

DOTTORATO DI RICERCA  
in  
INGEGNERIA AGRARIA  
XXIII CICLO

---

**Paola Maria Leanza**

**RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE FOTO-REALISTICA DI UN  
COMPLESSO EDILIZIO RURALE TRADIZIONALE PER LA REALIZZAZIONE DI  
UN MUSEO VIRTUALE DEGLI AMBIENTI DI PRODUZIONE  
DELL'OLIO E DEL VINO IN USO TRA L'OTTOCENTO E IL NOVECENTO**

Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca

Tutor: Ch.mo Prof. Ing. Giovanni Cascone

Coordinatore: Ch.mo Prof. Ing. Antonino Failla

---

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA  
Dipartimento di Ingegneria Agraria  
Sezione Costruzioni e Territorio  
Catania, dicembre 2010



<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
1.1	PREMESSA .....	5
1.2	OBIETTIVI .....	6
1.3	ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO .....	7
<b>2</b>	<b>STATO DELL'ARTE .....</b>	<b>9</b>
2.1	MUSEI VIRTUALI E MUSEI REALI .....	9
2.2	LE TECNOLOGIE VR, MR (AV, AR) E WEB 3D .....	11
2.3	LA TECNOLOGIA AR .....	14
2.4	LA TECNOLOGIA AV .....	15
2.5	WEB 3D .....	15
<b>3</b>	<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>17</b>
3.1	FASI DI PROGETTAZIONE DI UN MUSEO VIRTUALE .....	17
3.2	TECNICHE E TECNOLOGIE PER LA MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DI MUSEI VIRTUALI .....	19
3.2.1	LE TECNICHE DI RILIEVO .....	19
3.2.2	LA MODELLAZIONE IN AMBIENTE CAD .....	21
3.2.3	RANGE BASED MODELING TECHNIQUE O ACQUISIZIONE TRAMITE <i>LASER</i> <i>SCANNER 3D</i> .....	22
3.2.4	IMAGE BASED MODELING .....	27
3.2.5	INTEGRAZIONE DELLA RANGE BASED MODELING CON L'IMAGE BASED MODELING E RAPPRESENTAZIONE MULTI SCALA. ....	32
3.2.6	IMAGE BASED RENDERING .....	34
3.3	IL RENDERING .....	37
3.4	RILIEVO DEL COLORE .....	39
3.5	LA PROGETTAZIONE DELL'INTERAZIONE NEL MUSEO VIRTUALE .....	48
3.6	ESEMPI DI MUSEI VIRTUALI E DI NAVIGAZIONE 3D .....	53
<b>4</b>	<b>CASO STUDIO .....</b>	<b>59</b>
4.1	L'ARCHITETTURA RURALE NELL'AREA IBLEA. ....	59
4.1.1	DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE DELLE MASSERIE .....	60
4.1.2	LE MASSERIE NELLA SICILIA ORIENTALE .....	63
4.1.3	GLI EDIFICI, I PROCESSI E LE MACCHINE PER LA PRODUZIONE DEL VINO. ....	68
4.1.3.a	<i>Il processo e gli strumenti per la produzione del vino. ....</i>	<i>68</i>
4.1.3.b	<i>Gli impianti tradizionali per la produzione del vino nell'area iblea.....</i>	<i>76</i>
4.1.4	GLI EDIFICI PER LA PRODUZIONE DELL'OLIO. ....	83
4.1.4.a	<i>Il metodo tradizionale per la produzione dell'olio d'oliva: dalla raccolta delle olive all'estrazione dell'olio. ....</i>	<i>83</i>
4.1.4.b	<i>La raccolta e il trasporto delle olive .....</i>	<i>84</i>
4.1.4.c	<i>La conservazione e la fermentazione delle olive .....</i>	<i>85</i>
4.1.4.d	<i>I frantoi.....</i>	<i>85</i>
4.1.4.e	<i>I procedimenti di molitura e di pressatura e le macchine utilizzate nel frantoio. ....</i>	<i>86</i>
4.1.4.f	<i>Estrazione dell'olio dalle paste .....</i>	<i>89</i>
4.1.4.g	<i>Le tipologie edilizie ed i materiali impiegati negli edifici per la produzione dell'olio di oliva.....</i>	<i>94</i>
4.2	DESCRIZIONE DEL COMPLESSO EDILIZIO FEGOTTO .....	100
4.2.1	DISTRIBUZIONE PLANIMETRICA DEL COMPLESSO EDILIZIO .....	100
4.2.2	I MATERIALI E LE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL PALMENTO, DELLA CANTINA E DEL FRANTOIO .....	102
4.2.2.a	<i>Le murature .....</i>	<i>102</i>
4.2.2.b	<i>L'intonaco.....</i>	<i>105</i>
4.2.2.c	<i>Le finiture in pietra.....</i>	<i>107</i>
4.2.2.d	<i>Le volte .....</i>	<i>108</i>
4.2.2.e	<i>La pavimentazione .....</i>	<i>110</i>
4.2.2.f	<i>Gli Infissi .....</i>	<i>111</i>

4.2.2.g	<i>Le Coperture</i> .....	112
4.2.2.h	<i>Il Sistema di Raccolta e smaltimento delle acque pluviali</i> .....	112
4.3	MATERIALI E METODI .....	113
<b>5</b>	<b>RISULTATI</b> .....	<b>123</b>
5.1	RADDRIZZAMENTO FOTOGRAFICO .....	123
5.2	RILIEVO E MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DEL TERRENO .....	123
5.3	MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI CORPI DI FABBRICA.....	123
5.4	RILIEVO DELLA CROMIA DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI EDILIZI .....	130
5.5	PROCEDURA DI TEXTURE MAPPING E DI RENDERING.....	132
5.6	PANNELLI, BANDIERINE E SCHEDE ILLUSTRATIVE.....	135
5.7	PROGETTAZIONE DELL'INTERAZIONE CON L'UTENTE .....	137
5.8	PERCORSO VIRTUALE ALL'ESTERNO DEL COMPLESSO EDILIZIO .....	139
5.9	PERCORSO VIRTUALE ALL'INTERNO DEL FRANTOIO .....	157
5.10	PERCORSO VIRTUALE ALL'INTERNO DELLA CANTINA E DEL PALMENTO .....	173
	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>187</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>188</b>
	<b>APPENDICE</b> .....	<b>194</b>
	I MATERIALI DA COSTRUZIONE.....	194
5.10.1	LA PIETRA PECE .....	194
	<i>Pietra pece tipo "zoccolo":</i> .....	195
	<i>Pietra pece tipo 'pece':</i> .....	195
	<i>Estrazione della roccia asfaltica</i> .....	196
5.10.2	LA PIETRA CALCAREA DURA.....	197
	<i>La Pietra di Modica</i> .....	197
	<i>La Pietra di Comiso</i> .....	198
5.10.3	LA PIETRA CALCAREA TENERA .....	198
	LE LAVORAZIONI ESEGUIBILI SUI MATERIALI LAPIDEI.....	199

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 PREMESSA

I fabbricati rurali sono realizzati impiegando i materiali e le tecniche costruttive radicate nel contesto territoriale di appartenenza. Essi costituiscono un elemento antropico che influenza le qualità del paesaggio e testimonia le caratteristiche socio-culturali ed economiche di un tempo. La loro conservazione, il loro recupero e la loro valorizzazione contribuisce a migliorare le qualità di un territorio e a conservare le identità di un popolo. Inoltre, l'edilizia rurale possiede, in potenza, tutte le caratteristiche per divenire meta turistica, ma affinché ciò accada risulta necessario, per valorizzarla, divulgare le sue peculiarità architettoniche e formali.

Per la comunicazione di tali informazioni, nell'ambito delle strategie di valorizzazione del territorio rurale, è essenziale adottare strumenti appropriati e un progetto di interpretazione ben chiaro. È soprattutto indispensabile conoscere per valorizzare poiché la conoscenza delle risorse del patrimonio costituisce la base di partenza per un qualsiasi progetto di interpretazione. Non vi può essere un'interpretazione di un bene senza un rigoroso lavoro preliminare di analisi delle fonti che offrono “...la possibilità di descrivere il patrimonio culturale nelle sue dimensioni specifiche sul piano artistico, tecnico, storico e sociale” (ICOMOS, 2005). Tanto più approfondita sarà la conoscenza quanto più agevole risulterà la comunicazione del patrimonio culturale.

I mezzi di interpretazione che consentono la valorizzazione di un bene “...le pubblicazioni, le conferenze, le installazioni in sito, i programmi educativi, le attività comunitarie quali le attività di ricerca, quelle di formazione e le attività di evoluzione di un processo stesso di interpretazione” (ICOMOS, 2007) si devono integrare armoniosamente con il sito e l'elaborazione e l'attuazione dei programmi interpretativi deve avvenire con la partecipazione di esperti, con le autorità pubbliche, con gli operatori turistici ma, soprattutto, con le comunità locali che risultano i maggiori beneficiari, economici, sociali e culturali, dall'azione.

Nella pianificazione di un progetto interpretativo, è necessario compiere una ricerca attenta e documentata sul contesto ambientale, culturale e sociale del bene, sulle ipotesi storiche alternative, sui valori materiali e immateriali (le tradizioni, i racconti, la musica, la danza, il teatro, la letteratura, le arti visive, il patrimonio culinario, ecc.) per garantire l'autenticità del patrimonio culturale, al fine di evitare interpretazioni imprecise e inadeguate. Un processo interpretativo del patrimonio culturale deve mirare all'arricchimento dell'esperienza personale di chi usufruisce del progetto di interpretazione e stimolare in lui la riflessione sul significato del sito e sull'interazione che si crea con esso, incentivare la conservazione e la tutela del bene, favorire la promozione e il *marketing* del luogo garantendone il mantenimento dell'autenticità e dell'integrità e tenendo conto del livello di formazione dei visitatori e del loro linguaggio parlato. Nel processo interpretativo è indispensabile valutare la richiesta del pubblico per ogni bene da valorizzare al fine seguire veri e propri iter al fine di stabilire quali strumenti utilizzare per l'interpretazione del bene.

Un processo interpretativo si può applicare a qualsiasi complesso rurale: grandi masserie, piccole masserie, edifici mono e pluri-cellulari, ecc. che, di vecchia data, non hanno subito negli anni modifiche sostanziali delle loro caratteristiche costruttive. Questi fabbricati possono rappresentare essi stessi un “*museo aperto*”. Secondo l'ICOM<sup>1</sup>, un *museo all'aperto* consiste in una raccolta aperta al pubblico di monumenti architettonici facendo riferimento in prevalenza all'architettura rurale di epoca pre-industriale ma includendo anche edifici di maggiore pregio architettonico come case signorili, chiese rurali.

Le prime esposizioni dei musei etnografici e delle tradizioni popolari ubicate negli edifici dell'edilizia tradizionale risalgono alla fine del secolo scorso. Questi allestimenti museali accoglievano, secondo criteri scientifici, attrezzi di lavoro, oggetti di uso quotidiano, manufatti artigianali, produzioni artistiche, capi di abbigliamento e ogni altro tipo di oggetti e di documenti

---

<sup>1</sup> International Council of Museums

che consentivano di mostrare, in tutte le loro sfaccettature, le condizioni lavorative e di vita quotidiana. La visita in questi luoghi adibiti a musei poteva costituire per il pubblico una gradevole occasione ricreativa che congiungeva il carattere scientifico della raccolta con la peculiarità dell'esposizione museale che avveniva all'aperto.

Unitamente alle testimonianze materiali (attrezzi di lavoro, manufatti artigianali, ecc.), le case e gli edifici per la produzione agricola costituiscono essi stessi gli oggetti più importanti da esporre perché essi documentano le forme di vita, il sistema dei valori, la struttura socio-economica e le conoscenze tecnologiche della comunità rurale (Contraffatto & Di Fazio, 1996). I fabbricati, dunque, possono diventare i soggetti dell'esposizione museale e, in linea con i tempi, la *virtual reality* (VR) può consentire la loro ricostruzione foto-realistica e senza limiti di spazio, l'esposizione dei contenuti per un allestimento museale.

Infatti, la VR viene frequentemente applicata nell'ambito di progetti finalizzati alla salvaguardia, alla protezione e alla fruizione del patrimonio culturale. Gli strumenti e le metodologie adoperate assicurano un'attendibile rappresentazione della realtà fondata, soprattutto, su un'affidabile ricostruzione tridimensionale degli oggetti (Bruno *et al.*, 2010). La tridimensionalità, infatti, è uno degli argomenti di ricerca maggiormente ricorrente nell'ambito delle tecnologie informatiche applicate ai musei e a all'archeologia, con realizzazioni che vanno dalla ricostruzione delle diverse fasi diacroniche dei siti indagati alla creazione di sistemi di realtà virtuale, passando dalla modellazione all'animazione dei reperti (Peripimeno, 2006).

Tramite coinvolgenti rappresentazioni, la VR agevola l'apprendimento nei chioschi, nei *touch-screen display* installati nelle gallerie museali, su Internet<sup>2</sup> o su Intranet<sup>3</sup> (Wojtciechowski *et al.*, 2004).

L'evoluzione tecnologica unitamente alla maggiore attenzione prestata nello studio degli allestimenti museali può contribuire alla valorizzazione di questi beni architettonici. Così la masseria può divenire lo scenario di un museo sui materiali e sulle tecniche costruttive e la presenza di fabbricati quali palmenti, cantine e frantoi possono suggerire allestimenti museali sul ciclo di produzione del vino e dell'olio.

