

Archeologia e Calcolatori
25, 2014, 51-69

THESAURUS: UN DATABASE PER IL PATRIMONIO CULTURALE SOMMERSO

1. *Thesaurus*: OBIETTIVI E PARTENARIATO

Nel 2011 è stato approvato dalla Regione Toscana un progetto interdisciplinare per la promozione della conoscenza del patrimonio culturale sommerso. Il titolo del progetto *TecnicHe per l'Esplorazione Sottomarina Archeologica mediante l'Utilizzo di Robot a Utonomi in Sciame (Thesaurus)* intende sottolineare l'interesse all'integrazione di diverse discipline per l'obiettivo unico della conoscenza e tutela del patrimonio sommerso (<http://thesaurus.isti.cnr.it/>). Il partenariato di *Thesaurus* è composto da quattro unità, che si occupano di aspetti diversi ma complementari. Il Centro Piaggio dell'Università di Pisa¹ e il Dipartimento Sergio Stecco dell'Università di Firenze² lavorano alla progettazione di uno sciame di veicoli sottomarini che siano capaci di esplorare i fondali alla ricerca di oggetti di interesse storico e/o archeologico. Il tratto innovativo di questa parte della ricerca riguarda la capacità di questi mezzi di muoversi in sintonia tra loro, seguendo le indicazioni di un veicolo guida, e di comunicare con l'esterno, trasmettendo ad un sistema di ricezione, in tempo reale, i dati rilevati.

Il CNR³ si occupa della progettazione e implementazione del sistema di gestione dei dati, sia in relazione a quelli dei veicoli in missione, sia in relazione a quelli dell'unità umanistica. Sotto questo punto di vista, il sistema di gestione dati costituisce il fattore di unificazione dei diversi filoni del progetto. L'unità umanistica costituita dalla Scuola Normale di Pisa⁴ si occupa delle ricerche storiche e archeologiche, della progettazione e modellazione del sistema di gestione dati, insieme al CNR, della promozione della conoscenza del patrimonio sommerso per l'area di interesse e dei rapporti con il Ministero dei Beni e delle Attività culturali e del Turismo. La Soprintendenza per i Beni archeologici della Toscana, con particolare riferimento al Nucleo Operativo

¹ Il Centro Piaggio è il soggetto capofila e coordinatore. Il gruppo del Centro Piaggio è diretto da Andrea Caiti e composto da Lavinio Gualdesi, Andrea Munafò, Vincenzo Calabrò, Tommaso Fabbri, Davide Fenucci.

² Il Laboratorio di Modellazione Dinamica e Meccatronica (MDM Lab) del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze (ex Dipartimento di Energetica Sergio Stecco) è guidato da Benedetto Allotta. Afferisce a questa unità anche Carlo Colombo, che guida il Computational Vision Group (CVG) del Dipartimento di Ingegneria dell'informazione dell'Università di Firenze.

³ Il gruppo del CNR è guidato da Ovidio Salvetti ed è composto da Massimo Martinelli, Marco Righi e Marco Tampucci.

⁴ Il gruppo della Scuola Normale è guidato da Salvatore Settis, composto da Denise La Monica, Sergio Bargagliotti, Lucia Botarelli, Gianluca Casa, Silvana Costa, Lucia Franchi, Gloriana Pace, Carla Papa.

Subacqueo diretto da Pamela Gambogi, segue costantemente le attività di ricerca del Progetto.

Questo contributo intende descrivere il lavoro svolto da archeologi, storici e informatici per la modellazione di un sistema informativo che gestisca dati di natura storica e archeologica, ma anche documentaria e archivistica legati all'archeologia sottomarina⁵.

2. IL QUADRO DI RIFERIMENTO: ISTITUZIONI E PROGETTI

Il progetto si inserisce in un ambito istituzionale molto ricco, in cui coesistono e collaborano enti pubblici come le Soprintendenze, con i loro nuclei operativi speciali, e alcuni soggetti privati, spesso di rilievo internazionale. Si segnalano a questo proposito alcuni imprescindibili soggetti di riferimento, quali il Servizio Tecnico per l'Archeologia Subacquea della Soprintendenza per i Beni archeologici della Liguria, il Nucleo Archeologia Umida Subacquea Italia Centro Alto Adriatico per il Friuli Venezia Giulia, il Veneto, l'Emilia Romagna e le Marche e il Nucleo Operativo Subacqueo della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana. A questi si deve aggiungere in Sicilia il Servizio Coordinamento Ricerche Archeologiche sottomarine della Soprintendenza per i Beni culturali e ambientali del Mare. In Italia la presenza di questi nuclei operativi speciali e le possibilità di finanziamento offerte da progetti di respiro internazionale hanno permesso di avviare alcune esperienze di ricerca cui *Thesaurus* si avvicina soprattutto per l'interesse all'immagazzinamento dei dati in archivi digitali.

Un'altra iniziativa di respiro internazionale, sviluppata da dodici partner, tra cui anche il Nucleo Operativo Subacqueo della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, nell'ambito del VI Programma Quadro, tra 2006 e 2008, è il progetto *Venus (Virtual ExploratioN of Underwater Sites)* che ha previsto la realizzazione di tre missioni, di cui una nell'isola di Pianosa, e lo sviluppo di un sistema di archiviazione digitale (DRAP 2012). Ma soprattutto bisogna citare due progetti, *Archeomar* e *Navis*, per la loro ampiezza e per l'avanzamento nell'applicazione di tecnologie informatiche alla trattazione delle informazioni relative a manufatti di ambito navale, sia antico sia medievale.

Archeomar è un progetto sviluppato dal Ministero dei Beni e delle Attività culturali e del Turismo con lo scopo di monitorare e tutelare i siti archeologici sottomarini (<http://www.archeomar.it/>). In una prima fase (2004-2008) è stato realizzato un censimento dei siti di interesse archeologico di alcune regioni dell'Italia meridionale (Basilicata, Calabria, Campania e Puglia); in una secon-

⁵ L'elenco completo delle pubblicazioni prodotte per il progetto è disponibile al link: http://thesaurus.isti.cnr.it/index.php?option=com_content&view=article&id=194:contributi-prodotti&catid=2:contributi&Itemid=37 che ospita la sezione Contributi del Progetto.

da fase (2009-2010) il censimento è stato allargato al Lazio e alla Toscana. *Archeomar* mira alla protezione dei siti di interesse archeologico, al contrasto alla loro spoliatura e alla messa a disposizione delle autorità preposte alla difesa del patrimonio di informazioni utili all'individuazione e al controllo. *Archeomar* ha predisposto anche una sorta di sportello virtuale aperto alle segnalazioni dei cittadini che si imbattano in reperti o siti potenzialmente di interesse storico e archeologico. L'aspetto che in questa sede interessa maggiormente è la creazione di una mappa delle evidenze archeologiche da tutelare nei mari e lungo le coste delle regioni prese in considerazione dal progetto. Tale mappa è accessibile dal sito ufficiale del progetto, dalla sezione "Atlante".

