in maniera associata tra loro aumentando le difficoltà e amplificando il potenziale distruttivo. Anche nei quadri complessi le singole patologie sono solitamente individuabili ma diventa difficile definire le reti di interrelazione che possono crearsi tra loro, soprattutto quando non c'è una che tende a emergere sulle altre oppure quando si creano le condizioni per prevalenti sintomatologie subdole che possono rendersi manifeste soltanto a seguito di indagini



55. Rischio idraulico (inondazione, dinamica d'alveo, inquinamento) e rischio di movimenti di masse (frane, deformazioni gravitativi, subsidenza). La *valutazione del rischio* deve prendere in considerazione l'intensità dei fenomeni attesi, la loro ubicazione potenziale e possibile, la periodicità o frequenza, verifica delle persone e/o cose che possono essere coinvolte, verifica dei possibili danni a persone o cose. Il *rischio mitigato* (accettabile) dipende dalle operazioni di prevenzione e le procedure di mitigazione che si mettono in atto. Va ricordato che non è tanto importante la pericolosità in sé quanto piuttosto la vulnerabilità che deriva dalla interrelazione tra le fonti di pericolo e l'ambiente, valutandone anche le diverse incidenze che si potranno avere con l'avanzare degli interventi.

56. Le onde sismiche che si possono generare sono: Onde di pressione (la *Pressure wave* provoca spostamenti nella sola direzione di propagazione e causa fenomeni di compressione e dilatazione); onde di taglio (la *Shear wave* provoca spostamenti ortogonali alla direzione di propagazione variazione di forma che possono influire soltanto in mezzi di rigidità tagliente); Onde di Love (l'*Onda L* provoca deformazioni ortogonali a quelle di propagazione dell'onda sismica generate in una superficie di discontinuità tra due strati quando la velocità nello strato inferiore è maggiore di quella superiore); onde di Rayleigh (l'*Onda R* combina i movimenti verticale e orizzontale nella direzione di propagazione dell'onda tracciando una ellisse). L'origine sismica del dissesto in una area archeologica può essere riconosciuta in alcuni indicatori caratteristici: crolli primari, tracce di antichi restauri e segni di abbandoni improvvisi, evidenze di spostamenti orizzontali delle murature, depositi archeologici che contengono manufatti in fase diversa e complesse correlazioni cronologiche.

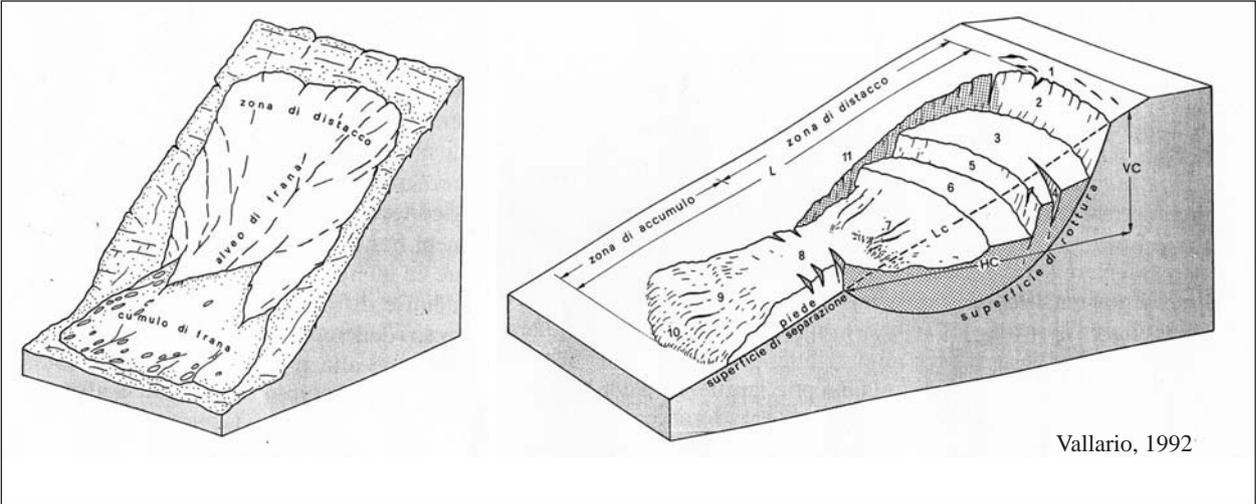
57. Non va dimenticato, però, il rischio a cui possono essere esposte le strutture murarie ancora interrate a causa di movimenti di mezzi meccanici prima dello scavo eseguiti senza la necessaria attenzione.

58. Le frane, anche di piccola entità e/o estensione, possono essere talvolta disastrose per le aree archeologiche sia per gli effetti immediati sia per i meccanismi di amplificazione che si potrebbero rendere manifesti in seguito. Soprattutto se inizialmente sottovalutate. I fattori da prendere in considerazione per la descrizione e l'interpretazione del fenomeno sono molteplici e comprendono: le caratteristiche geomorfologiche dell'area da cui si stacca la frana e quella destinata ad accoglierne gli accumuli (sia quella già scavata che quella destinata all'ampliamento dello scavo); le caratteristiche geometriche della massa; la forma della superficie di scorrimento; il tipo di movimento e l'andamento nel tempo; le superfici di discontinuità eventualmente preesistenti; le caratteristiche del clima. Il *colamento* è dovuto all'acqua mista al materiale in moto. La frana tende

specifiche ed elaborazione mirate dei dati. Se si potesse condensare in un solo termine la causa prevalente di degrado/dissesto archeologico si potrebbe efficacemente utilizzare quello di *erosione* che bene esprime il meccanismo a cui sono soggetti le aree archeologiche e/o monumenti allo stato di rudere. L'erosione si sviluppa con lente e inesorabili sollecitazioni che, apparentemente non nocive, possono causare, direttamente o indirettamente, danni irreversibili. Ancor più pericolosi perché si rendono manifesti soltanto in fasi molto avanzate dei processi degenerativi.