## 1.2 OBIETTIVI

Il presente lavoro ha come obiettivo lo sviluppo di una metodologia finalizzata alla creazione di un museo virtuale che consenta la navigazione all'interno di una grande masseria localizzata nel territorio di Chiaromonte Gulfi, situato nella Sicilia Sud-Orientale in provincia di Ragusa.

Lo scopo è quello di rendere accessibile agli utenti un manufatto architettonico che, non fruibile dal pubblico perché di proprietà privata, è ricco di numerosi dettagli architettonici e presenta componenti edilizi realizzati con materiali locali, secondo le tecniche della tradizione costruttiva siciliana. Gli utenti, navigando all'interno del sito, potranno approfondire la conoscenza dei caratteri architettonici e tecnico-costruttivi del palmento, della cantina e del frantoio e acquisire informazioni sul ciclo di produzione del vino e dell'olio in uso nella masseria tra la fine dell'800 e la prima metà del 900.

La masseria, oggetto di studio, è costituita da diciannove corpi di fabbrica e presenta tre corti di cui una signorile, punto di incontro e socializzazione, sulla quale si affacciano la casa padronale e la chiesa e le altre due rurali destinate per l'esercizio di bovini e cavalli.

L'elaborazione grafica del complesso edilizio è stata realizzata tridimensionalmente, affinché esso divenga lo scenario al museo virtuale, sulla base di tecniche di VR che non richiedono software e hardware troppo specifici ma il solo uso di software CAD e di computer di medie caratteristiche prestazionali.

---

<sup>2</sup> Sistema telematico che consente di connettere in un'unica rete centinaia di milioni di computer in tutto il mondo e attraverso il quale è possibile, in tempo reale, scambiare messaggi, acquisire informazioni, ricevere e spedire file.  
<http://www.sapere.it>

<sup>3</sup> Sistema telematico di collegamento effettuato con le stesse modalità di Internet ma riservato ad un circuito chiuso di utenti (aziende pubbliche o private, enti di ricerca, ecc.).  
<http://www.sapere.it>

Nei percorsi virtuali, l'utente può navigare liberamente e ottenere informazioni sui materiali e sulle tecniche costruttive usate nell'edilizia rurale tradizionale siciliana tra la fine dell'800 e gli inizi del 900 e ha la possibilità di effettuare il confronto tra la realtà e la rappresentazione virtuale.

### **1.3 ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO**

Nella prima fase del lavoro è stata effettuata una ricerca bibliografica finalizzata all'individuazione delle metodologie e degli strumenti utilizzati per la realizzazione di musei virtuali e di ambientazioni di VR. In particolare, sono state approfondite le tecniche usate per la ricostruzione tridimensionale degli edifici, le metodologie che consentono di ottenere, attraverso il procedimento di *texture mapping*, un effetto foto-realistico degli oggetti ricostruiti tridimensionalmente e le tecniche utilizzate per la navigazione interattiva degli ambienti virtuali.

Nel corso della seconda fase del lavoro si è provveduto all'analisi dell'architettura rurale tradizionale facendo particolare riferimento a quella localizzata nel territorio Ibleo e allo studio compositivo ma anche tecnico-costruttivo dell'edilizia rurale tradizionale per la produzione dell'olio e del vino, ossia frantoi, palmenti e cantine.

Nella terza fase del lavoro viene effettuata un'analisi sulla distribuzione planimetria del complesso edilizio, oggetto di studio, e tecnico-costruttiva dei locali della cantina, del palmento e del frantoio.

Infine, viene illustrata la metodologia adoperata mediante l'applicazione della VR per la realizzazione del museo virtuale all'interno del complesso edilizio Fegotto e mostrati i risultati sulla ricostruzione foto-realistica degli edifici e sulla navigazione interattiva.



## 2 STATO DELL'ARTE

### 2.1 MUSEI VIRTUALI E MUSEI REALI

Coerentemente agli obiettivi dell'International Council of Museums (ICOM)<sup>4</sup>, i musei devono contribuire alla valorizzazione, alla divulgazione e alla gestione del patrimonio naturale e culturale, operando in stretta collaborazione con le comunità da cui provengono le collezioni in essi mostrate. L'interazione tra i musei e la loro utenza può essere migliorata superando i limiti insiti nei mezzi di comunicazione tradizionale (esibizioni in teche, illustrazioni con etichette, ecc.) attraverso il World Wide Web (Web) (Pacheco Telma, 2009, Zhang & Yang, 2009), potente strumento di comunicazione della cultura. Tramite Internet l'utente, anche quello con particolari esigenze (visive, uditive, motorie, ecc.), può accedere, senza limiti di tempo e da ogni luogo, alle collezioni di un museo reale o di un museo "fittizio" realizzato con le tecniche della VR. Il visitatore si troverà immerso in un museo virtuale realizzato mediante una collezione di risorse digitali bidimensionali (2D) o tridimensionali (3D): immagini, file audio e video, modelli 3D, documenti di testo e altre informazioni di carattere storico, scientifico o culturale accessibili attraverso strumenti telematici (Mourkoussis *et al.*, 2003).

Come previsto dall'ICOM, esistono tre categorie di musei virtuali: *brochure museum*, *content museum* e *learning museum*. Si definiscono *brochure museum*, i musei virtuali realizzati mediante una semplice pagina Web che, allo scopo di invogliare il visitatore alla visita, forniscono informazioni sulla localizzazione, sugli orari, sul calendario degli eventi e sulle collezioni presenti. I *content museum* sono, invece, siti Web realizzati mediante semplici database che illustrano dettagliatamente collezioni di musei reali. Infine, i *learning museum* sono ambienti navigabili il cui accesso ai contenuti avviene secondo differenti livelli di utenza che possono essere stabiliti in base all'età e al livello culturale di chi accede. Questi musei sono caratterizzati dall'interazione tra il visitatore e la collezione e tra il visitatore e l'amministratore, al fine di migliorare la struttura del sito e consentire analisi successive sull'utenza (motivazione della visita virtuale, interessi culturali del visitatore, ecc.).

Al fine di giustificare la realizzazione di un museo virtuale, è necessario valutare gli svantaggi e i vantaggi di un museo reale (Telma, 2009).

Durante la visita in un museo reale, il visitatore può stancarsi e annoiarsi a causa della durata del percorso, dal procedere tra una stanza e l'altra e dal comprendere l'una o l'altra esposizione. Il più delle volte, l'oggetto si presenta in vetrina provvisto di una scheda con una limitata quantità di dati che non rendono l'informazione completa. In tal modo, inoltre, l'interazione tra il visitatore e il manufatto in esposizione è veramente limitata, poiché non è possibile l'osservazione dell'oggetto da ogni angolazione ed esso non può essere comparato nei differenti contesti e con gli altri manufatti (Wojcienchiwski *et al.*, 2004). Inoltre, la limitata disponibilità di spazio che caratterizza talvolta i musei reali nonché la fragilità dei manufatti, che in molti casi non ne consente l'esposizione, giustificano la progettazione di musei virtuali (Lepouras *et al.*, 2004).

In un museo reale, tuttavia, è possibile avere la piena coscienza delle dimensioni dei manufatti e, grazie alla continua assistenza delle guide, ottenere veloci e chiarificanti risposte ai dubbi e ai quesiti emersi durante la visita.

L'idea della realizzazione di un museo virtuale era già stata introdotta da Malraux nel 1947, con il *musée imaginaire*, un museo senza pareti e confini spaziali, con contenuti e informazioni sugli oggetti resi accessibili da tutto il pianeta (Styliani *et al.*, 2009). Tale concetto, ripreso da Tschritzis e Gibbs (1991), si rivelò, grazie all'evoluzione della tecnologia, un potente mezzo capace di arricchire le esperienze dei visitatori e di vincere i limiti dei musei reali.

---

<sup>4</sup> L'ICOM è un'organizzazione non governativa internazionale dei musei e dei curatori dei musei che si impegna a preservare e a comunicare alla società il valore del patrimonio culturale e naturale, attuale e futuro, tangibile e non tangibile.

All'interno di un museo virtuale è possibile osservare oggetti, edifici e/o ambienti che non esistono più o che danneggiati sono in attesa di ricostruzione o che non sono facilmente accessibili perché siti in località remote e le cui condizioni di degrado non ne permettono la visita (Noh *et al.*, 2009). Inoltre, la navigazione all'interno di un ambiente virtuale non è mai difficoltosa, né pericolosa e può trasportare l'utente in una remota regione senza dover affrontare lunghi viaggi.

Chan e Mauborgne (2005) affermano che i musei virtuali consentono di eliminare la sensazione di monotonia, l'aspetto stagnante di una reale esposizione e permettono di ridurre la distanza con il pubblico che può accedere liberamente dal Web. L'esposizione virtuale preserva e protegge i manufatti originali, permette la visualizzazione di un numero illimitato di oggetti, la riproduzione 3D di un intero sito archeologico e persino la percezione del suo paesaggio. La navigazione sul Web può offrire all'utente una esperienza simile alla visita in un museo reale (Bonis *et al.*, 2009) e il concetto stesso di museo, tramite questa innovazione, cambia: da centro di conservazione, organizzazione e classificazione della cultura a centro di propulsione della cultura stessa, attraverso l'eliminazione della distanza spazio-temporale dei luoghi e degli oggetti.

In un museo virtuale, il pubblico può essere coinvolto secondo le proprie capacità e stimolato nei vari sensi. I contenuti devono svilupparsi dalla collaborazione di varie figure professionali ed essere in continua evoluzione. I collegamenti ipertestuali possono consentire di approfondire i dati presenti e l'uso di più linguaggi consente la navigazione ad una maggiormente numerosa utenza. Inoltre, il collegamento con altri luoghi dove si svolgono eventi, conferenze, dibattiti su argomenti di interesse per il museo può essere un buon modo per rendere più "viva" l'attività educativa. Un museo virtuale ha la possibilità di mostrare e rendere leggibili non solo opere, reperti od oggetti, ma anche eventi o episodi dinamici (Forte & Franzoni, 1998).

Sasso *et al.*, 2007 hanno illustrato, sulla base della connessione esistente tra "archivio-museo-paesaggio", la possibilità di realizzazione di un museo virtuale del paesaggio del lungo Po ove sono stati individuati luoghi e anche antiche costruzioni ove sarebbe possibile ospitare musei reali.

I siti Web possono, inoltre, attirare studenti, turisti e specialisti o un pubblico che normalmente non frequenta librerie o musei e che non presenta un bagaglio culturale precedentemente acquisito sulla collezione museale (Styliani *et al.*, 2009). L'utente del museo virtuale non è mai passivo né mancante di capacità critiche, esso viene anzi invogliato all'esplorazione della collezione virtuale e diventa protagonista del suo percorso virtuale.

I musei che sono progettati anche tenendo conto dei principi di apprendimento, presentano un contenuto culturale accattivante e leggibile in modo da essere facilmente interpretato. Un museo virtuale deve stimolare il pensiero, provocare l'ispirazione e la creatività, sollecitare la curiosità e provocare emozioni (Sylaiou *et al.*, 2010), contenere una grande quantità di informazioni, intesa ad ampliare le prospettive, soddisfare i bisogni e favorire una maggiore comprensione sulla base del livello di dettaglio conforme alle varie categorie di visitatori.

Tuttavia, un museo virtuale può esistere "in potenza" e non in realtà e nonostante i significativi vantaggi, esso può presentare alcuni inconvenienti in quanto la realtà virtuale non riesce sempre a rappresentare le caratteristiche peculiari degli oggetti reali e sebbene la tecnologia di ricostruzione virtuale sia in grado di produrre modelli realistici, le ricostruzioni virtuali avvengono in maniera soggettiva e personale. Le rappresentazioni 3D suggeriscono l'impressione di una buona conoscenza della realtà anche se ricostruita su notizie storiche spesso parziali. Pertanto la creazione di un museo virtuale può rappresentare un falso della realtà e, sicuramente, un'interpretazione soggettiva di quella che è la realtà.

Il termine "utente" viene comunemente utilizzato per definire i visitatori di un museo virtuale poiché il visitatore per avere accesso alle informazioni presenti nelle mostre virtuali deve possedere competenze informatiche. Ciò significa che alcune porzioni di popolazione sono praticamente escluse e buona parte dei visitatori possono incontrare difficoltà nell'uso dei *plug-in* e di altre applicazioni, scaricabili da Internet e necessarie per la visualizzazione delle informazioni contenute nelle mostre virtuali (Styliani *et al.*, 2009).

## 2.2 LE TECNOLOGIE VR, MR (AV, AR) E WEB 3D

Il termine “realtà virtuale” è stato proposto da Lanier dell'American VPL Research Inc. e il primo sistema di VR, dal nome “*The ultimate display*” fu presentato da Sutherland, nel 1965, e consentiva coinvolgimenti multi sensoriali e opportunità di interazione (Zhou & Long Deng, 2009).

Con il trascorrere degli anni, la tecnologia della VR ha costituito un campo di ricerca nell'ambito della computer graphics<sup>5</sup> e dei sistemi informatici e ha trovato impiego in diversi ambiti: aeronautica, architettura, medicina, sociologia, formazione e in ambito militare (Zhou & Long Deng, 2009).

Esistono differenti definizioni per il termine “*virtual reality*”, alcuni basati sulla tecnologia e altri riferiti al concetto di immersione. Nel primo caso, la VR viene definita come “*una tecnologia per la naturale interazione*” ove l'utente può, immerso nell'ambiente simulato, interagire con esso attraverso sensori e dispositivi gestiti da programmi di grafica ed essere definita come un “*mezzo di interazione*” attraverso il quale si può vedere, operare e relazionare con i dati, tramite un computer. Inoltre, prendendo spunto dai dispositivi atti alla gestione dei meccanismi di interazione, si può affermare che la VR viene generata “dal *software* in un idoneo ambiente *hardware*” che comprende vari sistemi di input, sensori di tatto e visivi (Zhou & Long Deng 2009).