Il progetto *Navis*, promosso dalla X Direzione Generale della Commissione Europea, si è articolato in tre moduli. Il primo, *Navis1*, ha previsto la costruzione di un sistema informatico per la trattazione di informazioni relative ad imbarcazioni di età sia antica sia post-antica (PFERDEHIRT 2000). Il sistema prevede due modi principali di presentazione dei contenuti sulle singole imbarcazioni: una pagina di introduzione, con un saggio breve, e una scheda analitica. Nel sistema sono inseriti anche una mappa navigabile delle evidenze e una serie di saggi, raccolti in una sezione tematica (<http://www2.rgzm.de/navis/home/frames.htm>).

Il secondo modulo, *Navis2*, ha allargato l'ambito di indagine dai relitti veri e propri alle opere antiche e medievali su cui sono raffigurate imbarcazioni (<http://www2.rgzm.de/navis2/home/frames.htm>); ciò ha determinato la creazione di una scheda di trattazione di oggetti e fonti figurative con immagini di imbarcazioni e il suo inserimento in un sistema di gestione che è collegato, in alcuni casi, ai relitti inseriti in *Navis1*. Infine, il modulo *Navis3* ha inserito nella trattazione una sezione dedicata in maniera specifica alle emissioni monetali antiche su cui compaiano imbarcazioni (<http://www2.rgzm.de/navis3/home/frames.htm>).

In Italia il quadro normativo e la connessa strumentazione tecnica di gestione delle problematiche relative all'archeologia subacquea ha visto negli ultimi anni una evoluzione particolare. L'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) ha elaborato standard catalografici per due entità principali, ossia i beni mobili e i beni immobili, distinguendo rispettivamente per i primi il reperto archeologico (scheda RA), la tabella dei materiali (scheda TMA) e il reperto antropologico (scheda TA) e per i secondi il sito (scheda SI), il saggio stratigrafico (scheda SAS) e il complesso o monumento (scheda CA/MA) (<http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/251/beni-archeologici/>). Manca però da questo elenco una scheda specifica per la trattazione del relitto o galleggiante.

Inoltre, il nuovo Codice dei Beni culturali e del paesaggio (d. lgs. 42/2004 del 1° maggio 2004) ha introdotto in maniera esplicita tra i beni soggetti a tutela, in seguito a dichiarazione di interesse culturale, «le navi e i galleggianti

aventi interesse artistico, storico od etnoantropologico» (art. 10, c. 4, lett. i). Considerati i progetti fin qui esposti e la corrente situazione normativa si può immaginare che il prossimo passo possa essere l'elaborazione di una scheda per i galleggianti, da adottare nell'ambito degli standard catalografici dell'ICCD. Si può anche auspicare che il lavoro svolto dai progetti *Navis* e *Archeomar*, nonché da ultimo quello condotto da *Thesaurus*, possa offrire le basi per elaborare a livello ministeriale questa nuova scheda.

3. I SISTEMI INFORMATIVI DISPONIBILI

La struttura informatica elaborata dal progetto *Archeomar* è visibile sul sito ufficiale del progetto (<http://www.archeomar.it/>). I dati messi a disposizione dell'utenza generica sono comprensibilmente limitati da motivi di sicurezza. Il sistema informatico è in grado di gestire fonti documentarie come fotografie o riprese video e di agganciarle alla scheda di identificazione del relitto trattato; tali fonti sono solo in parte pubblicamente disponibili in quanto contengono informazioni sensibili, che le autorità si riservano di diffondere in maniera integrale. Dal sito web è pubblicamente accessibile una sezione denominata *Atlante dei siti*, che permette di accedere ai contenuti del database. Questa sezione presenta una mappa su cui sono localizzati i giacimenti di interesse archeologico distinti per tipologia (*struttura, relitto, reperto isolato, insieme di reperti*). La scheda visibile sul sito presenta alcuni campi per la localizzazione (*Sito, Regione, Provincia, Comune, Località*), un campo di definizione tipologica (*Tipologia*), uno per la cronologia (*Cronologia*) e uno per la descrizione delle caratteristiche del giacimento (*Descrizione*). Questa esperienza fornisce un primo termine di riferimento per la creazione di un database di gestione dati relativi a rinvenimenti sottomarini.

Un altro database che tratta dati riferibili all'archeologia sottomarina è quello del progetto *Navis1*. Il sistema costruito per *Navis1* si basa su una scheda di gestione delle informazioni relative alle imbarcazioni sia antiche sia post-antiche (localizzazione del rinvenimento, attuale sede di conservazione, contesto culturale, datazione e caratteristiche strutturali). Da questa scheda dell'imbarcazione è possibile accedere ad alcune componenti del carico, presentate attraverso una galleria di fotografie corredate da didascalie. Ogni imbarcazione è individuata con una numerazione e una denominazione convenzionale. Per ogni imbarcazione è anche possibile visualizzare immagini, eventuali modelli di ricostruzione, bibliografia e localizzazione su mappa.

Diversamente da *Navis1*, il progetto *Navis2* individua nella produzione figurativa antica e medievale di rappresentazioni di imbarcazione il nodo centrale della ricerca e, di conseguenza, organizza l'articolazione del database incentrandola sulla schedatura di tali rappresentazioni. Il sistema permette di gestire sia manufatti antichi, sia manoscritti, codici o altri tipi di fonte docu-

mentaria, che riportino raffigurazioni, in diverse tecniche, di imbarcazioni. Il principale sistema di ordinamento e, al contempo, di selezione delle proprietà e di ricerca è uno schema ad albero. Le proprietà presentano tre livelli di descrizione. Ciascuna proprietà di primo livello (*Paesi, Componenti della Nave, Proprietà della Nave, Parole chiave dell'oggetto, Datazione, Porti, Ricerca*) è articolata in un menù di secondo livello. Ciascuna voce di secondo livello, a sua volta, è ancora articolata in altre voci di terzo livello.