**An atlas of the causes of deterioration** in an archeological area and/or in a place of outdoor ruined buildings is based on corresponding pathological evidence. This evidence can be loosely grouped in a few basic categories. As needed, sub-categories can be derived from these, which are more detailed and allow further definition. We can take into consideration causes that have immediate effects (whether disasters or otherwise) or are slowly developing (though not therefore less dangerous). Individual stresses can act in isolation, occasionally, cyclically or permanently. However, they very often arise in combination, increasing the difficulty of a diagnostic assessment and increasing their destructive potential.

**1.0. superfici delle terre e delle rocce.** I fenomeni di dissesto dei fronti di scavo e in generale dei terreni possono essere riferiti, molto spesso, a fenomeni che riguardano le frane e a fenomeni, più o meno estesi, che riguardano la instabilità (naturale e/o indotta) dei terreni. I rischi idrogeologici<sup>55</sup> rappresentano, con buona probabilità, una delle principali cause di deperimento di un'area archeologica e di manufatti edilizi allo stato di rudere al contrario di altri fenomeni solitamente meno pericolosi come, p.e. quelli dovuti a un sisma, vista la ricorrente irrilevante altezza delle murature superstiti e la estesa elasticità acquisita dalle strutture a causa di scollegamenti e frammentazioni che hanno ridotto i rischi di sollecitazioni concentrate<sup>56</sup>. Non raramente, infatti, anche a fronte di sollecitazioni che hanno causato rilevanti danni a strutture integre, si rileva come quelle allo stato di rudere possono aver subito danni minimi o comunque ridotti<sup>57</sup>. In un'area archeologica, ancor più se poste a mezzacosta, le superfici terrose costituiscono quasi sempre la componente maggiore e di più difficile controllo. Le frane sono "*movimenti di una massa di roccia, detrito o terra lungo un versante*" (Cruden, 1991) che possono prevedere spostamenti di crollo *fall*, ribaltamento *topple*, scivolamento *slide* (o scorrimento, rotazionale o traslativo), espansione *spread* e colamento *flow* (Cruden, Varnes, 1996). Le frane<sup>58</sup> ricorrenti nelle aree archeologiche, salvo casi eccezionali, non presentano mai fronti molto vasti ma, non per questo, sono da sottovalutare visto che anche piccoli spostamenti sono in grado di provocare conseguenze molto serie alle strutture<sup>59</sup>. Succede frequentemente che i fenomeni franosi non vengano avvertiti con anticipo<sup>60</sup> nelle aree archeologiche a causa di iniziali movimenti molto lenti e/o celati tra le strutture murarie generalmente già smembrate e si rendono manifesti improvvisamente con crolli localizzati a cui si tende a dare poco peso, seguiti da cedimenti di maggiore entità e conseguenze<sup>61</sup>.



Vallario, 1992





Lo stato di attività (UnescoWP/WLI, 1993) delle frane riconosce quelle *attive*, *sospese* e quelle *riattivate*, *inattive*, *quiescenti*, *naturalmente stabilizzate*, *artificialmente stabilizzate* e quelle *relitte*. È chiaro come la predisposizione di mezzi idonei a contrastare i movimenti di roccia/terreno dovrebbe rappresentare una occupazione prioritaria da parte di chi scava. Le cautele da porre in atto durante gli scavi (che non influenzerebbero, comunque, il rispetto delle metodologie archeologiche), il costante monitoraggio<sup>62</sup> e le scelte di soluzioni protettive (con le necessarie differenziazioni a seconda che si tratti di protezioni temporanee o definitive) possono essere in grado di suggerire soluzioni efficaci e accettabili dal punto di vista economico. Le protezioni adottate per le piccole frane ricorrenti in un'area archeologica (teli di plastica -gli inconvenienti sono noti- o, nei casi migliori, geotessili, reti e tele di sacco, lamiere e tettoie<sup>63</sup>) potrebbero contribuire in maniera determinante alla conservazione delle superfici se fossero scelte con attenzione e se fossero predisposte con il necessario anticipo.

**1.0. land and rock surfaces** The phenomenon of the instability of excavation faces and terrains in general are often related to landslides and phenomena of varying scope pertaining to (natural or induced) instability. Hydrogeological risks are very likely to be one of the main causes of the deterioration of an archeological area and ruined buildings. This is in contrast to other phenomena that are usually less dangerous, such as those caused by an earthquake, given the insignificant height of surviving walls and the high degree of elasticity the structures develop due to detachments and fragmentations that reduce risks from concentrated stresses. In an archeological area, mud surfaces are almost always the largest component and the most difficult to control. Recurrent landslides in architectural areas never have very extensive faces. However, this does not mean they should be underestimated, as even small shifts can have consequences that are very serious for the structures. Very frequently, landslide phenomena are not foreseen in archeological areas, due to very slow or concealed initial movements between wall structures that are generally fragmented. They manifest suddenly with localized collapses, to which little importance is usually given, followed by failures of greater scope and consequence. Cautions to be taken during excavations, constant monitoring and the choices of protective solutions can offer effective and economically acceptable solutions. Protective measures taken for small recurrent landslides in an archeological area could greatly help conserve surfaces, if chosen carefully and prepared early enough.

ad incanalarsi in solchi di erosione generalmente preesistenti (*zona di traslazione*); a valle si ha la formazione di una *zona di accumulo* a forma di conoide (la *nicchia di distacco* corrisponde alla zona del pendio abbandonata dal materiale che si è staccato ed è delimitata da una superficie di forma generalmente arcuata). La massa tende a comportarsi come un fluido che si arresta con la diminuzione della pendenza e l'essiccamento della massa.