Nel secondo caso, le definizioni della VR si basano sul concetto di immersione. Essa, infatti, è capace di creare “uno spazio fisico e mentale per l'utente” in cui può concretizzarsi la sua immaginazione. Con la VR, “*L'uomo è fuori dal mondo costruito, in uno scenario immaginario che è un mondo virtuale*” (Zhou & Long Deng, 2009). Il visitatore, immerso quotidianamente nella “*Physical reality*”, può trovarsi tramite computer o display video in una “*Virtual reality*”, ovvero in una realtà simulata o in un ambiente immaginario ricreato in 3D mediante tecnologie digitali (Styliani *et al.*, 2009).

Il maggiore sviluppo della VR è dovuto al calo dei costi dei *software* e degli *hardware* utilizzati per la ricostruzione degli ambienti tridimensionali. Questa tecnologia richiede l'uso di componenti *hardware* comunemente utilizzati, l'installazione di *browser* per la navigazione sul Web (Microsoft Internet Explorer, Netscape Navigator ecc.) e di appropriati *plug-ins* scaricabili gratuitamente da Internet per la visualizzazione di percorsi interattivi (Gómez *et al.*, 2000).

Navigando in un ambiente virtuale si può avvertire *il senso della presenza* e sentirsi coinvolti nell'atmosfera museale così come, con la lettura di novelle o di narrative, si può essere trasportati nel racconto o guardando la televisione si può essere immersi nella trama di un film. Inoltre, l'utente sembra mostrare maggiore attenzione a servizi audio-video interattivi che a quelli esclusivamente audio-video (Ch'ng, 2009; Sylaiou *et al.*, 2010; Mania & Robinson, 2005). Infatti, attraverso l'interazione i concetti vengono resi più piacevoli e trasmessi in maniera più efficace (Sadowski & Stanley, 2002; Sylaiou *et al.*, 2010). Quindi le caratteristiche fondamentali della VR sono: l'immersione, il feedback (multisensoriale inviato all'utente) e l'interattività.

La VR può sommariamente essere classificata come immersiva e non immersiva (*desktop*) (Adamo-Villani *et al.*, 2009). Nel caso di VR immersiva è necessario l'uso di sistemi per la visione, per l'ascolto e per il tatto per ottenere l'interazione dell'utente con il mondo artificiale. Tutti quei casi che non prevedono l'applicazione di questi *hardware* forniscono una VR non immersiva (Shum *et al.*, 2000).

La Figura 1 illustra il corrente stato delle tecnologie informatiche applicate alla VR. Con lo stato “*primitive*” sono state indicate quelle tecnologie che non sono ancora in fase di sviluppo invece lo stato “*developing*” viene usato per indicare quelle tecnologie che sono già oggetto di ricerca. Le tecnologie etichettate con lo stato “*advanced*” riescono a fornire in maniera sufficiente l'illusione della realtà e quelle “*established*” sono ormai considerate consolidate per le applicazioni in VR.

---

<sup>5</sup>La grafica computazionale è una disciplina che studia come modellare e visualizzare le informazioni su un dispositivo output (monitor, stampanti, plotter, ecc.).

Le tecnologie utilizzate nella VR si possono suddividere in cinque sezioni:

- La prima sezione contiene le tecniche della *computer graphics* che, ormai consolidate consentono la modellazione, il *rendering*<sup>6</sup> e l'animazione di un ambiente in VR.
- La seconda sezione illustra lo stato di sviluppo dei metodi di interazione che si distinguono in quattro differenti livelli (*selective interactivity*, *participatory interactivity*, *contributory interactivity*, *causative interactivity*). I primi tre livelli di interazione sono frequentemente in uso e l'ultimo è ancora in fase di sviluppo. Nella *selective interactivity*, l'utente può solo scegliere i dati presenti nei media ma non contribuisce alla loro realizzazione. Appartengono a questa categoria le informazioni presenti nei *Web site* e la sola visualizzazione degli oggetti in 3D. Nella *participatory interactivity* gli utenti partecipano attivamente ad una conversazione bidirezionale. Esempi di questo tipo di interazione sono i *forum* presenti sul Web e i dialoghi tra i visitatori e gli *avatar*. Nella *contributory interactivity*, l'utente partecipa attivamente allo sviluppo del prodotto multimediale. Un esempio è rappresentato dall'enciclopedia Wikipedia ove ogni utente contribuisce alla redazione dei suoi contenuti. Nella *causative interactivity*, il trascorrere del tempo e le azioni degli utenti possono avere un impatto diretto sull'evoluzione dei media. A questo tipo di interazione fanno parte gli agenti dotati di intelligenza artificiale.
- La terza sezione *Enhanced Virtual Environment* analizza l'importanza della rappresentazione di ciò che è vivente: del clima naturale (vegetazione, fauna, flora) e dei personaggi storici (gli *avatar* sono ormai frequenti nelle ricostruzione degli ambienti virtuali ma la riproduzione delle condizioni ambientali non è ancora in fase di sviluppo).

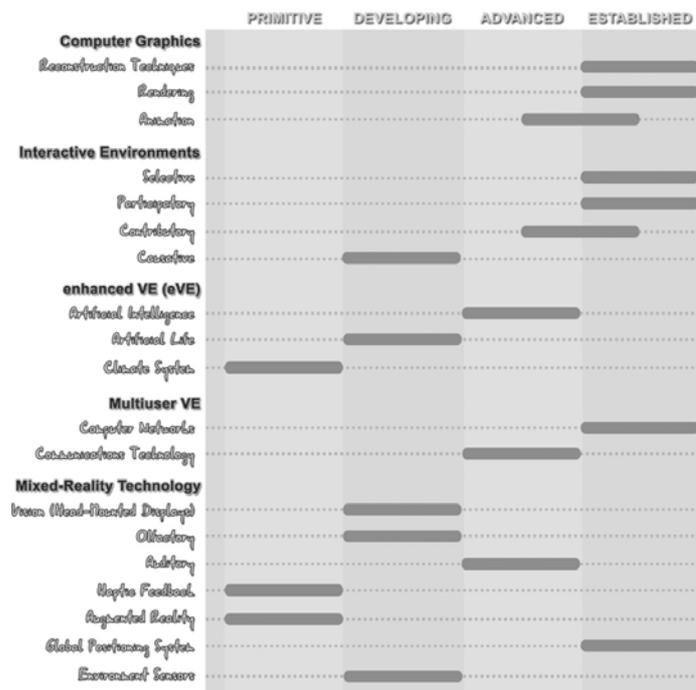


Figura 1 - Corrente stato delle tecnologie informatiche per le applicazioni in *Virtual Reality* (Ch'ng, 2009) .

<sup>6 6</sup> In grafica 3D, il *rendering* è il procedimento con cui, una volta creati tutti gli elementi di una scena tridimensionale, si sviluppa la resa visiva da un particolare punto di vista. Questa attività impegna molto le capacità di calcolo e di elaborazione di un computer, a seconda della complessità della scena e del metodo con cui vengono calcolate le traiettorie delle radiazioni luminose ed i loro effetti ossia l'uso di uno o di un altro motore di rendering. Un processo

- La quarta sezione esamina il *sensu della presenza* che spesso richiede la navigazione contemporanea di più utenti che possono interagire tra di loro all'interno del mondo virtuale (attualmente la velocità delle reti e l'ottimizzazione degli algoritmi hanno consentito la navigazione nel Web di più di 1.629.589 utenti).
- La quinta sezione riguarda l'uso dei cinque sensi per stabilire il senso di immersione dell'utente. In un sistema di VR possono essere utilizzati i sensori di temperatura, umidità, ph e gli strumenti Gps che consentono, se applicati al corpo umano di elevare il senso della realtà riproducendo nel mondo virtuale le condizioni ambientali e fisiologiche dell'utente che lo sta visitando. Questi sensori wireless, ancora in fase di sviluppo, possono essere integrati a postazioni di *Augmented reality* (AR) e simulare effetti come nebbia, pioggia, neve, ecc.

Negli ultimi anni, la *Mixed reality* (MR), sottoinsieme della realtà virtuale (VR), è emersa come tecnologia di notevole interesse per la visualizzazione e l'interazione di oggetti tridimensionali. La MR è ottenuta grazie alla sovrapposizione di elementi reali e virtuali.

Milgram & Kishino, nel 1994, hanno definito la MR, nella *Virtuality continuum* (VC) (Figura 2) che abbraccia ambienti reali e ambienti completamente virtuali, attraverso l'uso di due nuovi termini: la realtà aumentata (*Augmented reality* (AR)) e la virtualità aumentata (*Augmented virtuality* (AV)).

Il concetto di VC si riferisce ad una miscela di oggetti<sup>7</sup> presenti in differenti ambiti ove l'ambiente reale e l'ambiente virtuale si trovano alle estremità opposte. Infatti sulla sinistra estrema del diagramma trova collocazione l'ambiente composto esclusivamente da oggetti reali. Un osservatore può, a video, visualizzare una scena del mondo reale. All'altro estremo del diagramma, si trovano i sistemi creati da *software* grafici costituiti interamente da oggetti virtuali (Milgram & Kishino, 1994a). In questo caso l'osservatore si trova a visualizzare un ambiente, ricostruito graficamente, interamente virtuale (Figura 5). Nella parte centrale del diagramma hanno collocazione tutti i vari casi intermedi di coesistenza dell'ambiente reale con quello virtuale e che comprendono AR (Figura 3 e Figura 4) e AV, le quali si fondono quando le differenze tra le immagini sintetiche e le immagini reali diventano minime.

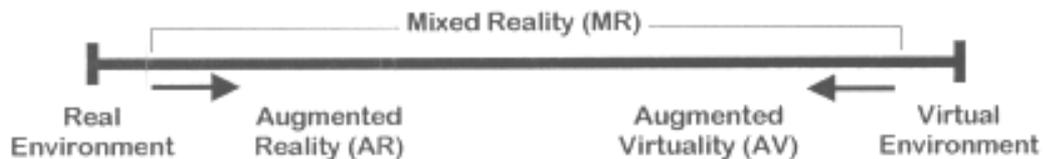


Figura 2 - Diagramma del *Virtual Continuum* VC (Milgram & Kishino, 1994a).

In letteratura esistono varie tassonomie per la definizione degli stadi della MR. Alcune si basano sul senso della presenza (Sharidan, 1992), altre sull'uso di differenti sistemi grafici di simulazione (Zelter, 1992), sul senso di percezione dello spazio reale (Naimark, 1991) e sulla esperienza sintetica del visitatore (Robinet, 1992).

Secondo Milgram & Kishino, la rappresentazione di sistemi in MR si deve basare sui seguenti tre fattori: l' "*Extent of World Knowledge*" che rappresenta il livello di accuratezza nella sincronizzazione degli oggetti virtuali con quelli reali; la "*Reproduction Fidelity*" che misura la qualità della generazione delle immagini; l' "*Extent of Presence Metaphor*" che valuta il livello di immersione dell'utente dentro la scena.

di rendering può durare da pochi secondi a molte ore. <http://www.byteman.it/low/indexok.php>.

<sup>7</sup> Secondo Milgram, 1994a: "Gli oggetti reali hanno un'oggettiva presenza mentre quelli virtuali esistono in sostanza o per effetto, ma non in modo formale e di fatto".

### 2.3 LA TECNOLOGIA AR

La tecnologia di AR è ottenuta mediante la sovrapposizione di livelli informatici, generati dal computer, su immagini reali. Questi elementi, che possono essere virtuali e multimediali o semplici dati georeferenziati, sono inseriti nella realtà reale attraverso un telefono cellulare di ultima generazione (ad esempio un *I-Phone*), un computer dotato di *Web cam* e dispositivi di visione (occhiali VR), di ascolto (auricolari) o di manipolazione (guanti VR).



Figura 3 - Realtà aumentata. Fonte: [www.travel2.it](http://www.travel2.it) e [www.informaticapratica.com](http://www.informaticapratica.com)



Figura 4 – Realtà aumentata. Ricostruzione del sito archeologico di Olimpia.



Figura 5 - Ambiente virtuale.

I sistemi AR, eseguiti in tempo reale, devono mostrare l'immagine come se fosse realistica evitando, nella sovrapposizione dell'immagine sintetica e di quella reale ritardi, fluttuazioni ed errori di calcolo negli allineamenti.

Recentemente, molte sperimentazioni si sono mosse nell'ambito della AR. Infatti, attraverso tecnologie di *video processing* e tecniche di *computer vision*, questa tecnologia offre una vista

della scena reale arricchita da oggetti virtuali eseguendo l'immagine in modo interattivo e in *real time* e sovrapponendo gli oggetti virtuali a quelli reali. Le rappresentazioni possono stimolare l'udito, il tatto e l'olfatto. La capacità di proiettare oggetti virtuali nel mondo reale ha suscitato notevole interesse in campo archeologico poiché la coesistenza di antichi manufatti e monumenti ricostruiti digitalmente unitamente al paesaggio e a oggetti presenti all'interno di siti archeologici consente di mostrare al visitatore sia l'ambiente reale che il passato virtuale (Ch'ng, 2009).