Il sistema dei menù su tre livelli vale anche per l'organizzazione delle fonti bibliografiche e archivistiche o grafiche in generale. La voce *Ricerca* (I livello) si articola in altre due opzioni (II livello) *Ricerca e documentazione* e *Vedute* che, a loro volta, permettono di precisare ulteriormente le caratteristiche delle fonti tra cui si effettua la ricerca. Se si seleziona, ad esempio, la voce *Sezione longitudinale* (III livello), si ottengono due record, entrambi corredati di una ricostruzione grafica in sezione longitudinale. Selezionando la raffigurazione inserita a corredo illustrativo di ogni scheda, si apre una pagina in cui sono visibili altre ricostruzioni del medesimo manufatto. Tali ricostruzioni grafiche sono tutte riferite tramite un link alla prima fase del progetto, *Navis1*. Si accede così ad una lista a tendina, che presenta per ogni immagine soltanto le voci che per essa sono state valorizzate.

In base a questa dettagliata articolazione della trattazione delle imbarcazioni e della visualizzazione degli esiti della ricerca, il progetto *Navis* offre quindi un fondamentale termine di confronto per l'articolazione di sistemi di gestione dati riferibili alla navigazione antica. Questa iniziativa ha offerto un'attenta griglia di descrizione delle imbarcazioni antiche e post-antiche e ha avuto il merito di portare alla schedatura di una vasta quantità di informazioni su manufatti antichi e fonti grafiche riferibili alla navigazione antica, mettendola a disposizione del pubblico.

4. LA CONCEZIONE DELLA BANCA DATI

Thesaurus intende proporre un modo per aggregare conoscenze diverse (archeologiche, storico-artistiche, documentarie, tecniche) nell'ambito del patrimonio sommerso⁶. Perciò la progettazione di un sistema informatico di registrazione e gestione dati è funzionale a raccordare le nozioni di varia

⁶ Alcune informazioni generali sul modello concettuale del sistema informativo di *Thesaurus* sono state fornite in LA MONICA *et al.* 2013. Il presente contributo si inserisce in una fase più avanzata del progetto, a seguito di implementazione, testing e popolamento del database. Questi passaggi hanno permesso di fornire informazioni specifiche su singoli casi, che sono stati inseriti nel database a seguito di opportuna modellazione. Il presente contributo pertanto, oltre ad illustrare in maniera più dettagliata le caratteristiche delle altre banche dati del settore, fornisce informazioni più approfondite sull'architettura del sistema, con particolare riferimento alla trattazione delle relazioni tra i reperti e delle caratteristiche delle fonti, e presenta al lettore esemplificativi casi concreti di inserimento per l'ambito archeologico e storico.

natura riferibili agli oggetti dell'indagine. La ricerca scientifica di ambito umanistico si è concentrata su un'area specifica, la Provincia di Livorno, per poter studiare in maniera approfondita tutti i tipi di informazioni recuperabili sul patrimonio in corso di analisi. Tale ricerca è stata condotta sotto la supervisione e con la collaborazione della Soprintendenza per i Beni archeologici della Toscana, in particolare di Pamela Gambogi, che detiene la delega al patrimonio archeologico sommerso.

Per l'ambito toscano, le informazioni sul patrimonio archeologico sommerso di età antica sono disponibili in letteratura, specifica e talvolta anche divulgativa. Questo tipo di informazioni si può organizzare attraverso la creazione di un sistema di gestione dei dati provenienti in primo luogo dalle fonti bibliografiche. Oltre a questo tipo di fonte, però, esiste un altro ampio repertorio di informazioni costituito dagli archivi della Soprintendenza per i Beni archeologici, che si articolano nel caso specifico in tre settori non collegati (Archivio storico, Catalogo, Archivio fotografico). Esistono inoltre fonti di tipo normativo o regolamentare, ossia atti pubblici, con cui le autorità competenti adottano provvedimenti vari (recupero, protezione, indagine o affidamento) nei confronti dei beni e delle persone ad essi collegati.

Riguardo al patrimonio storicamente più recente, riferibile ad età post-antica, medievale e moderna, sono disponibili anche altri tipi di fonti, testuali o figurative, conservate in archivi spesso diversi da quello della Soprintendenza. Le cronache, gli atti di amministrazione delle aree portuali, i diari o le descrizioni di viaggiatori possono offrire informazioni sulla navigazione di età post-antica per l'area toscana. Infine, si rintracciano informazioni molto interessanti anche nelle fonti di tipo figurativo di età medievale e moderna: pitture, rilievi, disegni e stampe possono fornire informazioni su imbarcazioni che in una determinata epoca, per qualche motivo, abbiano solcato i mari dell'area oggetto di indagine facendovi poi naufragio.

Le necessità cui deve rispondere il sistema di gestione dati di *Thesaurus* sono dunque almeno due: gestire le informazioni direttamente riferibili agli oggetti archeologici sulla base delle indicazioni delle fonti bibliografiche più attuali e della documentazione specialistica prodotta dalla Soprintendenza; gestire le informazioni desumibili da tutti gli altri tipi di fonte, rendendo trasparente l'attribuzione delle proprietà agli oggetti in funzione della fonte.

Sono essenzialmente le medesime due linee su cui si è mosso anche il progetto *Navis*: da una parte poter descrivere i manufatti archeologici effettivamente esistenti, visibili e recuperabili; dall'altro poter in qualche modo salvare e mettere a disposizione del pubblico un'ampia mole di dati desumibili dalle fonti archivistiche, bibliografiche o figurative, seppur talvolta non direttamente riferibili a oggetti effettivamente individuati. Tale sistema di gestione di informazioni deve anche essere capace di presentare i contenuti al pubblico, specialistico e non, in maniera chiara, diretta ed amichevole, in modo da poter



Fig. 1 – Schermata di inserimento dati, in cui sono indicate le entità principali.

attirare non solo gli addetti ai lavori, ma anche semplici cittadini che siano interessati alla conoscenza del patrimonio sommerso.

Pertanto lo studio della documentazione disponibile compiuto nel corso del Progetto *Thesaurus* riguardo a casi di affondamento di età antica e post-antica ha indotto ad elaborare un sistema informatico basato sulle seguenti entità principali: *sito*, *complesso archeologico*, *reperto*, *merce sfusa*, *fonte* (Fig. 1).