59. Più in generale, per la misura della velocità di una frana si può far riferimento alla scala proposta in ambito UNESCO, in analogia con la scala Mercalli per i terremoti. Sono prese in considerazione 7 classi, dalla estremamente lenta alla estremamente rapida con conseguenti differenze dei danni osservabili e delle possibilità di intervento a tutela delle persone e delle cose.

60. Un prezioso indicatore di movimenti di terreni superficiali è costituito dall'inclinazione della vegetazione di alto fusto con linee di frattura nel terreno a monte dei tronchi.

61. *L'effetto domino*, sebbene scarsamente preso in considerazione in un'area archeologica, può rappresentare un rischio rilevante perché coinvolge situazioni molto variabili, e talvolta diversamente esasperate, anche a causa di personale che solitamente non si pone il problema della sicurezza se non a fronte di evidenze ormai estreme.

62. Le attività di frana possono essere *in avanzamento*, *retrogressive*, *multidirezionali*, *in diminuzione*, *confinata*, *costanti* e *in allargamento*. Nelle aree archeologiche non protette più frequentemente si tratta di microfrane la cui individuazione è resa più complessa dalla compresenza di situazioni diversamente gravi e molto frammentate ma che si rendono evidenti soltanto in fasi di degrado e dissesto successive, solitamente a seguito di crolli di murature.

63. Le gabbionate (di adeguata dimensione) oppure di terra (ma anche contenitori riempiti di sassi, staccionate e graticci, reti...) possono essere usate per un primo intervento poiché possono attenuare i movimenti di masse. Di grande utilità può essere la procedura di infiggere nel terreno, approssimativamente lungo i contorni dell'area in movimento, picchetti che, oltre a contenere gli spostamenti, potranno permetterne il controllo nel tempo.

**1.1 terreno vegetale non controllato.** Rappresenta lo stato più ricorrente e che, solitamente non pericoloso, potrebbe comunque innescare (in condizioni particolari – per esempio pendenze o avvallamenti - e sotto l'azione di sollecitazioni apparentemente non preoccupanti) meccanismi degenerativi capaci di provocare, a loro volta, reazioni a catena di maggiore complessità. La morfologia del terreno pur affidabile in condizioni normali potrebbe risultare, invece, pericolosa quando su quel terreno si impianta un cantiere, un'area di stoccaggio oppure altra attività.

**1.1 uncontrolled plant terrain** This is the most common state, which, though usually not dangerous, can trigger degenerative mechanisms that can in turn cause chain reactions of greater complexity. The morphology of terrain that may be reliable in normal conditions may become dangerous when a work site, storage area or other activity is located there.

**1.2. terreno lavorato.** Interventi più o meno profondi sono la frequente causa di cambiamenti di condizioni che erano stabilizzate da tempo. Il rimaneggiamento del terreno (aumenta di volume e si riduce in compattezza) facilita fenomeni di spostamenti di masse d'acqua e infiltrazioni, proliferazione di vegetazione spontanea; fenomeni, questi, che possono coinvolgere anche strati più profondi. Non di meno, vanno considerate le azioni provocate da roditori che possono creare canali e spostamenti di terreno.

**1.2. modified terrain** Interventions of varying depths are the frequent cause of changes in conditions that had been stabilized for some time. The rearrangement of the terrain facilitates shifts of water masses and seepage and the proliferation of spontaneous flora.

**1.3. terreno di scavo non orizzontale.** Le condizioni tendono a peggiorare nel caso di scavi “a conca” e “a dosso” (condizione inevitabile nello scavo stratigrafico) quando le infiltrazioni di acqua ed altri fenomeni erosivi possono concentrarsi in alcune aree e ruscellare in superficie verso altre. Le possibili colate di fango presuppongono un'area di alimentazione (solitamente aree già scavate e non adeguatamente protette, accumuli anomali di materiali di risulta), un canale di frana (condizionata dalla conformazione del terreno e dei manufatti presenti) e un'area di accumulo (nella parte più bassa del sito).

**1.3. non-horizontal excavation terrain** Conditions tend to worsen in the case of “hollow” and “back” excavations (inevitable in stratigraphic excavations) when water seepage and other erosive phenomena may concentrate in certain areas and stream to the surface towards other areas.



**1.4. differenze di terreno e contatto con materiali diversi.** Materiali terrosi più o meno compatti e variamente resistenti possono comportare reazioni diverse alle sollecitazioni con locali differenze, talvolta non marginali. È evidente, per esempio, la differenza di risposta alle erosioni superficiali o alle sollecitazioni di schiacciamento nei terreni in presenza di stratigrafie molto articolate (giaciture a diversa inclinazione, resistenza variabile degli strati, presenza di inclusioni negli strati, frequenza di interruzioni e frammentazioni, differenza di compattezza, differenze di tenori di acqua...). La situazione è destinata a peggiorare nel caso di strutture che, in presenza di materiali e/o apparecchi diversi, possono causare forme e concentrazioni diverse di azioni degenerative (si pensi alle diverse risposte che un terreno può dare in presenza di un muro in pietrame misto di grande apparecchio ed elementi più minuti e meno cementati)<sup>64</sup>.