Un'applicazione della AR è un progetto denominato Archeoguide che consente la visione delle rovine archeologiche con la sovrapposizione della loro ricostruzione tridimensionale. La visione, adeguata in *real time* in base alla posizione del visitatore, viene arricchita da rappresentazioni virtuali realizzate con strumenti avanzati di *rendering*. Il tutto è reso possibile da un *wearable computer*, cioè un computer mobile da indossare che presenta un GPS e un Head Mounted Display (HMD), cioè occhiali che consentono la visione di *Mixed reality* (Ch'ng, 2009). Il sistema accompagna il visitatore all'interno del sito archeologico fornendogli tutte le informazioni audiovisive e, ove sarà possibile, le ricostruzioni tridimensionali virtuali. Inoltre, nel sistema HMD che controlla l'input ottico dell'utente, gli oggetti sintetici non oscurano completamente quelli reali garantendo al visitatore la visione di ciò che gli sta intorno e quindi la consapevolezza della sua sicurezza nel muoversi (Carlucci, 2000).

## 2.4 LA TECNOLOGIA AV

La AV, definita per specificare il caso inverso della AR, viene usato nell'identificazione di sistemi composti maggiormente da oggetti virtuali (Milgram & Kishino, 1994a; Milgram & Colquhoun, 1999; Wang & Chen, 2008). La AV è una tecnica che può essere usata per migliorare l'interfaccia degli utenti arricchendo la rappresentazione del mondo virtuale con informazioni provenienti da sensori *on-board* e *human input* (Ahuja *et al.*, 2007). Nello specifico, l'AV prevede l'aggiunta di dati generati da computer ma che originariamente provengono dal mondo reale. Sono infatti input reali multi-sensoriali capaci di integrare l'ambiente virtuale presentato. Ad esempio, alcune applicazioni di sistemi AV sono l'accensione di una lampada nell'ambiente reale che avviene al passaggio dell'utente in un punto dell'ambiente virtuale o l'avviamento di una ventola nell'ambiente reale, quando il visitatore percepisce il vento nell'ambiente virtuale.

## 2.5 WEB 3D

La più diffusa tecnologia per la visualizzazione della VR sul Web è la Web 3D (Zhang & Yang, 2009, Styliani *et al.*, 2009). Il termine Web 3D viene comunemente utilizzato per indicare i contenuti interattivi presenti nelle pagine HTML<sup>8</sup> e rappresenta l'evoluzione del concetto del Web che prevede l'abbandono della pagina Web e l'inserimento in un ambito interattivo. Tale tecnologia offre anche linguaggi informatici come VRML e X3D idonei alla creazione di un museo virtuale interattivo.

Le prime rappresentazioni di mondi virtuali risalgono al 1990 in seguito alla nascita del linguaggio VRML 1.0 (Virtual Reality Modeling Language) nella sua prima versione successivamente migliorata, nel 1997 denominata VRML 2.0 ("Moving World") e standardizzata dall'ISO come VRML 97 (ISO 14772-1:1997 e ISO/IEC 14772-2:2004). Questo linguaggio consente, rispetto ad altri standard come Java<sup>9</sup> 3D, una migliore applicazione nel Web e la definizione di oggetti 3d, di animazioni, la possibilità di effettuare collegamenti con altri siti o altri mondi virtuali e la modifica della scena per mezzo di eventi.

Nel 2004, come evoluzione del VRML, è stato sviluppato dalla Living World un nuovo linguaggio, per la descrizione di ambienti interattivi, Extensible 3D, denominato X3D. È uno stan-

---

<sup>8</sup>HyperText Markup Language è uno standard che descrive il formato primario nel quale i documenti vengono distribuiti e visti sul Web.

<sup>9</sup>Java è un linguaggio di programmazione per pagine Web, creato in seguito allo sviluppo dell'interattività delle pagine Web, è scritto in una pagina HTML ed è tollerato da tutti i browser di navigazione (Explorer, Netscape, ecc.).

dard “royalty-free” (non proprietario) che consente la visualizzazione di oggetti 3D sulla base del linguaggio XML<sup>10</sup> (Sylaiou *et al.*, 2010). Esso offre comunicazioni in real-time di dati attraverso le applicazioni Web.

Dal 1990 con il rapido sviluppo dei *software* e dei sistemi *hardware* e grazie alla manipolazione di un'ampia serie di dati è stato possibile produrre in *real-time* immagini e suoni in cartoni. Attualmente le tecnologie VR, AR e Web 3D sono ampiamente utilizzate per la realizzazione di esibizioni museali virtuali sul Web o su chioschi multimediali (Styliani *et al.*, 2009). Esse hanno subito notevole sviluppo con l'avvento di *software* capaci di consentire approcci interattivi e sofisticate riproduzioni 3D (Noh *et al.*, 2009) di manufatti archeologici e architettonici. Queste tecnologie permettono la visualizzazione del patrimonio digitalizzato anche in maniera interattiva con l'uso di differenti dispositivi di input e la loro integrazione rende più interessanti le esibizioni museali (White *et al.*, 2007). Il visitatore può passare da ambienti virtuali che possono essere esplorati a 360° ad ambienti in realtà aumentata ove l'oggetto può essere ruotato come se fosse tenuto tra le sue mani.

---

<sup>10</sup> Extensible Markup Language che consente agli utenti di selezionare i dati. È utilizzato per la codifica e per la serializzazione dei dati.

## 3 MATERIALI E METODI

### 3.1 FASI DI PROGETTAZIONE DI UN MUSEO VIRTUALE

Attualmente sono relativamente poche le applicazioni vere e proprie che sfruttano la VR per la mancanza di risorse utili alla loro realizzazione e per la notevole complessità insita nella creazione dei modelli tridimensionali. Difatti la realizzazione di un ambiente virtuale, oltre a richiede parecchio tempo, necessita della collaborazione di varie figure professionali (Lepouras & Vasillakis, 2005). In particolare, sarà necessario un architetto o un ingegnere per la progettazione dello spazio virtuale, un archeologo per la selezione e la classificazione degli oggetti (nel caso di museo archeologico o ricostruzione di scavi archeologici), un *graphic design* per la digitalizzazione<sup>11</sup> e l'ottimizzazione degli oggetti digitalizzati e un informatico che curerà tutte le applicazioni sul Web. Inoltre, lo sviluppo di un museo virtuale implica una serie di costi a partire dall'acquisto di un certo numero di *software* e di *hardware* ad essi conformi. Sono notevoli gli oneri per la digitalizzazione degli oggetti e per la programmazione dell'interazione e sono necessarie, per la pubblicazione del prodotto, figure professionali altamente qualificate. Pertanto la riduzione dei costi potrebbe essere effettuata non avvalendosi dell'ausilio di queste figure e di determinati componenti *hardware* ma ciò peggiorerebbe sicuramente la qualità del lavoro.

Secondo Lepouras *et al.* (2004) per la creazione di un museo virtuale dovranno essere sviluppate le seguenti fasi:

- analisi delle richieste;
- progettazione del design;
- realizzazione del prototipo e valutazioni;
- attuazione su vasta scala e quindi pubblicazione sul Web.

La progettazione di un museo virtuale deve partire dall'analisi dell'utenza (linguaggi dei visitatori, professione, attitudini e preferenze, età, ecc.), al fine di identificare il profilo del visitatore-tipo attraverso il quale è possibile definire le tematiche da trattare e i requisiti necessari per l'allestimento delle mostre e delle collezioni. La creazione di un museo virtuale basato sulla tecnologia Web 3D può anche prevedere (Zhang & Yang, 2009) oltre alla progettazione di un ambiente virtuale, alla configurazione del *network* e alla *synthesis* sul Web, la creazione degli *avatar*<sup>12</sup>.

Secondo il progetto *Arco system overview* (Augmented representation of cultural objects), nato allo scopo di sviluppare nuove tecnologie per la creazione, la manipolazione, la gestione e la presentazione di oggetti digitalizzati per musei virtuali e mostre virtuali in 3D, l'architettura di un museo virtuale si sviluppa sulla base del *Content production*, del *Content management* e del *Content visualization*.

La prima parte, *Content production*, si occupa dell'acquisizione, della modellazione e del rendering degli oggetti e dei manufatti. La progettazione dell'ambiente espositivo e il Database fanno parte della *Content management*. Infine, la *Content visualization* cura la presentazione del museo virtuale sul Web, sia esso sviluppato in VR che in AR (Wojciechowski *et al.*, 2004).

Quindi, nel dettaglio, per la progettazione di un museo virtuale si possono attuare le seguenti azioni (Lepouras & Vasillakis, 2005):

- selezione dei manufatti da esibire sulla base del significato dell'esposizione, dell'analisi del profilo del visitatore e quindi del messaggio che il museo vuole comunicare;

---

<sup>11</sup> La digitalizzazione è quel processo che converte una rappresentazione continua in una discreta campionando le variabili spaziali e quantizzando i valori radiometrici corrispondenti. Questo processo può avvenire in maniera diretta tramite una camera digitale o in maniera indiretta digitalizzando tramite uno scanner un'immagine.

<sup>12</sup> L'avatar è la rappresentazione virtuale di un utente.

- progettazione dello spazio espositivo dotato di hall, foyers tematici e percorsi, modellato con *software* di grafica o acquisito digitalmente tramite *laser scanner 3D*;
- valutazione dei metodi di presentazione selezionati in base alle varie tematiche da esporre e basati su combinazioni di immagini in 2D e 3D, file audio e video, modelli tridimensionali, file di testo, ecc.;
- progettazione dei meccanismi di interazione. Alcuni manufatti presenti nell'esposizione possono essere solamente osservati, altri ruotati, manipolati e decomposti. Ovviamente la progettazione dell'interazione è legata al tipo di metodologia adoperata e alla presentazione delle varie tematiche;
- "digitalizzazione" degli oggetti, scansioni o acquisizioni 2D e modellazione tridimensionale effettuata tramite *software* di grafica o digitalizzazione tramite *laser scanner 3D*;
- collocazione degli oggetti dentro lo spazio espositivo. In questa fase le rappresentazioni digitali degli oggetti sono collocate nelle idonee localizzazioni dentro gli spazi espositivi;
- programmazione dell'interazione (posizionamento degli *hotspots*<sup>13</sup>, utili all'interazione, nei video o nelle immagini).

La progettazione di un museo virtuale è principalmente indirizzata a supportare il visitatore, per garantirgli un senso di orientamento all'interno dell'ambiente.

La navigazione e l'orientamento dei visitatori sono facilitati dall'uso della simmetria delle volumetrie e della trasparenza dei materiali. La simmetria, infatti, può aiutare l'utente ad acquisire facilmente una panoramica della struttura del museo e la navigazione supportata da icone, etichette di testo, mappe e colori può aiutarlo a comprendere la sua posizione e la direzione per lo step successivo. La progettazione dello spazio è anche dettata dalla selezione e dalla classificazione dei reperti e dallo scopo e dagli obiettivi di ogni singola mostra. Caratteristiche ambientali del museo virtuale, quali l'illuminazione, possono influenzare il comportamento dei visitatori all'interno del museo che possono, in taluni casi, muoversi più velocemente in alcune zone del museo e meno in altre. Nella progettazione bisogna tenere conto del layout delle sale, della forma dello spazio architettonico e della *texture*<sup>14</sup> delle pareti, nonché del posizionamento dei reperti in relazione alla navigazione e alla loro manipolazione. Ad esempio, la disposizione di un oggetto su un piedistallo, oltre a destare maggiore attenzione, consente al visitatore di ammirarne puntualmente le caratteristiche mentre l'esposizione di oggetti vicini tra di loro e collegati dalla presenza di elementi in comune ne consente il confronto e la percezione dei rapporti di relazione.

Sentieri stretti ostacolano il movimento dell'utenza, soprattutto dei visitatori che non hanno buona dimestichezza con la tecnologia. Lo stesso problema si può presentare con curve e superfici inclinate. Se il raggio di curvatura è molto ampio, si corre il rischio di non riconoscere la curva e di scontrarsi con i muri. Alcuni utenti sembrano avere problemi con i passaggi e con le pareti semitrasparenti che però, in altri casi, alleviano nel visitatore il senso di claustrofobia perché mostrano un'ampia visuale sullo spazio esterno. L'ingresso al museo, in genere, deve essere collocato in posizione strategica e consentire un'ampia e semplice scelta delle tematiche trattate.

La possibilità di movimento e di circolazione del visitatore deve essere la più limitata possibile al fine di evitare fenomeni di confusione e di disorientamento ed è auspicabile che la rotazione degli oggetti avvenga solo lungo l'asse verticale perché la possibilità di ruotare l'oggetto lungo i tre assi, anche se rende l'analisi esauriente, consentirebbe una maggiore difficoltà nel controllo della posizione del manufatto. La qualità della navigazione (modalità di navigazione,

---

<sup>13</sup> Gli *hotspot* sono quei punti o quelle zone sensibili che, se cliccate, producono collegamenti ad altri file (audio, video, ecc.).

<sup>14</sup> Nella grafica computazionale si definisce *texture*. un qualsiasi tipo di immagine che, applicata ad un oggetto ricostruito graficamente, ha lo scopo di simulare il materiale di cui esso è realizzato.

velocità, rilevamento delle collisioni, ecc) e la capacità di interazione con gli oggetti influenza notevolmente l'opinione degli utenti.

È auspicabile effettuare un'analisi su campioni di visitatori per ridisegnare gli spazi espositivi e di circolazione (percorsi e sale), ridefinire e, ove necessario, maggiormente vincolare le libertà di movimento (navigazione e rotazione degli oggetti). Inoltre, la possibilità di sbattere contro le pareti può essere segnalata attraverso suoni o segnali luminosi. Il dispositivo di puntamento è preferito in genere il joystick per la sua diffusione, precisione, per il basso costo e per la capacità di resistenza a un uso frequente.