Con *sito* si intende la località geografica in cui si trovava o si trova la situazione archeologica in corso di analisi. Il *sito* viene identificato attraverso coordinate, che rimangono riservate e non accessibili al pubblico, ma anche attraverso un'arbitraria zonizzazione del territorio e la costruzione di un sistema di corrispondenze tra mappe, nomi geografici e coordinate che permette poi di agganciare al database una mappa interattiva e navigabile. La mappa a sua volta permette di accedere ai contenuti del database e di visualizzare in maniera semplificata e generale l'accesso ai dati.

Con *complesso archeologico* si intende indicare la situazione archeologica in corso di studio, volendo evidenziare con questo termine la complessità e pluralità di elementi che compongono tale situazione e la loro reciproca interconnessione. Tale *complesso archeologico* viene descritto in dettaglio attraverso campi specifici, talvolta ripetibili, presentati in liste a tendina. Si distinguono al momento i seguenti tipi di complesso archeologico: *reliitto*, *campo d'anfore*, *discarica portuale*, *gruppo di reperti*, *materiale sporadico*.

In più rispetto a queste due entità principali si è avvertita l'esigenza di poter descrivere in maniera molto dettagliata i manufatti connessi ad un sito o ad un complesso archeologico, che siano trattabili di per sé in quanto

latori di informazioni proprie (ad es., sul luogo di produzione, sulla loro provenienza, sul carico cui solitamente erano collegati, con le persone o le istituzioni preposte alla loro produzione) e in quanto direttamente studiabili perché conservati non *in situ*, ma in qualche museo o in qualche altra sede (magazzino di soprintendenza, abitazione privata, sede di associazione o di enti pubblici). Ciò ha portato ad elaborare una scheda per il *reperto* che, per ragioni tecniche, deve sempre essere collegata al *complesso archeologico*, anche se quest'ultimo è non individuabile o inesistente. In tal modo è possibile descrivere anche i reperti connessi ad un *complesso archeologico*, che siano oggi conservati ed esposti al pubblico in qualche museo.

In base a queste tre entità principali – *sito*, *complesso*, *reperto* – si modella la descrizione della realtà di un eventuale caso di affondamento antico o post-antico. Si possono così descrivere la localizzazione geografica dell'affondamento (*sito*), il *complesso archeologico* riferibile a tale localizzazione, indicandone le caratteristiche (dimensioni, materiali, componenti *in situ*, etc.), i *reperti*, ad esempio anfore, ancore e altri oggetti rinvenuti in relazione ad un determinato *complesso archeologico*, e le nozioni da essi desumibili che meritino una trattazione più specifica (cronologia, provenienza, etc.). Ciascuno di questi oggetti potrà essere trattato con una scheda specifica, che permetterà di definirne le caratteristiche tecniche, il contesto di produzione e d'uso e altre particolarità, di volta in volta identificabili (iscrizioni, raffigurazioni, condizioni di conservazione, etc.).

4.1 *Le relazioni tra reperti*

Oltre a queste entità principali, si è avvertita l'esigenza di definire alcuni tipi di collegamento tra reperti, precisandone in maniera chiara ed immediatamente visualizzabile le motivazioni. Le relazioni tra reperti sono funzionali alla comprensione dei rapporti che legano tra loro più reperti. La prima relazione che è stata individuata, denominata *Reperto contenuto in Reperto*, definisce un legame di natura funzionale tra due o più oggetti dal punto di vista delle modalità di giacitura e rinvenimento e, contemporaneamente, di utilizzo in antico. Mediante questo collegamento è possibile esplicitare la connessione tra reperti legati tra loro dal nesso "contiene/è contenuto", applicabile sia al momento del rinvenimento, sia alla condizione d'uso originaria.

Si può, così, restituire nel database il legame tra un gruppo di monete e l'anfora in cui esse sono state rinvenute, come nel caso del cd. Tesoretto della Meloria (TONDO 1998), oppure tra una serie di manufatti ritrovati all'interno di un contenitore più grande, come i flaconcini (Fig. 2) riposti in una cassetta di legno nel celebre caso del relitto del Pozzino, naufragato nel II secolo a.C. nei pressi del Golfo di Baratti (ROMUALDI 2007).

Alla necessità di restituire un'immagine quanto più possibile articolata e fedele dell'utilizzo e del funzionamento in antico del materiale schedato nel



Fig. 2 – Alcuni contenitori e una cassetina in legno di bosso dal relitto del Pozzino (foto SBAT).

database risponde anche la seconda funzione modellata denominata *Reperto parte di Reperto*. Mediante questo collegamento si indica il legame tra oggetti rinvenuti separatamente, ma appartenenti, in origine, ad un unico complesso. Il caso più esemplificativo è costituito da due lastre plumbee (Figg. 3-4) rinvenute nel giacimento altoimperiale del relitto di Chiessi (Isola d'Elba, MASSA 1999, 262-267, fig. 3, 1-2): le due lamine, decorate mediante l'impressione di una piccola scena di *venatio*, costituivano il rivestimento di un collettore plumbeo impiegato per la raccolta e lo smaltimento delle acque di sentina della nave. Per mezzo di una pompa, l'acqua veniva spinta nella vasca che le lastre ricoprivano, dalla quale fuoriusciva mediante una tubatura a due rami che si dipartiva dai due fori praticati ai lati del bacino per terminare, probabilmente, sotto al livello del ponte della nave, scaricando a seconda del suo movimento. Nelle vicinanze delle due lamine è stata, inoltre, rinvenuta parte della tubatura pertinente il congegno meccanico, perfettamente congruente con il diametro dei fori nelle lastre (Fig. 5). L'esigenza di descrivere nel dettaglio i singoli reperti, mediante la compilazione di schede distinte, non poteva prescindere in un caso come questo da quella di indicare chiaramente come i tre oggetti (le due lamine e il tubo) facessero parte di un congegno unitario.