**1.4. differences in terrain and contact with different materials**

Mud materials of different levels of compactness and strength may lead to different reactions to stresses with sometimes significant local differences. The situation will be aggravated for structures using different materials or fittings that may cause different forms and concentrations of degenerative actions.



64. Superfici rocciose possono essere state intagliate (a gradoni, a scaletta, a fossa...) per alloggiare murature oppure possono essere state adattate con poche lavorazioni a sostenere strutture murarie. Soprattutto nel caso in cui si tratta di strutture fondali o comunque destinate ad essere interrate, la messa in luce a seguito di uno scavo archeologico può rappresentare una causa di degrado/dissesto pericoloso soprattutto nel caso di murature di piccolo apparecchio oppure murate a secco (o in presenza di malte degenerate). In fase di costruzione il muro viene caricato in modo graduale ed ha modo di costiparsi, un po' alla volta, senza danno per la muratura che viene apparecchiata sopra. Questa, per la lenta presa della malta di calce di allettamento, segue l'assessamento iniziale del terreno e si adegua alle eventuali difformità che si producono. Si capisce, allora, come lo scalzamento di parte della muratura o del muro di fondazione (quasi sempre di sezione più ampia del muro di spiccato) possa favorire e accelerare fenomeni di ribaltamento e disgregazione del muro. La situazione è destinata a peggiorare, ovviamente, nel caso di giaciture inclinate e che possono risultare lubrificate da infiltrazioni di acque. In alcuni casi, murature alloggiare a mezzacosta presentano a monte tracce interessanti di sistemi antichi di intercettazione e smaltimento delle acque che, però, dopo la rimessa in luce potrebbero non funzionare più con la stessa efficacia.

65. Il D.Lgs. 22/97 (decreto Ronchi) definisce rifiuto "...tutto quanto non serve e di cui il detentore si disfi o si debba disfare o abbia l'obbligo di disfarsi".

66. È noto che un terreno proveniente da scavo aumenti notevolmente di volume e che, nel caso di deposito non controllato e protetto, tenda a dislocarsi con le frazioni più piccole in alto e le più pesanti in basso. Un cumulo depositato a monte di un'area di scavo può rappresentare una seria classe



di preoccupazione per il rischio di rotolamento dei ciottoli più grandi e la polverizzazione della terra più fine (è lo stesso motivo per cui si consiglia di vagliare la terra di scavo sottovento rispetto all'area di scavo). In caso di pioggia, rischia di diventare una colata di fango. Una procedura che può risultare molto utile prevede l'uso di sacchi di tela riempiti della terra di scavo come ricarico sulle creste dei muri e massa inerte di contrasto contro il rischio di microfrane e come possibile sostegno provvisorio di alte e/o vulnerabili pareti di scavo.

67. Avviene talvolta che in un cumulo di terra di riporto si formi una crosta superficiale che, pur dando l'impressione di buona resistenza alle intemperie, è di fatto molto vulnerabile alle variazioni termiche e all'azione degli eventi meteorici. Bisogna evitare che l'acqua di circolazione, pericolosa per la precaria stabilità del pendio, penetri nelle eventuali fessure del terreno riducendone ancor più la resistenza al taglio e, soprattutto nel caso di terreni plastici (argille), provocare una continuazione dei movimenti verso valle. In alcuni casi potrebbe essere utile sigillare le fessure nel terreno con pasta di terra umida additivata con paglia sminuzzata o polvere colorata (per facilitarne la successiva riconoscibilità stratigrafica).

68. È il caso frequente di elementi lapidei che rimangono infissi nelle pareti di scavo: rappresentano un ostacolo che l'acqua di ruscellamento superficiale tende ad aggirare provocando, però, forti erosioni che, con il progredire dell'azione o con l'essiccamento del terreno, potrebbero arrivare a scaltarli e mettere in moto un nuovo meccanismo di erosione nel cavo che si è formato. Allo stesso tempo può succedere che interventi di consolidamento localizzato o stabilizzazione di alcune stratigrafie, in quel momento oggetto specifico di studio, potrebbero provocare danni in aree vicine.



**1.5. presenza di materiali di accumulo.** Materiali provenienti dallo scavo<sup>65</sup> (terre sciolte<sup>66</sup>, soprattutto, ma anche cumuli di pietrame di pezzatura variabile, depositati per tempi più o meno lunghi e in maniera non ordinata) possono provocare carichi asimmetrici sulle strutture ancora *in situ*, spinte anomale verso le linee di massima pendenza e fenomeni di ristagno di acque tramite la formazione di serbatoi naturali. Frequenti sono i fenomeni di scivolamento-colate di terra soprattutto in presenza di terreni di scavo accumulati<sup>67</sup>, e senza adeguata protezione, al bordo del cantiere (scivolamenti di fango *mudslides*).

**1.5. presence of accumulation materials** Materials from excavations can cause asymmetrical loads on the structures still *in situ*, anomalous thrusts towards the lines of maximum inclination and water stagnation. There are frequent phenomena of mudslides/flows, especially if there are accumulated excavation terrains lacking adequate protection on the edge of the site.

**1.6. differenza di scavo emergente.** Strutture murarie rimesse in luce possono presentare differenze di materiali e di taglia ma anche configurazioni morfologiche che, talvolta, hanno sensibili variabilità e differenze di capacità di relazione con le terre in cui si trovano.

**1.6. difference of emergent excavation** Wall structures that are uncovered may be different in materials and sizes, as well as their morphological configurations. They sometimes vary considerably and have major differences in their relationship to the terrain in which they are located.