La velocità del sistema in un contesto virtuale è indispensabile per il coinvolgimento emotivo dell'utente ed è auspicabile che nel modello vengano evidenziati, e ciò non è sempre facile, i punti che consentano il collegamento con altre informazioni e dati multimediali (Beca, 2005). Inoltre la qualità della grafica svolge un ruolo fondamentale nell'ambiente virtuale e pertanto influenzata l'esperienza dell'utente in quanto i modelli visivamente più accattivanti che sono ad alta risoluzione risultano più interessanti rispetto ai modelli a bassa risoluzione con *texture* di scarsa qualità.

Nei musei tradizionali le esposizioni sono spesso organizzate in conformità a criteri puramente estetici al solo scopo di illuminare gli aspetti stilistici mentre i significati simbolici dei manufatti sono spesso trascurati. In verità esistono sculture che se rimosse dal loro contesto architettonico sarebbero praticamente incomprensibili. Questo implica la necessità di realizzare la mostra virtuale insieme al contesto di provenienza degli oggetti esposti, insieme ai paesaggi e alle porzioni di città circostanti ai manufatti rappresentati (Gabellone, 2009).

## **3.2 TECNICHE E TECNOLOGIE PER LA MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DI MUSEI VIRTUALI**

### **3.2.1 Le tecniche di rilievo**

Il rilievo, operazione di acquisizione dei dati metrici, costituisce una fase importante nel processo di conoscenza completa di un'opera architettonica, di un settore urbano, di un sito archeologico o di una porzione di territorio da modellare. Rilevare significa comprendere l'oggetto cogliendone tutti i valori, da quelli dimensionali e quelli costruttivi. La scelta del metodo di rilevamento più appropriato verrà determinata dalle caratteristiche dimensionali dell'oggetto e dallo scopo per cui si debba effettuare il rilievo che nell'ambito dei beni culturali, ove spesso viene utilizzata la VR per la rappresentazione dei manufatti, coinvolge in genere professionalità differenti in una attività che spesso diviene multidisciplinare (Bitelli, 2002).

Le discipline del rilievo, nel corso degli anni, hanno affinato le tecniche di misura adattandole alle situazioni e alle potenzialità offerte dalla tecnologia. Le metodologie operative possono variare da quelle più semplici che si avvalgono di strumenti elementari (rilievo diretto) a quelle basate sulla geometria descrittiva (rilievo fotogrammetrico) e infine a quelle che sfruttano le potenzialità delle tecnologie elettroniche e informatiche (rilievo strumentale) (Bitelli, 2002).

Il rilievo diretto, definito così perché richiede il rilievo di misure direttamente sul manufatto, viene impiegato nella maggior parte dei rilievi architettonici ed è indispensabile per la realizzazione di piante, prospetti e sezioni. Viene utilizzato per tutti i tipi di rilievo architettonico, tuttavia, quando l'edificio assume dimensioni notevoli o presenta forme architettoniche complesse, risulta molto utile l'integrazione con il metodo strumentale e/o con quello fotogrammetrico. Nel rilievo diretto è fondamentale lo schizzo che deve essere realizzato con estrema chiarezza e l'uso di strumenti quali la stadia, il metro, il filo a piombo, la livella, ecc.

Invece, nei casi in cui si abbia bisogno di un elevato grado di precisione o per l'impossibilità di accedere ad alcuni punti indispensabili per la rappresentazione corretta e completa dell'oggetto da rilevare, è necessario ricorrere al rilievo indiretto effettuato tramite l'uso di strumenti ottici, meccanici o informatici. Questi strumenti (tacheometro, distanziometri a raggi laser, teodolite, stazioni integrate, GPS) vengono utilizzati per la determinazione planimetrica di

punti del terreno mediante coordinate cartesiane o, in alcuni casi, mediante coordinate polari e per la realizzazione di modelli TIN<sup>15</sup>.

Un altro importante ramo del rilievo indiretto è la fotogrammetria<sup>16</sup>, rigorosa tecnica di rilievo nel campo dei beni culturali che non richiede il contatto diretto con l'oggetto. La fotogrammetria determina una rapida acquisizione dei dati e ha una notevole flessibilità di impiego e un'ottima precisione nella determinazione metrica della geometria di oggetti di ogni tipo. Le possibilità offerte dal digitale ne hanno determinato la notevole diffusione. Il rilievo fotogrammetrico può essere effettuato da aeromobili, nel caso di rilevamento del territorio (aerofotogrammetria), e da terra (fotogrammetria terrestre) per il rilievo dell'edilizia storica.

La fotogrammetria aerea (Figura 6) riveste un ruolo fondamentale per la produzione della cartografia dei centri storici urbani, delle aree archeologiche e di complessi edificati più o meno estesi, per il monitoraggio ambientale e per la fotointerpretazione. Tuttavia le scale tipiche del fotogramma<sup>17</sup> da aereo o elicottero possono non essere sufficienti per un accurato livello di dettaglio. In questi casi, possono essere usati per acquisire le immagini strumenti non convenzionali, ma di grande efficacia, come aquiloni e palloni a elio anche se comportano problematiche legate ad una difficile geometria delle prese e alla necessità di ricorrere all'uso di macchine digitali amatoriali perché più leggere (Girelli, 2007).

Mediante la fotogrammetria terrestre, o fotogrammetria dei vicini (*close-range*) (Figura 7), sarà più agevole non solo raggiungere parti architettoniche distanti di grande mole, oltre che impervie, ma soprattutto dare esatto conto di discontinuità e cedimenti che potrebbero pure rivestire rilevanza statica, in seno alla storia del manufatto. Contrassegni che, a mezzo del rilievo manuale (condotto altresì con l'ausilio della fotografia<sup>18</sup>), potrebbero, invece, restare inavvertiti o sottaciuti e anche sottovalutati (AA.VV, 2001).

Ovviamente gli approcci al rilevamento fotogrammetrico dei beni culturali sono differenti: è evidente se occorre un disegno di una facciata al solo scopo di documentazione potrà essere necessaria una certa scala (1:50; 1:100) mentre una ricostruzione a scopi di restauro dovrà avere un dettaglio e una precisione ben maggiori, raggiungibile con un'ottima camera, con procedure e con strumenti di restituzione (Bitelli, 2002).

In Figura 8 vengono illustrate le tecniche in uso per la ricostruzione virtuale in VR di oggetti di piccole, medie e grandi dimensioni in particolare per il rilievo, la modellazione e il *rendering*.

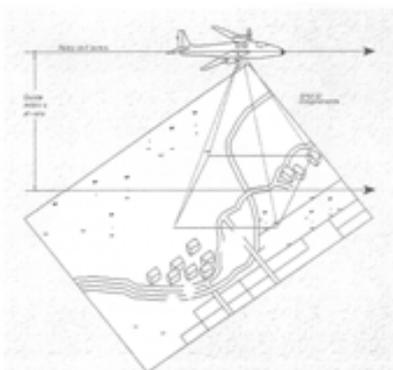


Figura 6 - Fotogrammetria aerea

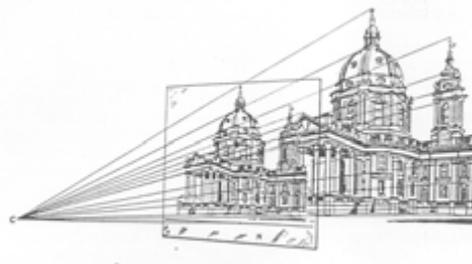


Figura 7 - Fotogrammetria terrestre o dei vicini.

<sup>15</sup> I modelli TIN (triangulated irregular network data model) rappresentano la superficie del terreno costituita da una rete di triangoli i cui vertici sono i punti campionati dotati dell'informazione della quota.

<sup>16</sup> Il termine fotogrammetria viene genericamente usato per designare qualsiasi procedimento che permetta di trarre informazioni metriche a partire da immagini fotografiche (Campo, M., Il rilievo fotogrammetrico monoscopico non convenzionale come supporto per il rilievo dello spazio antropizzato).

<sup>17</sup> Fotografia ottenuta da una camera con parametri di orientamento interno noti e/o calibrati e impressa su una pellicola fotografica..

<sup>18</sup> Immagine di un oggetto ottenuta tramite prospettiva centrale.

Ricostruzione virtuale					
Manufatti di piccole e medie dimensioni	Rilievo		Modellazione	Renderizzazione	
	Diretto		Manuale	Manuale	
	Strumentale - Range based modeling (laser scanner a triangolazione)			Manuale*	
	Strumentale - Range based modeling (laser scanner a triangolazione)				
	Fotogrammetrico Image based modeling	Monoscopico non convenzionale - tecnica del raddrizzamento fotografico		Manuale	Manuale
		Stereoscopico			Manuale
		Monoscopico multi-immagine			
	Image based rendering				
Porzioni di terreno o aree di Grandi dimensioni	Rilievo		Modellazione	Renderizzazione	
	Strumentale - GPS		Manuale	Manuale	
	Strumentale - Range based modeling (laser scanner distonziometri)			Manuale*	
	Fotogrammetrico Image based modeling	Stereoscopico			Manuale
		Monoscopico multi-immagine			
	Image based rendering				

\*= il procedimento di texture mapping viene effettuato con l'ausilio dell'Image based modeling

Figura 8 - Tecniche utilizzate nella VR.

### 3.2.2 La modellazione in ambiente CAD<sup>19</sup>

La creazione di un ambiente virtuale e dell'oggetto da esporre è una fase fondamentale nell'ambito della progettazione di possibili applicazioni della tecnologia VR. Con il termine modellazione 3D si intende quel processo che parte dall'acquisizione del dato metrico e termina con la creazione di un modello virtuale in tre dimensioni visibile in maniera interattiva su un computer. Per modellazione tridimensionale manuale, invece, si intende quel processo di creazione della geometria effettuato tramite *software* CAD.

Le tecniche che consentono la modellazione tridimensionale sono: l'estrusione di oggetti bidimensionali in 2D e l'uso di primitive geometriche o solidi di base (parallelepipedi, cilindri, coni, sfere, ecc.). In particolare, l'estrusione è quel procedimento che consente di ottenere sulla base di una direzione o di un vettore un volume partendo da una superficie o assegnare un'altezza ad un oggetto bidimensionale (polilinea, linea, curva, ecc.). Infatti, un oggetto tridimensionale nello spazio può essere costituito combinando solidi di base mediante operatori booleani di unione, intersezione e differenza o da un insieme di superfici (superfici di Nurbs, curve spline, curve di bézier, ecc.). La modellazione tridimensionale può essere effettuata "manualmente" tramite *software* per la grafica CAD (Autocad, 3DSmax, Maya prodotti dall'Autodesk e tanti altri) con i quali è possibile ottenere rigorose rappresentazioni della realtà. Tuttavia, una grande mole di lavoro viene richiesta per la realizzazione di tutti i dettagli e delle particolarità degli oggetti da rappresentare. Inoltre, un modello eccessivamente dettagliato conterrà un numero elevato di poligoni che ne renderanno difficoltosa la gestione. Ovviamente il livello di dettaglio verrà

<sup>19</sup> Computer Aided Design

stabilito in relazione allo scopo della rappresentazione e alla procedura scelta per la realizzazione del modello tridimensionale.

Gli oggetti tridimensionali possono essere visualizzati in CAD tramite modalità *wireframe* (le superfici degli oggetti sono trasparenti e ciò permette di vedere le linee e i punti nascosti), *flat* (tutte le facce risultano di colore uniforme), *gouround* (la luce crea una sfumatura sugli spigoli dell'oggetto ma l'immagine risulta poco realistica) e *phong* che produce effetti più realistici poiché il livello di colore assunto da ogni *pixel*<sup>20</sup> viene determinato in relazione alla fonte luminosa.

Diversi studi hanno mostrato come sia importante combinare la tecnica GIS (Geographical Information System) per la gestione dei differenti tipi di dati informatici e quella CAD utilizzata per la modellazione (Stambouloglou & Shan, 2002; Pescarin *et al.*, 2009; Voltolini *et al.*, 2007). Un sistema informativo geografico può accogliere i dati dei modelli tridimensionali e deve saperli integrare su un *datum* comune, deve consentire potenti modalità di elaborazione e analisi. In ambito GIS potranno essere condotte analisi statistiche spaziali su oggetti opportunamente georeferenziati ed è anche grazie al GIS che si potrà rendere disponibile il patrimonio conoscitivo su Internet (Bitelli, 2002). In particolare, i GIS necessitano di essere arricchiti da modelli CAD per la restituzione di viste complesse in maniera foto-realistica. Si possono ottenere modelli digitali del terreno DTM-Digital Terrain Model<sup>21</sup> attraverso l'inserimento all'interno del GIS di un layer vettoriale che indichi le quote, relative e assolute sul livello del mare (Pescarin *et al.*, 2007). I *software* come Performer (SGI), Terravista (Terrex) o 3DsiteBuilder (Paradigm) di Arcview consentono: la realizzazione di scene navigabili in tempo reale, perfettamente georeferenziate, complete di modelli tridimensionali; la creazione di Digital elevation model DEM<sup>22</sup>; integrazione di dati provenienti dall'impiego di tecnologie differenti. Numerosi sono i sistemi *desktop Virtual Reality* (DVR) in grado di scambiare dati con pacchetti GIS, Remote Sensing e Database. Si possono importare differenti layer informativi georeferenziati e inserire un certo numero di livelli per consentire all'utente di esplorare in vari modi il territorio al fine di creare i propri percorsi interpretativi. I dati georeferenziati vengono elaborati da *software* GIS per poi essere processati con un *terrain generator*, uno strumento per la generazione di terreni tridimensionali e successivamente le fotografie aeree vengono applicate al modello del terreno (Pescarin *et al.*, 2009).