La funzione denominata come *Insieme di Reperti*, infine, è stata individuata per permettere di sottolineare la stretta connessione esistente in antico tra due o più reperti provenienti dallo stesso contesto archeologico. La natura del legame che quest'ultima relazione esplicita, tuttavia, è più generale rispetto a quella di appartenenza ad una struttura andata distrutta e comprende relazioni di carattere diverso. Mediante questo nesso è possibile estrapolare dalla massa di materiale eterogeneo restituito da un complesso nuclei di



Figg. 3-4-5 – Le due lamine in piombo e il tubo che costituivano un sistema di raccolta e di smaltimento delle acque di sentina del relitto di Chiessi (foto SBAT).

reperiti che costituivano un “set”, un insieme cioè reso coerente ad esempio dalla comune destinazione d’uso oppure dell’appartenenza alla produzione dello stesso atelier. Mediante questo collegamento si possono ricondurre ad un insieme alcuni tra i numerosissimi reperti restituiti dal già citato relitto del Pozzino, che siano avvicinati per caratteristiche comuni, tipologiche o funzionali: si citano tra questi una serie di vasi di stagno, accomunati dalla terminazione dell’ansa modellata in foglia cuoriforme che ne denuncia chiaramente la produzione nella stessa officina di vasai, oppure alcuni oggetti di natura molto eterogenea (uno specchio, una ventosa per salassi, una piccola macina e 136 piccoli contenitori in legno di bosso) che componevano senza dubbio un “kit” di strumenti medici (ROMUALDI 1990).

L’articolata modellazione della scheda *Reperto* permette, quindi, non solo di descrivere nel dettaglio il singolo oggetto, ma anche di definire la relazione che intercorre tra di esso ed altri materiali provenienti dallo stesso contesto. È bene notare, infine, che le connessioni così strutturate si applicano solo nel caso in cui il nesso che si desidera esplicitare tra gli oggetti sia di natura intenzionale e che esso caratterizzasse anche in antico i materiali presi in esame. Lo scopo dell’introduzione di queste relazioni consiste nel tentativo di restituire un’immagine quanto più completa e comprensibile della natura dei reperti e della funzione che essi svolgevano: in quest’ottica non vengono quindi registrate eventuali connessioni dal carattere casuale, verificatesi ad esempio in seguito alle condizioni di giacitura degli stessi. I vasi in ceramica saldati dalle concrezioni marine ad un’ancora nel relitto ellenistico di Cala del Diavolo (Isola di Montecristo, CORSI 1998), di conseguenza, vengono trattati all’interno del database in schede totalmente separate poiché la connessione tra questi manufatti è puramente fortuita.

4.2 *Il carico, il contenuto del reperto, la merce sfusa*

Nella modellazione di queste entità si è aperto il problema di come fosse più opportuno e corretto trattare il problema del carico, o meglio di come si potesse descrivere la motivazione del collegamento tra i reperti e il contesto archeologico di appartenenza, in modo tale che lo schedatore/studioso potesse in qualche modo pronunciarsi sul carico, che è il motivo principale che determina la navigazione antica e post-antica. Si poteva definire un'ulteriore entità, denominabile appunto come *carico*, ma essa sarebbe stata ridondante, poiché si sarebbe configurata come un raccordo di più record *reperto* già presenti nel database. Si è allora preferito non generare un'ulteriore entità. Nella modellazione concettuale di *Thesaurus*, il carico si configura come un nesso che collega i *reperti* al *complesso archeologico*. Pertanto, in ragione di ciò, si è preferito descrivere questo tema attraverso la possibilità di definire le motivazioni alla base del collegamento tra *reperto* e *complesso archeologico*. In tal modo si è deciso di creare la proprietà *Funzione*, che permette di definire la natura di tale collegamento; questa proprietà è ulteriormente precisabile come *carico*, *suppellettile di bordo*, *attrezzatura di bordo* oppure *effetti personali*.

Un altro argomento molto vicino a quello del carico, anzi ad esso assimilabile, è il *contenuto del reperto*. Poiché il carico è spesso costituito da merci non precisamente numerabili, ma contenute in reperti, come il vino, le olive, l'olio, si è ritenuto opportuno, nella trattazione dei singoli reperti, poter descrivere anche il contenuto tramite una serie di campi a testo libero (*descrizione, produttore, interpretazione itinerario, provenienza, destinazione, cronologia, merce, contenuto*) che consentano di dare informazione sulla merce, e soprattutto sulle ulteriori indicazioni che essa può fornire riguardo al percorso compiuto dall'imbarcazione che la trasportava e al reperto che la conteneva.

Infine, volendo mantenere anche le informazioni desumibili da altri tipi di merce che viaggiavano a bordo delle imbarcazioni antiche, spesso come materiale di riempimento delle stive, nel caso in cui essa fosse difficilmente enumerabile, si è deciso di trattare questo concetto con l'entità *Merce sfusa*. Questo tipo di contenuto è simile al *contenuto del reperto*, ma se ne differenzia per collocazione antica, in quanto non era appunto contenuto da reperti specifici.

4.3 *La trattazione delle fonti*

Fin qui è stata descritta l'articolazione del database riguardo a realtà archeologiche documentate dalla bibliografia o da documentazione della Soprintendenza. Esistono però anche casi in cui sussistano segnalazioni riferibili a relitti o reperti non più o non ancora individuati, oppure fonti antiche, testuali o figurative, relative a imbarcazioni o episodi di affondamento poi

non documentati da indagini *in situ*. Poiché *Thesaurus* ha voluto prendere in considerazione, seppur per campioni e per nodi problematici, anche l'età post-antica, si è ritenuto opportuno fare in modo che il sistema informativo potesse gestire qualsiasi altro tipo di informazione desumibile da fonti documentarie, archivistiche, figurative o a stampa.

Per gestire tali informazioni, è stata formulata quindi la necessità di modellare un'altra entità, che è stata denominata *Fonte*, che possiede a sua volta campi specifici, che è autonoma e che a sua volta conferisce informazioni alle entità *sito*, *complesso archeologico* e *reperto* tramite l'attivazione di uno o più collegamenti. La *Fonte* non è una proprietà di altre entità, ma è essa stessa un'entità. L'interesse per la trattazione delle fonti cambia notevolmente tra i casi di età antica e quelli post-antichi. Per i primi interessa soprattutto la fonte di tipo bibliografico, per i secondi, invece, è interessante poter registrare le informazioni derivanti da una più vasta gamma tipologica di fonti. Per comprendere tale differenza può essere utile citare alcuni esempi.