**1.7. differenze di consistenza di stratificazione.** Materiali terrosi stratificati possono presentare locali differenze di consistenza e provocare erosioni superficiali e/o perdita di parti in profondità notevolmente differenziate, anche a breve distanza. Elementi (lapidei, soprattutto, ma anche reperti di grossa taglia) contenuti nei singoli strati, e talvolta molto variabili per tipo litologico e dimensione, possono accelerare la perdita di consistenza locale. Stratificazioni anche rocciose fortemente inclinate e bagnate (interfacce viscide) possono provocare slittamenti e spinte più o meno concentrate. Non di meno, fronti di terreni scavati in momenti e condizioni diverse potrebbero provocare differenze di risposte a sollecitazioni estese o concentrate come spinte di terreno, ruscellamenti superficiali (con erosioni tonde o a V) o infiltrazioni più profonde<sup>68</sup>.

**1.7. differences in stratification consistency** Stratified earth materials may have local differences in consistency and cause surface erosions or loss of deep parts that are considerably different even at short distances from each other. Stone elements contained in individual layers, which are sometimes highly variable in lithological type and size, may accelerate the loss of local consistency. The faces of terrains excavated at different times and in different conditions can cause different responses to extended or concentrated stresses such as ground thrusts, surface streams or deeper seepage.



**1.8. pareti di scavo verticali.** La sistemazione (definitiva o provvisoria in attesa di una futura ripresa dei lavori) delle pareti di scavo in terra prevedono, d'abitudine, la preparazione di superfici verticali (utili perché facilitano le riprese fotografiche e le operazioni di rilievo delle sezioni in parete) dalle quali emergono spesso elementi ancora *in situ* e le indicazioni di stratigrafie (evidenziate da fili, chiodi infissi e targhette). I meccanismi degenerativi più frequenti sono costituiti da variazioni locali di umidità e, soprattutto, da fenomeni di ruscellamento di acque incontrollate<sup>69</sup>. Spesso sono gli elementi emergenti di grande taglia ancora *in situ* oppure elementi più piccoli e frazionati a innescare fenomeni di microcrolli che, se non controllati, possono provocare cadute di parti oppure erosioni profonde negli strati meno compatti. Nel caso di superfici sistemate a gradoni arretrati sono frequenti fenomeni di erosioni concentrate delle superfici in piano e fratture angolari con ribaltamento verso valle di zolle.

**1.8. vertical excavation walls** The arrangement of mud excavation walls (whether permanent or temporary awaiting the future resumption of work) usually entails preparing vertical surfaces from which elements that are still *in situ* often emerge along with stratigraphic indications. The most common degenerative mechanisms are local variations in humidity and streams of uncontrolled water. These are often large-sized emergent elements still *in situ* or smaller, divided elements that trigger mini-collapses, which, if not controlled, can cause parts to fall or deep erosion in the less compact layers.

69. Per operare in sicurezza è necessario identificare con precisione la natura e compattezza del terreno e le "risposte" che questo potrebbe dare in corso di scavo. Particolarmente pericolosi sono i terreni argillosi (sensibili all'azione dell'acqua), i terreni sabbiosi o ghiaiosi (tendono a disgregarsi nel tempo); insidiosi sono i terreni che contengono strati di ciottoli non legati e i terreni di riporto (riempimento di scavi). La stabilità di un fronte di scavo può essere pregiudicata dalla presenza di altri scavi contigui. La robustezza dell'armatura va dimensionata non solo in base alla spinta iniziale del terreno, ma anche in relazione agli effetti prevedibili del traffico adiacente, di edifici, nonché depositi di materiale collocati nelle aree limitrofe.

70. Il bordo superiore è arretrato rispetto a quello a terra; la parete risulta quindi inclinata verso monte.

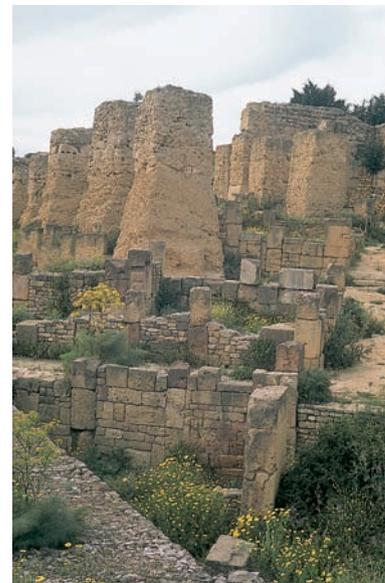
71. Il bordo superiore della parete è avanzato rispetto a quello di terra.

72. Le modalità di crollo possono essere: caduta libera-*free falling* (inclinazioni di pendio ripide), rimbalzo-*rebound* (importante è l'angolo fra il pendio e la traiettoria delle parti che cadono) e rotolamento-*rolling*. Nel caso di fronti di scavo la norma-

tiva vigente detta prescrizioni precise per assicurare un *adeguato margine di sicurezza*. Il Fattore di Sicurezza ( $FS=R/D$  è espresso come il rapporto tra fattore Resistivo e fattore Destabilizzante - D.M. 11.03.88) compreso tra  $1,3 \div 1,7$  rappresenta il riferimento per tutte le verifiche da eseguire soprattutto per i fronti di scavo inattivi (con estensione ai versanti incombenti sui fronti). Nei fronti attivi si può avere un  $FS < 1,3$  ma si dovrà avere una specifica analisi dei rischi e redarre adeguati piani di mitigazione e di prevenzione. Nei cantieri archeologici si tende, con molta frequenza, a non rispettare le regole a proposito delle altezze e della configurazione dei fronti di scavo.