### 3.2.3 Range based modeling technique o acquisizione tramite *Laser scanner* 3D.

La tecnica del *laser scanner* 3D mira alla valutazione e alla conservazione del patrimonio archeologico e storico monumentale tramite una ricostruzione foto-realistica dettagliata della forma e delle decorazioni dei manufatti (Bruno *et al.*, 2010; Noh *et al.*, 2009). In archeologia, particolare importanza assume la geometria degli oggetti ma anche le decorazioni e le variazioni cromatiche delle superfici (Bornaz *et al.*, 2005). Inoltre il rilievo tridimensionale di oggetti di piccole e medie dimensioni (statue, bassorilievi, particolari architettonici) necessita dell'uso di strumentazioni ad elevata risoluzione (D'Amelio *et al.*, 2005). Oggi, il mercato dei *laser scanner* propone tantissimi modelli da scegliere, secondo esigenze di tipo pratico come la portabilità dello strumento o di tipo scientifico come la precisione.

---

<sup>20</sup> I pixel, picture element, sono gli elementi che costituiscono un'immagine digitale, il cui contenuto radiometrico è espresso dalla funzione  $g(i,j)$  dove  $i, j$  sono variabili spaziali. Un contenuto radiometrico può essere il valore bianco o nero, un livello di grigio, un valore RGB (Red Green Blue).

<sup>21</sup> I Digital Terrain Models sono restituzioni tridimensionali del terreno realizzate con superfici e solidi (AA.VV., 2001. *Manuale del Restauro*. Mancosu editore, Roma) ove è possibile ottenere informazioni sulla pendenza e l'esposizione.

<sup>22</sup> Il DEM è un file digitale con le quote della superficie del terreno.

I sistemi laser<sup>23</sup> possono essere classificati in base agli elementi che ne determinano la generazione del raggio (gas, *solid state* o materiali semi-conduttori), in base al tipo di energia che il raggio laser trasporta e in relazione al funzionamento si possono distinguere in laser distanziometrici (possono operare a tempo di volo o con differenza di fase) e laser triangolatori. A loro volta i laser triangolatori si possono distinguere in *single spot* scanner caratterizzati da un'elevata produttività e precisione, in *slit scanner* che presentano una minore produttività e precisione e in sistemi a proiezione di luce strutturata che presentano una struttura più semplice e producono una precisione ulteriormente inferiore rispetto alle due tipologie precedentemente descritte.

I *laser scanner*, quelli distanziometri o quelli triangolatori cioè a triangolazione ottica per oggetti di dimensioni inferiori, si presentano idonei, in funzione della loro portata e della precisione che assicurano, all'acquisizione dei dati tridimensionali (nuvole di punti) di strutture di qualsiasi complessità (Balletti & Guerra, 2005). Essi consentono di effettuare la misura di una grande quantità di coordinate tridimensionali di punti, operando in modalità "non a contatto" e in tempi ridotti con precisioni molte elevate dell'ordine del micron (Bornaz *et al.*, 2005).

I laser distanziometri si chiamano così perché il risultato della misura è la distanza tra il centro dello strumento e il primo punto che il raggio incontra ( $z$ ). La posizione del punto indagato viene definita per coordinate polari grazie alla misura della distanza tra il centro dello strumento ed il punto e dalla misura degli angoli di emissione del raggio. I sistemi utilizzano un raggio laser modulato con un'onda armonica e nella scansione la distanza del punto dal centro dello strumento viene calcolata sulla base del tempo impiegato dall'emissione alla riflessione dell'impulso. La velocità di acquisizione è di 625.000 punti al secondo e queste strumentazioni possono operare in un range di 100 m e possedere una accuratezza di 25 $\mu$ m al centimetro.

La distanza  $z$  è determinata dalla seguente relazione:

$$z = \frac{c}{4\pi} \frac{\Delta\varphi}{f_{AM}}$$

dove  $\Delta\varphi$  è la differenza di fase e  $f_{AM}$  è la modulazione di frequenza e  $c$  è la velocità della luce nel vuoto.

Questi strumenti sono nati per il rilievo di siti industriali una decina di anni fa e adesso sono impiegati nell'ambito dei Beni Culturali per il rilievo di chiese e di castelli.

I *laser scanner* a tempo di volo TOF (time of flight) sono invece costituiti da un laser che emette impulsi di luce infrarossa indirizzati da una lente, da un sistema di specchi rotanti utili per deflettere il raggio, da una lente che capta il raggio riflesso, da un diodo che produce un segnale di ricezione elettrico e da un orologio che misura l'intervallo di tempo tra raggio emesso e raggio riflesso.

La misura del tempo di volo consente di stabilire la distanza  $z$  del punto dal centro strumentale determinata dalla seguente relazione:

$$z = \frac{d * \cot \alpha * \tau}{\tau * \cot \alpha + 1}$$

dove  $c$  è la velocità della luce nel vuoto e  $\tau$  è il tempo di volo.

I sistemi a tempo di volo risultano meno accurati dei sistemi a differenza di fase tuttavia possono operare in un range più ampio sino a 1500 m e possiedono una velocità di acquisizione di 12.000 punti al secondo. Questo tipo di strumenti viene impiegato nel rilievo di oggetti molto grandi.

---

<sup>23</sup> LASER è l'acronimo di *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ed è definito così dal seguente processo di formazione: il mezzo eccitato libera i fotoni che costituiscono il raggio laser e, mediante il processo definito *population inversion*, il mezzo è capace di emettere luce quando viene colpito da un fotone.

Per il rilievo del territorio, i laser distanziometri consentono il rilievo di una quantità di punti tale da generare modelli digitali di superfici (DSM<sup>24</sup>, Digital Surface Model) e del terreno (DTM, Digital Terrain Model). Una volta ottenuto un DSM è possibile estrapolare tramite *software* CAD sezioni, viste prospettiche e assonometrie.

Invece, per la scansione di piccoli oggetti, come frammenti archeologici e qualora sia indispensabile un'elevata accuratezza del rilievo, è necessario l'uso di laser che sfruttano il principio della triangolazione ottica o triangolatori (Figura 9), dotati di sensori laser che ne assicurano le precisioni richieste e alcuni di questi garantiscono la possibilità di acquisire, congiuntamente ai dati metrici, le informazioni radiometriche dei punti analizzati (Bornaz *et al.*, 2005). Il principio di funzionamento è del tutto analogo a quello della triangolazione in topografia e questi laser sono costituiti da due parti: un proiettore di luce laser e uno o più sensori CCD<sup>25</sup> che catturano il segnale riflesso posti ad una distanza fissa dal punto ove viene emesso il raggio laser. La posizione spaziale dei punti interessati dal profilo di luce è ottenuta per triangolazione a partire dalla conoscenza della posizione relativa del laser, della camera CCD e del punto (D'Amelio *et al.*, 2005). Inoltre, lo strumento è dotato di diverse lenti a cui corrispondono diverse distanze focali e diverse precisioni di acquisizione.

La distanza  $z$  del punto viene determinata dalle seguenti relazioni:

$$z = \frac{d \cot \alpha * \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta + \cot \alpha}$$

dove  $\alpha$  viene misurato direttamente mentre  $\beta$  viene ricavato da:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{f}{P}$$

dove  $f$  è la focale caratteristica costruttiva e  $P$  è una misura rilevata direttamente sul sensore.

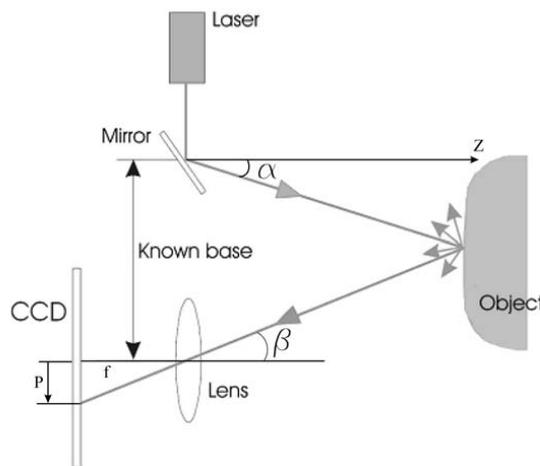


Figura 9 – Principio di funzionamento dei laser triangolatori. Fonte: Girelli, 2007.

Per quanto riguarda invece l'applicazione nel settore dei Beni Culturali, gli scanner triangolatori vengono utilizzati soprattutto per il rilievo di manufatti di piccole dimensioni e qualora sia necessaria un'elevata accuratezza del rilievo. In quest'ambito la tipologia più utilizzata è indubbiamente quella dei single spot scanner, anche se si stanno sviluppando esempi di utilizzo dei pattern projection scanner.

Inoltre, nella scansione di oggetti di modeste e di notevoli dimensioni, il *laser scanner* permette di ottenere informazioni sui diversi materiali che costituiscono l'oggetto grazie ai valori di

<sup>24</sup> Sono modelli digitali di superfici ove vengono indicate le quote degli edifici, le infrastrutture e la vegetazione.

<sup>25</sup> CCD significa Charged coupled device ossia dispositivo a carica accoppiata

riflettenza. Il risultato è una nuvola di punti colorati che danno anche una informazione radiometrica (Figura 10).

Nella prima fase del rilevamento è necessario lo studio del progetto di ripresa, in funzione delle caratteristiche tecniche dello strumento, dello stato dei luoghi e del livello di precisione desiderato (Barnobi *et al.*, 2005). Gli oggetti vengono acquisiti come nuvole di punti in un formato digitale e, per la completa acquisizione della forma, essi vengono scansionati da varie posizioni. Una sola scansione non è in genere sufficiente per l'elaborazione digitale dell'oggetto a causa della presenza di zone defilate che il raggio laser non è in grado di raggiungere e coni d'ombra (Bornaz *et al.*, 2005). Ogni porzione del manufatto può essere rilevata facendo variare la strumentazione o l'oggetto attraverso l'uso di tavolette rotanti.

Dopo la fase di acquisizione delle nuvole di punti, poiché ogni scansione è dotata di un proprio sistema di riferimento, è necessario collegare le scansioni tra di loro e inserirle in un unico sistema di riferimento mediante un processo di introduzione di vincoli reciproci, individuati ad esempio con la collimazione manuale di punti omologhi<sup>26</sup> sulle diverse nuvole di punti. Deve esserci, infatti, una zona di sovrapposizione abbastanza ampia che funge da collegamento tra le varie scansioni. La costrizione delle nuvole viene effettuata procedendo per coppie consecutive al fine di vincolare i punti su tutti i sei gradi di libertà del sistema. Tuttavia, nella registrazione delle scansioni, si sono dimostrati più efficienti i metodi di georeferenziazione su punti di controllo (rilevati topograficamente) e la triangolazione spaziale, piuttosto che gli allineamenti per concatenamento di nuvola su nuvola che inevitabilmente portano a deformazioni locali del modello complessivo (Balletti & Guerra, 2005).

La Figura 11 schematizza le principali fasi per l'elaborazione dei dati laser a scansione terrestre.

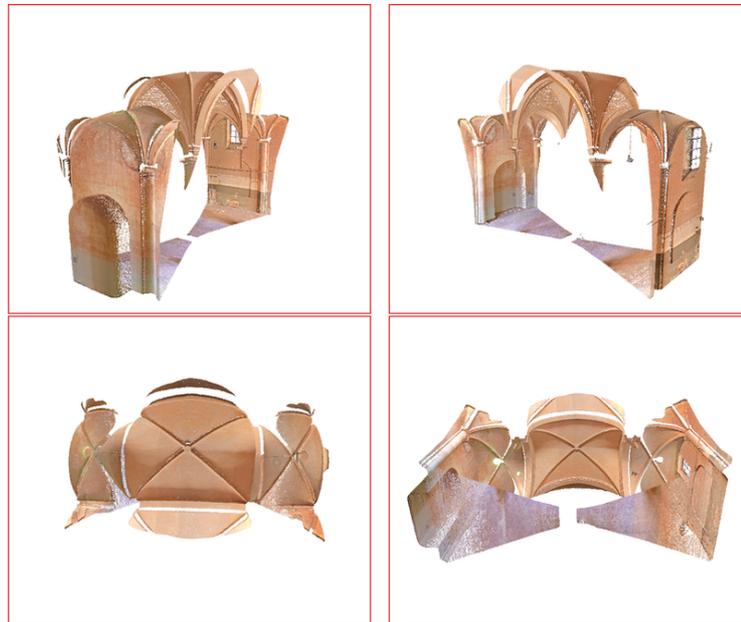


Figura 10 - Tridimensionalità ottenuta dal *Laser scanner 3D* (fonte: <http://img204.imageshack.us>).

<sup>26</sup> Sono punti riconoscibili sulle scansioni che consentono l'orientamento relativo.