Il cosiddetto relitto di Capo Enfolà è un'imbarcazione etrusca databile tra VII e VI sec. a.C., con parte del carico ancora *in situ*, al largo delle coste dell'Elba (FIRMATI 1998, 148-156). In base agli studi di natura archeologica, i materiali recuperati (anfore vinarie, coppe e calici di bucchero e bacili in bronzo) forniscono informazioni, come è ovvio, sul percorso compiuto dall'imbarcazione (cronologia, provenienza, scali intermedi, etc.). In più, le eventuali analisi chimico-fisiche sulla composizione dei reperti potrebbero fornire indicazioni sulle aree di produzione del carico stesso (ad es. argille utilizzate per la produzione delle anfore); i confronti tipologici sui buccheri e i bacili in bronzo potrebbero orientare verso le botteghe o verso eventuali attribuzioni a specifiche manifatture artigiane. Alcune di queste informazioni rimangono allo stato di ipotesi, ad esempio per il porto di partenza delle merci (le anfore vinarie etrusche erano generalmente realizzate nel comprensorio vulcente, ma il vino in esse contenuto potrebbe aver avuto provenienza diversa), per la rotta, gli scali intermedi (quale probabilmente fu quello dell'Elba nel caso qui presentato) con eventuale carico-scarico di merci e, infine, per il porto di destinazione finale del carico. Pertanto, per i relitti antichi si riesce a dettagliare gli aspetti contestuali del viaggio solo in misura ridotta.

Riguardo ai relitti più recenti, dal Medioevo all'età moderna, invece, pur se depredati al pari e forse anche più di quelli antichi, il valore aggiunto è rappresentato dalla possibilità di recuperare le fonti documentarie, pubblicate o inedite, che consentano non solo di identificare un eventuale relitto, ma anche di ricostruire l'intera storia dell'imbarcazione, dalla costruzione per un preciso armatore in un determinato cantiere navale, alle rotte di navigazione comprensive di scali intermedi, alle merci trasportate, alle possibili dotazioni di armamenti contro gli attacchi pirateschi, al personale di bordo e agli eventuali passeggeri imbarcati, ai naufragi o affondamenti. Si pensi

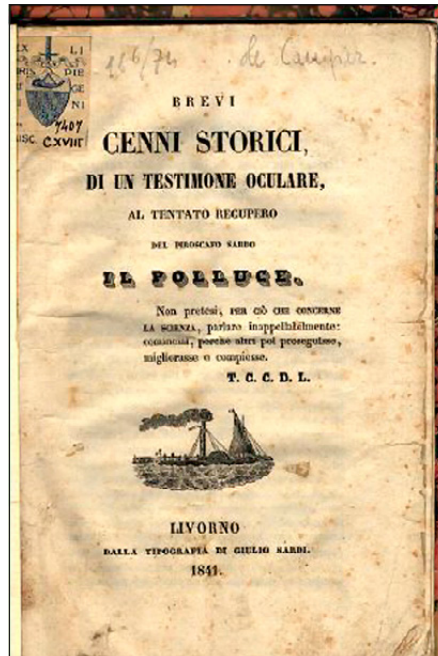


Fig. 6 – Una fonte a stampa relativa al Polluce.

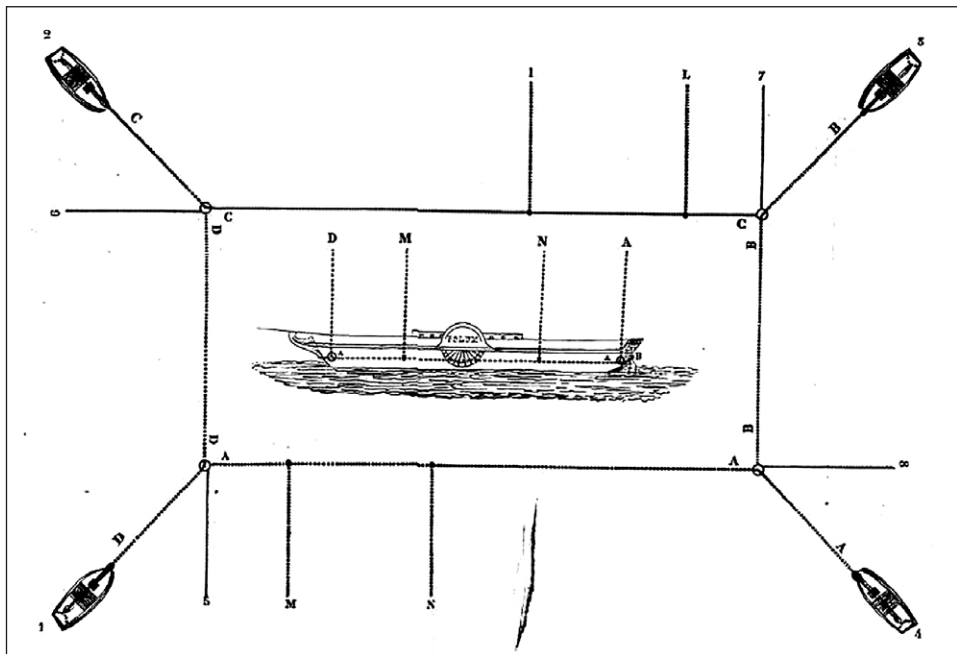


Fig. 7 – Schema progettuale di recupero dell'imbarcazione.

al caso, ormai famoso, del relitto del Polluce, piroscampo della compagnia di navigazione genovese De Luchi-Rubattino & C., affondato al largo dell'Elba nel 1841 (CAPPELLETTI, MIRTO 2004). Grazie alla documentazione d'archivio, nel 2000 la sezione subacquea del Nucleo Tutela Patrimonio Culturale riuscì a bloccare un tentativo fraudolento di recupero, ad identificare definitivamente il relitto del Polluce, ma soprattutto a recuperare quanto ancora era rimasto *in situ*, gioielli, monete e altri materiali che stavano per essere battuti all'asta sul mercato londinese. Il database progettato per il progetto *Thesaurus* può gestire i dati storici relativi al rinvenimento, alla scoperta e al caso processuale (Figg. 6-7), permettendo di salvaguardare una documentazione importante anche per la storia della conservazione del relitto.

5. ASPETTI TECNICI

Il sistema informativo realizzato è il frutto di mesi di confronto tra informatici e umanisti. I fattori da cui siamo partiti per l'attività di modellazione sono essenzialmente tre: la scarsità di informazioni organizzate accessibili tramite database per quanto riguarda il Mediterraneo, la diversità di scopo relativa alla strutturazione delle informazioni disponibili, infine la necessità di descrivere gli oggetti in maniera dettagliata. A partire dalle situazioni più complesse e con il maggior numero di informazioni abbiamo cercato di dare la possibilità di descrivere i casi di affondamento in maniera più possibile puntuale.