73. L'inclinazione di sicurezza è determinata dalle caratteristiche delle pareti di scavo: condizioni geologiche (presenza di discontinuità) e idrogeologiche (circolazione di acque sotterranee); caratteristiche geometriche (altezza e morfologia dello scavo); geotecniche (angolo di attrito interno, coesione); condizioni del contorno (presenza di carichi vicino allo scavo). L'intervento di scavo può determinare una rottura dell'equilibrio interno del terreno. Se il fronte di scavo non viene protetto è soggetto a successive frane finché il profilo del pendio non ha raggiunto il limite dell'angolo di natural declivio. Si definisce *spinta attiva* la pressione che le terre esercitano contro un muro che le trattienga; *spinta passiva* è invece la resistenza opposta da una massa di terra contro un muro costruitovi a ridosso. Il *muro di sostegno* ha funzione principale di contenere fronti di terreno di qualsiasi natura e tipologia e può essere realizzato con materiali diversi. Per quanto riguarda il posizionamento della struttura possiamo avere *muri di controripa* (sostengono il manufatto) e *muri di sottoripa* o *sottoscarpa* (sostengono i fronti di terra sovrastanti). In relazione al principio statico si hanno muri *a gravità* (muri che resistono alle spinte grazie al loro peso) o *a mensola* (pareti in c.a. incastrate nella base di fondazione e che hanno un comportamento elastico).

La rottura dell'equilibrio di un muro di sostegno (o a questo assimilabile come nel caso di un muro scavato solo su un lato) corrisponde alla formazione, all'interno della massa terrosa, di una superficie di scorrimento piana che dal piede del muro individua con il paramento un prisma di sezione triangolare (*prisma di rottura*). Il movimento delle terre avviene secondo superfici di scorrimento a cucchiaio, sintetizzate da piani che definiscono il *cuneo di spinta* (la parte di terreno che frana scivolando lungo la superficie - *piano di rottura* - inclinata di un angolo  $\alpha$  (*angolo piano di rottura* che è  $> \varphi$  (*angolo di attrito interno*)). Per ridurre i rischi di crollo che potrebbero derivare dal protrarsi delle condizioni di pericolo può essere utile, nei casi al limite, modificare la sezione del pendio e alleggerire le masse in sommità o rimodellare parzialmente le strutture murarie verificando e riorganizzando i sistemi topografici di controllo.



**1.9. pareti di scavo inclinate.** La situazione generale e i livelli di rischio cambiano nel caso che le superfici presentino una *scarpa*<sup>70</sup> (maggiore frequenza di erosioni superficiali concentrate, soprattutto nelle parti a spigolo, o estese) o uno *strapiombo* o *controscarpa*<sup>71</sup> (maggiore frequenza di distacco di parti). Di per sé la sistemazione di superfici di scavo non costituisce una causa diretta di degrado (se si tratta di operazioni provvisorie) ma potrà rappresentare una delle più ricorrenti forme di degrado e dissesto se, come avviene di frequente, le superfici esposte sono destinate a restare senza protezione per tempi molto lunghi<sup>72</sup>. È opportuno dare alle pareti di scavo una inclinazione (*inclinazione di sicurezza*) che renda più stabile il terreno almeno per un periodo utile a completare i lavori<sup>73</sup>.

**1.9. inclined excavation walls** The general situation and risk levels change if the surfaces have a *scarp* or an *overhang* or *counterscarp*. The preparation of excavation surfaces is not in itself a direct cause of deterioration. However, it may be one of the more recurrent forms of degradation and deterioration when, as is often the case, the exposed surfaces remain without protection for extended periods.

**1.10. riempimenti.** La soluzione di riempire lo scavo con terra<sup>74</sup> può facilitare fenomeni di infiltrazioni di acqua (a causa della sopraggiunta riduzione di compattezza del terreno), con conseguente schiacciamento del suolo, formazione di pendenze e proliferazione di vegetazione spontanea. In alcuni casi si possono riscontrare fenomeni, più o meno estesi, di *liquefazione* dei suoli che ricordano, per molti aspetti, la perdita di consistenza sotto l'effetto di vibrazioni sismiche di terreni fini<sup>75</sup>.

**1.10. refilling** the excavation with earth can foster water seepage with the result of flattening the ground, forming slopes and the proliferation of spontaneous flora.

**1.11.** Va considerato il caso di **riempimenti con funzione strutturale** che esigono procedure di scavo e cautele di intervento adeguate. Ci riferiamo al riempimento di pozzi, cisterne, canalizzazioni, vani interrati<sup>76</sup>, rialzi di piani pavimentali<sup>77</sup> (eseguiti solitamente per contrastare fenomeni di umidità di risalita) oppure i rinfianchi di strutture voltate con terreni o materiali edili sciolti di risulta che, pur rappresentando un più agevole campo di scavo (trattandosi quasi sempre di insiemi chiusi e ben confinati) possono presentare alti livelli di rischio strutturale<sup>78</sup>.

**1.11.** Worth consideration is case of **refilling with a structural function** that requires suitable excavation procedures and precautions.

74. La situazione non migliora se si utilizzano materiali diversi come brecciolino, frammenti edili o materiali di risulta. Un aspetto spesso sottovalutato è costituito da puntelli e sbadacchiature a contenimento delle pareti di scavo usate "a perdere". La marcescenza nel tempo degli elementi di legno è destinata a provocare cedimenti concentrati incontrollabili.