Procedura	Note
visualizzazione dei dati primari nella forma di mappe di distanza e intensità (eventualmente colore RGB), oppure di nuvole di punti	in genere presente nei programmi forniti a corredo dello strumento
pulizia del dato primario (eliminazione di punti errati)	in modalità interattiva o con metodi semi-automatici
sfoltimento e filtraggio dei dati	riduzione del numero dei punti e del rumore dovuto alla precisione strumentale; in genere preferibile effettuare lo sfoltimento dopo la fusione di scansioni
fusione di scansioni diverse	combinazione di "nuvole" diverse in un unico insieme, sulla base di target comuni e/o elementi naturali riconosciuti in modo automatico o interattivo. Eventuale successiva pulizia dei dati.
assegnazione ad un sistema di riferimento oggetto	sulla base di punti naturali o artificiali di coordinate note (da rilievo topografico o fotogrammetrico); necessaria se si desidera la fusione della superficie da l.s. con immagini fotogrammetriche (ortofoto)
sfoltimento ed omogeneizzazione nella distribuzione dei punti	la nuvola finale viene ridotta al fine di avere una densità dei punti uniforme o legata al tipo di superficie
fitting mediante primitive geometriche	superfici semplici (parallelepipedi, cilindri, ecc.) vengono adattate alla nuvola dei punti: sviluppato soprattutto per applicazioni industriali, non idoneo per molti oggetti di interesse archeologico
generazione di mesh poligonali	operazione svolta in 2.5D o in 3D, richiede un intervento di parametrizzazione iniziale e in genere un editing finale da parte dell'operatore
modellazione secondo rappresentazioni matematiche (splines, NURBS)	più consona alle geometrie del disegno industriale
realizzazione di prodotti 3D fotorealistici mediante mappatura del modello con texture ed immagini	la superficie del modello a mesh può essere rappresentata con: - applicazione di tessiture artificiali o prelevate da immagini reali - riproiezione di immagini fotografiche (noti, o ricavati contestualmente, i loro parametri di orientamento interno ed esterno) - colorazione mediante il dato di riflettanza o colore acquisito dallo scanner stesso
esecuzione interattiva di misure	in particolare distanze tra punti naturali
generazione di profili e sezioni, ortofoto, modelli VRML, ecc. ed esportazione verso l'utilizzo esterno (CAD, browser, ecc.)	sezioni generate in automatico dalla nuvola dei punti o dal modello tridimensionale; particolarmente interessante la generazione di ortofoto di precisione

Figura 11 - Schematizzazione delle principali procedure per l'elaborazione dei dati laser a scansione terrestre.  
Fonte: Bitelli, 2002.

Sono stati effettuati numerosi studi che mirano alla realizzazione di algoritmi che consentano l'allineamento automatico o semiautomatico delle scansioni. Diffuso è l'impiego dei *markers* adesivi che fungono da punti di legame e che, nel caso di oggetti piccoli o decorati, devono essere applicati all'esterno per non danneggiare la superficie e non occultare parti fondamentali dell'oggetto. È possibile utilizzare, per affinare l'allineamento delle scansioni, un algoritmo iterativo, *Iterative Closest Points (ICP)*, in grado di allineare i due oggetti utilizzando tutti i punti presenti nella zona di sovrapposizione. Esso è capace di trovare una corrispondenza tra i punti di due scansioni successive. Un'altra procedura di allineamento è quella dello *spin image* che permette di ottenere l'allineamento di punti senza l'utilizzo di *markers* di riferimento e ricorre, per l'allineamento definitivo, all'uso di algoritmi ICP.

Le nuvole, georeferenziate in un unico sistema di riferimento, costituiscono un unico set di punti dal quale è possibile ottenere le tradizionali rappresentazioni in proiezione ortogonale e/o i modelli tridimensionali di superfici. In post elaborazione, si possono realizzare i modelli poligonali del terreno-DTM e da questi estrapolare le curve di livello, i profili, le sezioni, le viste 3D, le proiezioni assonometriche, le prospettive, ecc.

Nonostante siano sempre di più le applicazioni che utilizzano questi sistemi, al momento non esiste una metodologia standardizzata che consenta il controllo della qualità di un rilievo.

Durante l'acquisizione degli oggetti, capita spesso di dovere fronteggiare problemi derivanti dai limiti indotti dall'*hardware* ottico. Lo scanner 3D non ottiene buoni risultati nella scansione di oggetti neri e scintillanti, perché queste superfici tendono ad assorbire i fasci di luce ostacolando l'acquisizione dei punti. Il rumore dell'ambiente circostante, la divergenza del raggio laser, la scarsa illuminazione e la presenza di ombre sugli oggetti e negli aggetti degli edifici causano una notevole imprecisione del dato e il profilo dell'oggetto elaborato dallo scanner risulta frastagliato e mancante di numerose parti. La perdita dei dati può essere ridotta modificando la luce dell'ambiente di una stanza, nel caso di acquisizione di manufatti di piccole dimensioni, e mediante l'uso di lenti filtranti.

La riflessione si presenta come un sostanziale problema durante il processo di acquisizione dei punti, particolarmente nella scansione di oggetti metallici e di altre superfici lucide e in condizioni di scarsa illuminazione. Inoltre, a volte, tale procedura è resa molto complicata dalla fragilità degli oggetti come accade per i reperti archeologici.

Di solito la ricostruzione 3D prevede l'uso di differenti *software*: quelli per l'acquisizione dei dati, generalmente in dotazione allo strumento e quelli per la gestione dei dati e l'allineamento della nuvola di punti. È possibile estrapolare i dati con differenti estensioni e anche nei seguenti formati .dxf<sup>27</sup>, .dwg<sup>28</sup>, .mdl<sup>29</sup>, .pts.

La tecnologia del *laser scanning* permette di ricreare lo stato di fatto in tempi estremamente veloci, in quanto l'acquisizione di una molteplicità di dati che avviene in maniera molto rapida permette un rilievo molto più accurato rispetto ai rilievi tradizionali fotogrammetrici e topografici. Estremamente accurate sono le riproduzioni di sculture, vasi, fontane, palazzi decorati effettuate con il metodo del range based modeling. Di contro l'elaborazione dei dati (in *post-processing*) richiede tempi assai lunghi ed ovviamente la qualità dei punti ossia l'esatta localizzazione è direttamente proporzionata alla qualità del raggio laser.

Inoltre la modellazione geometrica tramite modelli poligonali da dati *laser scanner* di aree urbane o di parti del territorio così come la modellazione di piccoli oggetti con alta risoluzione descrittiva può facilmente saturare la memoria di un moderno computer (Balletti & Guerra, 2005) e un sistema ad alta risoluzione può comportare innumerevoli problemi relativamente ai tempi di gestione e ai tempi di elaborazione, rischiando di creare un modello accurato ma di fatto ingestibile da esplorare in tempo reale.

### 3.2.4 Image based modeling

La ricostruzione tridimensionale effettuata manualmente e tramite *laser scanner* molto laboriosa a causa di forme spesso troppo complesse. In grado di supplire a tali limiti, l'*image based modeling* sta diventando una tecnica molto diffusa che viene comunemente adoperata per la modellazione di superfici architettoniche e di porzioni di territorio (Mok Oh *et al.*, 2001).

È possibile ottenere, attraverso il rilievo fotogrammetrico monoscopico<sup>30</sup> (Figura 12), una restituzione raster metricamente corretta di un edificio o di un oggetto. La successiva esportazione in CAD ne consentirà la vettorializzazione e attraverso la modellazione manuale si arriverà alla realizzazione tridimensionale dell'oggetto. La tecnica della fotogrammetria monoscopica, inoltre, viene utilizzata per raddrizzare i fotogrammi che verranno utilizzati nella procedura di *texture mapping*<sup>31</sup>.

Il processo fotogrammetrico monoscopico, pur non offrendo lo stesso livello di precisione della fotogrammetria classica e nonostante i notevoli limiti applicativi, sta avendo una notevole diffusione e risulta spesso insostituibile nella documentazione dello spazio antropizzato. Tale tecnica si differenzia dalla fotogrammetria classica per la rinuncia alla stereoscopia<sup>32</sup> (Figura 14 e Figura 15) e prevede lo scatto di una o più fotografie e il rilievo di una rete di alcuni punti per fotografia per raddrizzare le linee prospettiche delle fotografie di superfici piane ottenendo così un fotopiano in scala, formato raster, da utilizzare come prodotto finito o da vettorializzare.

Il metodo del raddrizzamento prospettico può essere effettuato mediante tecniche geometriche (basate sull'acquisizione di due sole misure) o tecniche analitiche (basate sul rilievo topografico per intersezione bipolare di un numero discreto di punti appartenenti all'oggetto).

---

<sup>27</sup> *Drawing Interchange Format.*

<sup>28</sup> *Drawing*

<sup>29</sup> *Matlab*

<sup>30</sup> *La fotogrammetria può essere monoscopica se la ripresa avviene da un solo punto di vista, se si usa la monocamera (è uguale ad una comune macchina fotografica), la restituzione avviene con una sola immagine e sul piano.*

*La monocamera può essere metrica o non metrica. Quella metrica presenta l'obiettivo esente da distorsioni e l'asse ottico perpendicolare al piano della pellicola. Questi strumenti imprimono marche di riferimento, indici o reticolati sui fotogrammi.*

<sup>31</sup> *Il texture mapping è una tecnica che consente il trattamento delle superfici tramite l'applicazione proiettiva delle immagini (Sdegno, 2004).*

<sup>32</sup> *La fotogrammetria può essere stereoscopica se la ripresa di un oggetto avviene da due punti di vista differenti, vengono utilizzate le bicamere, la restituzione è tridimensionale ed avviene con almeno una coppia di fotogrammi. La ripresa può essere normale cioè ad assi della camera perpendicolari all'oggetto, convergente o inclinata.*

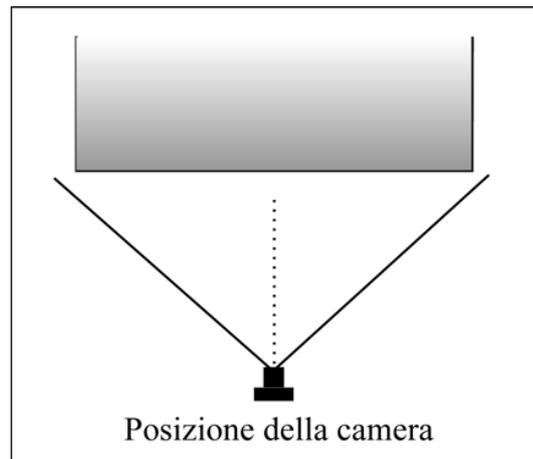


Figura 12 - Approccio a singola immagine. Fonte: Girelli, 2007.

La prima tecnica si basa sul principio che una fotografia può essere approssimata a una prospettiva centrale quindi tutti i segmenti verticali e orizzontali di un oggetto appartengono a rette che convergono nei punti di fuga verticale e orizzontale. Pertanto la tecnica geometrica porta attraverso l'individuazione di quelle le rette che nella realtà sono verticali e orizzontali all'individuazione, nella fotografia che si vuole raddrizzare, delle loro fughe ( $f_x, f_y$ ). In seguito al ribaltamento di alcuni punti significativi si può trovare il punto di fuga centrale ( $f_z$ ), dal quale è stata scattata la foto e quindi ottenere una prospettiva centrale. Inoltre, la dimensione di un segmento orizzontale e di uno verticale dell'oggetto permette di definire il rapporto di scala in  $x$  e in  $y$ .

Invece la tecnica analitica si basa sul principio che la fotografia, dal punto di vista proiettivo, è la proiezione centrale nella quale gli oggetti cambiano forma e dimensione in funzione della loro distanza dal centro di presa. Quindi stabilito il sistema di riferimento, le relazioni tra fotografia e oggetto dipendono da nove parametri e nel caso in cui un l'oggetto da rilevare sia un piano si riducono ad otto. È possibile ottenere le relazioni analitiche tra i punti rilevati topograficamente sull'oggetto e quelli rilevati sulle immagini tramite le seguenti relazioni:

$$X_i = \frac{a_1 x_i + a_2 y_i + a_3}{c_1 x_i + c_2 y_i + 1}$$

$$Y_i = \frac{b_1 x_i + b_2 y_i + b_3}{c_1 x_i + c_2 y_i + 1}$$

dove  $x_i$  e  $y_i$  sono le coordinate rilevate sull'immagine e  $X_i$  e  $Y_i$  sono le coordinate rilevate sull'oggetto e  $a_1, a_2, a_3; b_1, b_2, b_3; c_1, c_2$  sono gli otto parametri di trasformazione.

Quindi avendo a disposizione un minimo di quattro punti di cui siano note le coordinate immagine ( $x_1, y_1; x_2, y_2; x_3, y_3; x_4, y_4$ ) misurate sulla fotografia e le coordinate dell'oggetto ( $X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; X_4, Y_4$ ) rilevate topograficamente si possono determinare attraverso un modello matematico di 8 equazioni gli otto coefficienti che risolvono il sistema lineare di equazioni.

$$(c_1 x_1 + c_2 y_1 + 1)x_1 = a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3$$

$$(c_1 x_2 + c_2 y_2 + 1)x_2 = a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3$$

$$(c_1x_3 + c_2y_3 + 1)x_3 = a_1x_3 + a_2y_3 + a_3$$

$$(c_1x_4 + c_2y_4 + 1)x_4 = a_1x_4 + a_2y_4 + a_3$$

$$(c_1x_1 + c_2y_1 + 1)y_1 = b_1x_1 + b_2y_1 + b_3$$

$$(c_1x_2 + c_2y_2 + 1)y_2 = b_1x_2 + b_2y_2 + b_3$$

$$(c_1x_3 + c_2y_3 + 1)y_3 = b_1x_3 + b_2y_3 + b_3$$

$$(c_1x_4 + c_2y_4 + 1)y_4 = b_1x_4 + b_2y_4 + b_3$$

Ricavati gli otto parametri si possono determinare le coordinate  $(X_i, Y_i)$  di qualsiasi oggetto a partire dalle coordinate sull'immagine  $(x_i, y_i)$ . Qualora i punti di controllo siano più di quattro i parametri sono stimati con il metodo dei minimi quadrati.