Il sistema informativo *Thesaurus* gestisce dati eterogenei necessari allo svolgimento del progetto: le missioni dei veicoli sottomarini e le loro elaborazioni, la realtà virtuale e le informazioni archeologiche, storico-archivistiche e iconografiche. Per poter gestire dati di natura tanto eterogenea abbiamo pertanto scelto un sistema ibrido, ovvero l'utilizzo del database PostgreSQL esteso ai dati spaziali con PostGIS per gestire informazioni georeferenziate, e di un database XML nativo, Exist-DB, per quelle storico-archivistiche.

Data la complessità ed eterogeneità delle informazioni storico-archivistiche, la scelta del modello flessibile si è rivelata molto utile e premiante, vista anche la facilità con cui è stato possibile effettuare rifiniture e modifiche alla modellazione del dominio fino al completamento del sistema di inserimento dati. Exist-DB ha consentito un'ottima flessibilità per la gestione delle informazioni; la ricerca tramite il linguaggio di interrogazione Xquery e tramite il text search engine integrato, Lucene, sono stati altri fattori che hanno rafforzato tale scelta.

La fase di modellazione del dominio è stata condotta senza adottare scelte e strutture già definite per evitare di adottarne anche i relativi vincoli. Durante la fase di modellazione si è cercato, partendo dai casi più complessi e con maggior numero di informazioni, di sviscerare tutte le informazioni presenti allo scopo di raggiungere il massimo dettaglio. Grazie a tali strate-



Fig. 8 – Schermata di visualizzazione della ricerca a tendina dei complessi archeologici inseriti nel sistema informativo relativi alla macroarea Livorno-Cecina.



Fig. 9 – Schermata di visualizzazione della ricerca a tendina dei reperti inseriti nel sistema informativo.

gie, la rappresentazione del dominio conseguita è complessa e rilevante per granularità e peculiarità per quanto riguarda le informazioni e le relazioni.

Utilizzando il linguaggio Xpath sono state inoltre modellate ulteriori informazioni che derivano dall'interrelazione dei dati: all'interno del sistema informativo, è possibile relazionare le informazioni di una fonte bibliografica con una qualsiasi proprietà di una qualsiasi entità presente nel database, per

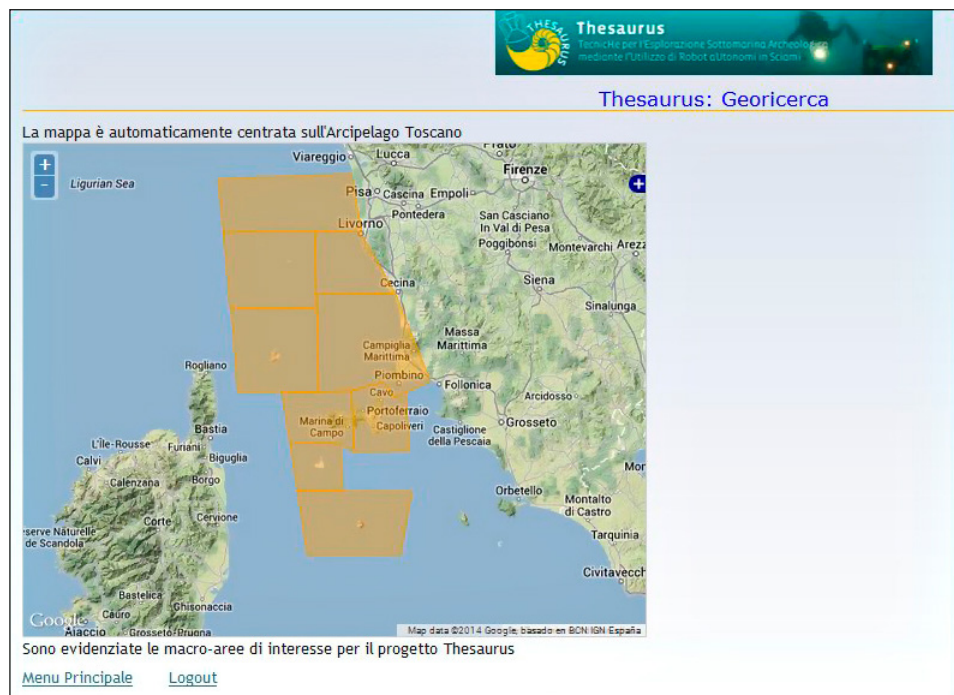


Fig. 10 – Schermata di georicerca.

esempio con la proprietà “forma” di un “Reperto”. Per l’implementazione sono state utilizzate le ultime versioni delle tecnologie Java Server Faces, estese con le librerie di Primefaces e con il framework Enterprise Java Beans.

Vista la granularità e complessità dei dati, la realizzazione del sistema informativo è stata condotta scegliendo e impiegando accuratamente le tecnologie elencate e, al fine di migliorare l’integrazione di tali tecnologie, è stato utilizzato il pattern Model-View-Controller. L’applicazione di tale pattern durante le fasi di progettazione e realizzazione ha garantito che la gestione dei dati avvenisse in maniera separata e indipendente dalla gestione del flusso di calcolo e dell’interfaccia tramite cui l’utente possa usufruire delle informazioni contenute all’interno del sistema informativo. Questa soluzione ha fatto sì che il sistema fosse modulare, facilmente estendibile e integrabile. Il sistema informativo è in grado di gestire i dati prodotti durante le missioni, la loro elaborazione eseguita in real-time oppure, nel caso di calcoli più complessi, la loro elaborazione off-line.

La gestione dei dati è effettuata in funzione della loro complessità e dimensione: i dati più semplici da gestire (ad es., i dati di navigazione dell’AUV)

sono memorizzati direttamente all'interno del database, mentre per gli altri dati è riservato un trattamento *ad hoc*. Essi sono contenuti in un repository composto da un'apposita strutturazione del file-system relazionata ad una serie di metadati archiviati all'interno dei database del sistema informativo. Tra questi dati troviamo i modelli 3D delle scene, il footage dei sensori di imaging, i modelli digitali di elevazione. Essi saranno quindi ricercabili e accessibili dalla base di dati per mezzo dei metadati sfruttando così le potenzialità e l'efficienza del modello relazionale; tale soluzione, inoltre, permette di uniformare ulteriormente la gestione delle informazioni all'interno del sistema.