75. Fenomeni fangosi, talvolta vere "sabbie mobili" si possono avere nei riempimenti con terra tra muri che non assicurano il drenaggio delle acque disperse. Di solito i danni sono molto contenuti ma talvolta l'eccesso di acque (persistenti o occasionali) può provocare infiltrazioni nei muri oppure erosioni alla base.

76. Non è infrequente che gli ipogei siano stati riempiti con materiali accumulati per creare una base che si intendeva rendere, in tal modo, stabile base di appoggio per la costruzione di parti di murature fuori-terra. Una situazione per molti versi simile è rappresentata dal riempimento di canne fumarie dismesse e intercapedini murarie. Si tratta di situazioni molto ricorrenti in resti edili archeologici all'interno di edifici soprattutto quando le strutture più recenti sono state appoggiate su quelle più antiche. È evidente come, in questi casi, qualunque operazione di scavo/demolizione di strutture debba essere preceduta da campagne esaustive di rilevamenti strutturali (non limitati, evidentemente, alle superfici in vista) che prestino grande attenzione alle stratigrafie e alla presenza di diversi materiali da costruzione e agli apparecchi murari.

77. Non si tratta sempre di semplici masse di riempimento ma coinvolgono, non di rado, anche le murature d'ambito che, nelle successive ristrutturazioni, potrebbero essere state appoggiate anche su tali riempimenti.

78. È noto come lo svuotamento delle masse di rinfiango delle volte possa provocare la deformazione delle strutture murarie che non di rado conduce al crollo. L'alternativa ai rinfianchi è rappresentata dalle costolature extradorsali e dai frenelli ma anche da elementi (spesso di legno e metallo) posti a contrasto. L'eliminazione o la riduzione di sezione di questi elementi è pericolosa.



79. Possono essere naturali oppure lavorate con intagli e/o spianature più o meno vaste.

80. Con sensibili differenze e rischi conservativi a seconda che si tratti di scavo all'aperto o in grotta. Grandi attenzioni devono essere poste anche nel trattamento in situ di lastre e steli (soprattutto se in pietra facilmente erodibili) quando sono orientate e, pertanto, soggette a forti sollecitazioni ambientali (termiche innanzitutto) differenziate sulle due facce contrapposte.

81. Incisioni rupestri (spesso danneggiate da muschi e licheni, alghe cianofitiche e da vegetazione invadente), graffiti celebrativi o documentari compresi i preziosi "traccamenti di cantiere" come quelli che si possono riferire ai piani di lavorazione di strade o impianti idraulici oppure quelli che testimoniano l'andamento delle operazioni di progressivo scavo di cave e cunicoli.

82. Animali o piante fossili (calchi o impronte lasciate nel fango). Situazioni di particolare delicatezza sono costituite da paleosuoli con reperti solitamente molto delicati per i quali va fatta la scelta di un restauro/consolidamento *in situ* oppure la dislocazione (asportazione del sedimento grossolano, pulizia, preconsolidamento, protezione, strappo o stacco) e la successiva ricollocazione nello stesso sito oppure in un altro luogo (magazzino o esposizione) con procedure di intervento e livelli di rischio fortemente differenziati e condizionati.

83. A queste possono associarsi murature in pietra esposte all'azione del mare, all'invasione umida, al soleggiamento e all'abrasione eolica, soprattutto se dovuta alla presenza di sabbie silicee. Ancora una volta va ricordato quanto importante sia non tanto il valore immediato di questi fenomeni quanto piuttosto la loro escursione nel tempo; e, quindi, importante il confronto tra condizioni e momenti diversi.

84. Per molti aspetti assimilabili alle grotte sono le cavità urbane, sia quelle naturali che quelle artificiali (cantine, cunicoli, pozzi, cisterne). Il sistema ipogeo urbano presenta il costante rischio che si verifichino dei danneggiamenti (lesioni o crolli negli edifici, danneggiamento delle reti infrastrutturali...) soprattutto nel caso di lavori di superficie che non tengano conto, in mancanza di una zonazione specifica di pericolo, dell'incremento di vulnerabilità. La previsione e la prevenzione dei pericoli di crollo di cavità sotterranee si basano su una catena operatoria di azioni successive e conseguenti che tengano conto della già nota predisposizione delle singole aree e/o monumenti al pericolo; della conoscenza dei rischi locali (diretti indotti); valutazione dei diversi livelli di vulnerabilità e identificazione degli elementi a rischio (immediato o ritardato); conoscenza delle casistiche di crolli avvenuti nelle stesse aree e delle dinamiche/velocità con cui si sono sviluppate e manifestate nel tempo. Tutti i dati raccolti possono essere utilmente riportati in apposite tavole tematiche la cui interpre-

**1.12. Le superfici rocciose o di terra**<sup>79</sup>, soprattutto se rimesse in luce a seguito di scavi (asportazione di masse di terra variamente stratificate<sup>80</sup>) possono creare rilevanti problemi dal punto di vista archeologico, a causa della presenza di tracce incise<sup>81</sup> o disegnate oppure elementi fossili inclusi<sup>82</sup>, e ancor più delicati dal punto di vista conservativo. Il primo problema è costituito dal cambiamento improvviso e radicale delle condizioni di contenimento delle acque (prima trattenute e stabilizzate dal materasso terroso) e dall'esposizione all'erosione diretta. L'individuazione e la conservazione di tracce di strati di ossidazione rivestono particolare importanza perché possono rappresentare elementi di riferimento di grande rilevanza interpretativa.