La rappresentazione delle informazioni in formato XML definisce solo un modello strutturale che non contiene di per sé semantica, ciò nondimeno abbiamo tenuto in considerazione lo stato dell'arte: i concetti e le relazioni modellate sono sovrapponibili a quelle definite nel modello CIDOC-CRM, ove esistenti, e a quelle collegate nel modello Linked Data.

L'ultima fase di sviluppo porterà alla trasformazione delle informazioni in un formato semantico, al fine di garantire la condivisione, la possibilità di interrogazioni più significative e, anche se per quanto riguarda il patrimonio sommerso non esiste un'estesa disponibilità di informazioni, l'interoperabilità con quanto già modellato da altre esperienze. Durante la fase di realizzazione è stata posta particolare attenzione all'accesso delle informazioni. Il sistema informativo, infatti, trattando informazioni sensibili e in parte non divulgabili, deve possedere un accurato metodo di personalizzazione degli accessi. A tal proposito sono state definite varie tipologie di utenti con accesso a specifici e a più livelli di informazione così che sia possibile divulgare solo i dati pubblicabili. Per l'accesso ai dati il sistema prevede un'interfaccia web tramite cui poter compiere operazioni di ricerca sia in formato testuale (Figg. 8-9) che in formato grafico (Fig. 10), grazie ad una mappa dove poter visualizzare i siti raggruppati in zone geografiche.

6. CONCLUSIONI

I sistemi di gestione dati con cui *Thesaurus* principalmente si confronta sono quelli costituiti dai progetti *Archeomar* e *Navis1 e 2*. *Archeomar* interessa sia per i contenuti e la dimensione territoriale, visto che comprende anche l'area oggetto di studio di *Thesaurus*, sia per l'articolazione dei contenuti in base al dato geografico, tramite localizzazione su mappa. La visione offerta da *Archeomar*, più ampia e generale, mira al primario obiettivo di censire, monitorare e dunque proteggere i giacimenti sommersi ancora presenti nei mari italiani. Rispetto ad *Archeomar*, *Thesaurus* punta maggiormente alla ricerca specialistica cercando di mettere a punto uno strumento che consenta di scendere in dettaglio nella descrizione del complesso archeologico e dei reperti ad esso riferibili.

Navis1 e *Navis2* interessano per la modalità di organizzazione delle informazioni. Il record per l'imbarcazione di *Navis1* indica i dati essenziali necessari ad una descrizione completa di un'imbarcazione antica; in più presenta la prospettiva di offrire informazioni aggiuntive sul carico. *Navis2* presenta una griglia descrittiva molto dettagliata delle caratteristiche strutturali e contestuali della navigazione antica e si apre alla trattazione delle fonti documentarie.

Rispetto a queste due esperienze, *Thesaurus* quindi sviluppa le prospettive della trattazione dei reperti e delle fonti documentarie o figurative riferibili ad un'imbarcazione o, più in generale, ad un caso di affondamento. Il database intende in tal modo diventare anche uno strumento di conoscenza, che favorisca lo sviluppo della ricerca e la sensibilizzazione dell'opinione pubblica sull'importanza del patrimonio culturale sommerso.

DENISE LA MONICA, SILVANA COSTA, GLORIANA PACE

Progetto *Thesaurus*
Scuola Normale Superiore, Pisa

MASSIMO MARTINELLI, OVIDIO SALVETTI, MARCO TAMPUCCI, MARCO RIGHI

Laboratorio Segnali e Immagini
Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione
CNR, Pisa

BIBLIOGRAFIA

- CAPPELLETTI E., MIRTO G. 2004, *L'oro dell'Elba Operazione Polluce*, Milano, Magenes.
- CORSI L. 1998, *Isola di Montecristo*, in POGGESI, RENDINI 1998, 136-141.
- DRAP P. 2012, *Archéologie sous-marine: relevé et réalité virtuelle pour l'étude de sites inaccessibles*, in F. GILIGNY, L. COSTA, F. DJINDJIAN, P. CIEZAR, B. DESACHY (eds.), *Actes des 2^{èmes} Journées d'Informatique et Archéologie de Paris - JIAP 2010 (Paris 2010)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 3, 427-439.
- FIRMATI M. 1998, *Il relitto di Capo Enfola all'Elba*, in POGGESI, RENDINI 1998, 148-156.
- LA MONICA D. et al. 2013, *Thesaurus: un sistema per la conoscenza del patrimonio sommerso*, «Scires», 3, 1, 57-66
- MASSA M. 1999, *Precisazioni in margine al relitto di Chiessi*, «Rassegna di Archeologia», 16, 259-290.
- PFERDEHIRT B. 2000, *Die Bilddatenbank NAVIS 1 im Internet* <http://www.waterland.net/navis>, «Skylis», 3, 1, 54-57.
- POGGESI G., RENDINI P. (eds.) 1998, *Memorie Sommerse. Archeologia subacquea in Toscana*, catalogo della mostra, Grosseto, Amministrazione provinciale di Grosseto.
- ROMUALDI A. et al. 1990, *Relitto del Pozzino (B del Golfo di Baratti)*, catalogo della mostra, Firenze, Edizioni Zeta.
- ROMUALDI A. 2007, *Populonia nella rete dei traffici del Mediterraneo nel II sec. a.C.: il relitto del Pozzino nel golfo di Baratti*, in M. FIRMATI (ed.), *Coste e Mari della Toscana. Archeologia e storia di una regione nel Mediterraneo. Atti del Convegno (Livorno 2007)*, Ospedaletto (PI), Pacini Editore, 29-33.
- TONDO L. 1998, *Le monete della Meloria*, in POGGESI, RENDINI 1998, 38-45.

ABSTRACT

Thesaurus Project aims at promoting the knowledge of the underwater cultural heritage, ancient and modern, through the application of several typologies of tools: underwater autonomous vehicles, which will be able to explore the sea bottom in teams communicating with each other; a database, which will be useful to store and manage all the information referring to archaeological or historical objects, shipwrecks and sites. This paper aims to explain the logic structure of the database indicating the particular needs of the research, the different typologies of items which have to be managed (archaeological and historical objects; ancient, medieval or modern shipwrecks; underwater sites; written or figurative sources, etc.), the relation with other similar databases and projects. The main task of this part of Thesaurus is to plan and organize an IT system, which will allow archaeologists to describe information in detail, in order to make an efficient managing and retrieving data system available.