**1.12. Rocky or muddy surfaces**, especially those uncovered by excavations, can create significant archeological problems due to the presence of engraved or drawn findings or fossil elements, which are even more sensitive in terms of conservation.

**1.13.** Un caso particolare è rappresentato da **falesie e scogliere**<sup>83</sup> nelle quali sopravvivono grotte<sup>84</sup> rivierasche, tracce di intagli antichi riferibili a tombe, canalizzazioni, percorsi, approdi, cave. L'erosione si manifesta in maniera molto differenziata a seconda della natura e della morfologia delle rocce. L'azione delle maree<sup>85</sup> e l'urto dei moti ondosi<sup>86</sup> possono provocare crolli localizzati e l'invasione di acque con sensibili variazioni microambientali<sup>87</sup> a causa del ristagno di acqua e dei depositi di sale<sup>88</sup>.

**1.13.** A unique case is **falaises and cliffs** in which coastal caves survive, remnants of ancient carvings for to tombs, channels, paths, moors and quarries. The action of the seawater and the impact of waves can cause localized collapses and the invasion of water with considerable micro-environmental variations due to the stagnation of water and salt deposits.



**1.14. I terreni umidi** come torbiere e paludi, fronti e rive lacustri presentano grande interesse dal punto di vista archeologico e ambientale ma anche dal punto di vista del restauro<sup>89</sup> per problemi che riguardano fenomeni erosivi e di variazione delle condizioni ambientali in cui si potrebbero trovare i reperti (specialmente se di origine vegetale) e in particolar modo quelli che non possono essere ricoverati al riparo ma sono destinati a restare in situ come resti di palizzate, palafitte, drenaggi antichi... Come regola generale si può dire che tanto più le condizioni ambientali sono stabili (anche se non sono ideali) tanto meno velocemente il sito/monumento tende a degradare.

**1.14. Moist terrains** such as bogs, swamps, lake fronts and lake shores are of great interest archeologically and environmentally, as well as for restoration, due to the issues of erosion and the variation of environmental conditions in which finds may be discovered.

**1.15.** Tutte le condizioni di pericolosità possono essere peggiorate da **scavi clandestini**. In questi casi al danno immediato vanno aggiunti quelli che derivano dallo stato di abbandono in cui viene lasciato il sito<sup>90</sup>. Assimilabili, per le conseguenze provocate, sono anche le operazioni di cantiere condotte, pur con le migliori intenzioni, senza alcuna precauzione archeologica e cautela conservativa.

**1.15.** All conditions of risk may be aggravated by **clandestine excavations** as well as site operations that are conducted, despite the best intentions, without taking any archeological or conservation precautions.



tazione dinamica potrà servire come griglia entro cui muoversi per ridurre l'esposizione al pericolo. Gli indicatori di rischio possono essere: numero di cavità, spessori delle calotte, caratteristiche morfologiche dei vuoti, caratteristiche geologiche e stratigrafiche, stato tensionale in conseguenza di eventuali interventi e alla presenza di edifici fuoriterza, coinvolgimento di reti idriche e fognarie danneggiate, incidenza del traffico.

85. La variazione di livello di una marea media in Italia (con due massimi e due minimi che si ripetono ogni sei ore circa) si aggira intorno ai cinquanta cm, nello stretto di Gibilterra la marea può superare i centottanta cm e nelle isole Britanniche può arrivare a quindici metri. Da prendersi in considerazione anche i fenomeni di variazioni (in positivo/negativo) dei fondali marini che provocano l'emersione di reperti sommersi oppure l'affondamento di reperti prima all'asciutto. Le vasche per l'allevamento di pesci costruite dai Romani sulle coste del Mediterraneo, realizzate in corrispondenza dell'intervallo di marea si trovano attualmente, nel Tirreno, alla quota di circa -130 cm. In linea di massima si può riconoscere che la vulnerabilità di un sito costiero possa dipendere dall'effetto serra (*innalzamento del livello medio del mare*), dal variato apporto di sedimenti (*sbarramenti, opere fluviali, impermeabilizzazione dei suoli*), eliminazione delle strutture di difesa naturali (*sistemi di dune, vegetazione costiera spontanea*), allestimento di infrastrutture costiere (*moli, porti, barriere, dighe foranee*).

86. I moti ondosi sono provocati dai venti. La direzione prevalente del moto ondoso dipende dai venti *regnanti* mentre la formazione di onde più alte è provocata dai venti *dominanti*.

87. Altri fattori climatici che vanno considerati perché possono condizionare in maniera sensibile lo stato di conservazione dei manufatti sono l'umidità relativa (frequente soprattutto nelle prime ore del mattino) e l'insolazione. Va osservato che non è pericolosa tanto il valore assoluto di questi fattori quanto piuttosto le differenze che si possono avere anche a breve distanza e le escursioni che si possono avere in tempi brevi. Una delle forme più evidenti di degrado associabile all'umidità salina è l'erosione determinata da cambiamenti repentini di sole e ombra e di calma e vento. Le soluzioni saline tendono a svilupparsi soprattutto quando c'è maggiore evaporazione.

88. L'acqua marina ha una capacità di dissolvere il carbonato di calcio di circa il 10% in più rispetto all'acqua dolce.

89. Le scelte dei mezzi di protezione (palancole, palizzate, gabbionate, tappeti o sacchi di terra) non possono non tener conto della singolarità delle condizioni naturali e delle implicazioni, solitamente forti, dell'azione antropica.

90. Avviene di frequente che dopo l'allarme e il sopralluogo (non sempre solleciti) il sito venga abbandonato senza alcuna protezione rinviando una campagna esplorativa e azioni di tutela a tempi successivi.