Successivamente, il raddrizzamento digitale avviene scomponendo l'area in una griglia di maglie quadrate di dimensioni pari al *pixel* che si vuole ottenere e conoscendo le coordinate del baricentro di ogni maglia, tramite i parametri ricavati, avviene la trasformazione del *pixel* dall'immagine originale all'immagine raddrizzata.

Il presupposto fondamentale del metodo del raddrizzamento (Figura 13) è che l'oggetto da rilevare sia piano e, nella realtà, questa condizione geometrica non è mai riscontrata basti pensare alle ondulazioni del terreno o alle sporgenze su una facciata di un edificio.



Figura 13 - Raddrizzamento prospettico.

Programmi specifici effettuano il raddrizzamento<sup>33</sup> affinché l'oggetto rappresentato nella fotografia sia metricamente corretto. In genere i *software* di raddrizzamento adottano un metodo grafico che consiste nell'allineamento di elementi architettonici (verticali e orizzontali) dei quali sono note le misure su una griglia visualizzata sullo sfondo. Questa tecnica permetterà quindi lo spostamento dei *pixel* nella loro posizione corretta e la determinazione delle giuste proporzioni dell'immagine raddrizzata che andrà scalata in base ad una dimensione nota sull'oggetto reale. Tali programmi non dispongono di comandi di grafica, pertanto l'immagine raddrizzata dovrà essere successivamente inserita in un *software* di CAD o GIS e ricalcata

<sup>33</sup>Ad esempio Ortho 3.04, ArchiFaçade; Archis; CAD & Pillar; DigiCad 3D; Giotto 3; Perspective Rectifier; Photometric ecc.

I rilievi eseguiti con la tecnica della fotogrammetria monoscopica sono in genere imprecisi e l'errore è dell'ordine dei 3-4 cm, ma tale metodologia si presta bene al rilievo architettonico se combinata ad altre tecniche di rilievo (ad esempio con il metodo di rilievo diretto e con quello strumentale), per l'acquisizione della tessitura dei paramenti murari e degli elementi di decoro (modanature, capitelli, fregi, ecc.).

Invece è possibile ottenere ortofoto<sup>34</sup> di facciate di edifici, *Digital Surface Models* e la restituzione vettoriale tridimensionale attraverso un approccio stereoscopico eseguendo due o più prese.

Una tempo era possibile attuare questa tecnica con l'uso delle bicamere e oggi è possibile emulare la bicamera tramite una fotocamera che scorre su un carrello disposto su una barra metallizzata graduata.

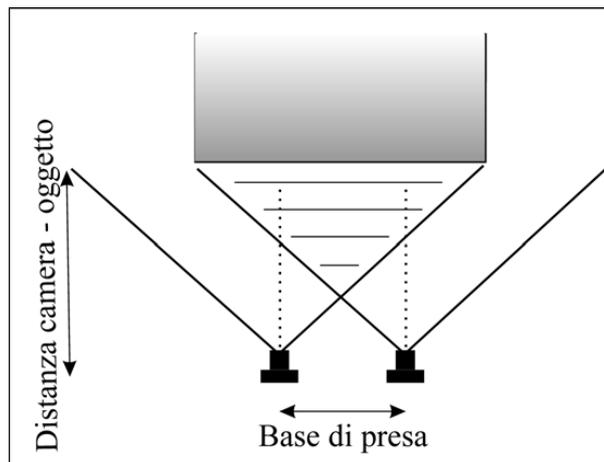


Figura 14 - Appoggio stereoscopico. Fonte: Girelli, 2007.

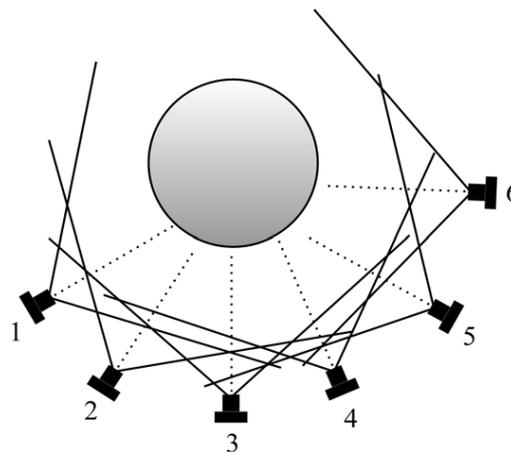


Figura 15 - Prese stereoscopiche. Fonte: Girelli, 2007.

Tuttavia se l'oggetto si presenta troppo complicato, per dimensioni o per geometria, lo si può rilevare solo tramite prese stereoscopiche. In tal caso, un gran numero di immagini scattate da differenti punti di vista sono indispensabili per la rappresentazione e possono essere utilizzati per l'orientamento delle immagini punti di controllo di coordinate note, vincoli geometrici di

<sup>34</sup>L'ortofoto è una fotografia geometricamente corretta.

vario tipo, oppure il modello ottenuto può essere scalato tramite misure dirette rilevate sull'oggetto.

L'alta ridondanza delle osservazioni permette di raggiungere precisioni elevate e di individuare ed eliminare eventuali errori grossolani. I più comuni *software* commerciali che utilizzano questo approccio permettono di ottenere coordinate di punti, restituzione vettoriale, sezioni e modelli foto-texturizzati esportabili in formato VRML. Tuttavia l'uso di una o più stereo-coppie e di tipologie di sistemi, non sviluppati per la fotogrammetria terrestre (quali Socet Set (Bae System) e Leica Photogrammetric Suite), utilizzati per il *data processing* e per la restituzione con l'automazione di alcune procedure creava errori quando si utilizzavano immagini fortemente convergenti e fotogrammi con differenti scale (Girelli, 2007).

Per supplire a tali limiti l'alternativa è data dai sistemi monoscopici multi-immagine che permettono di eseguire l'orientamento interno<sup>35</sup> ed esterno<sup>36</sup> dei fotogrammi in modalità interattiva o semi automatica e la generazione del modello tridimensionale (Figura 16) in modalità wireframe<sup>37</sup> o fotorealistica tramite la collimazione (tecnica dell'*image matching*) assistita di un gran numero di punti linee e superfici geometriche semplici (Armetta, 2009; Girelli, 2007).

La restituzione monoscopica multi-immagine presenta una precisione  $\sigma_c$  (Mason, 1994) pari a:

$$\sigma_c = \frac{m_f \sigma_i q}{\sqrt{k}}$$

dove:

$m_f$  è la scala della fotografia ossia il rapporto  $d/c$ ;

$\sigma_i$  è la precisione di misura sull'immagine;

$q$  è un coefficiente di geometria che può variare da 0.4 prese fortemente convergenti a 0.7.

$k$  è il numero di prese che vengono utilizzate per la restituzione del singolo punto.



Figura 16 - Cattedrale di St. Paul Melbourne, ricostruzione tridimensionale tramite la tecnica dell'Image based modeling. Fonte: Mok oh, 2001.

<sup>35</sup> Per orientamento interno si intende la posizione del centro di presa relativamente al piano dell'immagine.

<sup>36</sup> Per orientamento esterno si intende la posizione della macchina al momento dello scatto.

<sup>37</sup> È una visualizzazione che mostra tutte le linee di costruzione del modello.

I sistemi monoscopici multi-immagine ad esempio iWitness (Photometrix) o PhotoModeler<sup>38</sup> *software* fotogrammetrico della EOS System Inc.<sup>39</sup> sfruttando gli algoritmi per la modellazione tridimensionale consentono di costruire un modello 3D partendo da soli tre fotogrammi. Essi godono di popolarità grazie ai minori requisiti in termini di risorse *hardware*, a una notevole semplicità d'uso e alla possibilità di assemblare nello stesso progetto immagini acquisite da camere differenti. Si crea un ambiente metrico in cui è possibile fare misure, sezioni, settorializzazione e modellazione 3D di forme geometriche irregolari. L'esecuzione della fase di orientamento dei fotogrammi avviene in modalità semiautomatica e interattiva. Per la restituzione tridimensionale di un oggetto sarà necessario effettuare prima la calibrazione della macchina fotografica fotografando un foglio disposto su una parete e fornendo al *software* indicazioni quali la distanza della presa, la dimensione del foglio al fine di definire la stella proiettiva<sup>40</sup> propria della macchina. Successivamente verranno inserite nel *software* le varie immagini, saranno identificati i punti nei vari fotogrammi e si potrà procedere alla collimazione. L'oggetto tridimensionale sarà creato da superfici (*mesh*) e verrà visualizzato in modalità wireframe o foto realistica. Verranno evidenziati i particolari salienti della struttura, gli spigoli, i punti e le linee di costruzione. Il modello verrà esportato in Autocad, 3DS ecc. per la realizzazione delle superfici e per la procedura di *texture mapping*. Il programma Photomodeler consente di effettuare oltre alla ricostruzione delle superfici anche il *texture mapping*.

È possibile esportare il modello in DXF, 3DS, OBJ<sup>41</sup> della Wavefront, VRML, IGES<sup>42</sup>, STL<sup>43</sup>, RAW<sup>44</sup>, Maya Script, FBX<sup>45</sup>, KML<sup>46</sup> e KMZ<sup>47</sup> di Google Heart.

Il metodo presenta il vantaggio di restituire modelli metricamente corretti composti da un basso numero di poligoni quindi particolarmente leggeri e idonei all'importazione e all'elaborazione in altri programmi di grafica. La qualità della ricostruzione 3D è direttamente legata alla risoluzione dell'immagine e la tecnica di image based modeling è indicata soprattutto per stereometrie semplici e scatolari e può essere usata per ricomporre semplici tessuti edilizi anche ricostruendo i singoli elementi (le sporgenze e le rientranze, le colonne e i pilastri). Tuttavia per oggetti di forme complesse il procedimento di image based modeling (Figura 17) appare meno adatto perché in tal caso l'identificazione sui singoli fotogrammi di un elevato numero di punti implicherebbe un aumento dei tempi di elaborazione e maggiore possibilità di errore. In questo caso sarebbe preferibile la tecnica laser per il maggiore dettaglio e la precisione.

Questa tecnica si presta bene alle rappresentazioni virtuali anche grazie alla semplicità e alla versatilità dei *software* di *photo-editing* che consentono attraverso passaggi intuitivi di alterare l'aspetto di una immagine, il colore degli oggetti, eliminare o aggiungere alcuni elementi in una scena.

### 3.2.5 Integrazione della range based modeling con l'image based modeling e rappresentazione multi scala.

L'integrazione delle tecniche *laser scanner* con quelle fotogrammetriche trova un'importante impiego nella documentazione e nel restauro dei Beni Culturali (D'Amelio *et al.*, 2005) e attualmente le moderne tecniche di rilevamento integrato laser/fotogrammetrico assolvono appie-

---

<sup>38</sup> Utilizzato per le analisi forensi, per le misurazioni delle scene del crimine o di incidenti, per le animazioni nei film, per antropologi ed in campo medico.

<sup>39</sup> Altri software in commercio capaci di effettuare le stesse operazioni sono: CDW della Rolleimetric e Witness della DeChant Consulting Services – DCS Inc., 3DSOM- Creative Dimension Software Ltd.

<sup>40</sup> La stella proiettiva è il fascio di raggi proiettivi che formano ciascuna immagine.

<sup>41</sup> Estensioni per file di testo che contengono informazioni sulla tridimensionalità degli oggetti.

<sup>42</sup> Initial Graphics Exchange Specification che è un formato di dati neutro allo scopo di trasferire informazioni tra sistemi differenti.

<sup>43</sup> Standard Template library sottoinsieme della libreria Standard del C++.

<sup>44</sup> Possibile estensione per file raster.

<sup>45</sup> Estensione realizzata dall'Autodesk.

<sup>46</sup> Keyhole Markup Language è un linguaggio basato su XML utilizzato per la gestione di dati geospaziali.

<sup>47</sup> File KML zippato ossia compresso con un programma qualsiasi di compressione.

Realizzazione delle prese	prese "normali" con bicamera (in disuso, o sostituite da nuovi sistemi) prese a mano libera (anche molto convergenti, in funzione delle modalità di orientamento e restituzione)
Rilievo di appoggio	segnalizzazione dei punti con target normali, retroriflettenti, uso di punti naturali stazioni totali con o senza uso di riflettori: intersezioni in avanti, poligonali, ecc. metodi speditivi con misure dirette di distanza per soluzioni semplificate (raddrizzamenti, tecniche di scalatura del modello, ecc.)
Elaborazione di immagini	tecniche di <i>image processing</i> nel pre-processamento (es. ripulitura, enfattizzazione, ecc.) ricampionamento di immagine
Orientamento interno	su strumenti analitici o stazioni digitali, su queste ultime con procedure automatiche o semi-automatiche per la collimazione dei <i>repères</i> o dei crocicchi del reticolo tecniche di autocalibrazione, uso della DLT anche per la derivazione di parametri approssimati
Orientamento esterno	su strumenti analitici o stazioni digitali, su queste ultime con procedure automatiche per l'orientamento relativo (correlazione di immagini) larga applicazione di compensazione a fasci proiettivi, es. multi-immagine, anche con inserimento di informazioni aggiuntive (es. vincoli geometrici, direzioni, distanze) applicazione di tecniche proprie della triangolazione aerea
Restituzione	stereoscopica (nelle stazioni digitali uso anche delle immagini normalizzate e sovrapposizione della restituzione vettoriale sul modello) monoscopica multi-immagine (con supporto di rette epipolari, <i>matching</i> locale per punti o entità, ecc.)
Generazione di modello digitale della superficie	su restitutori analitici: manuale o parzialmente automatizzata su stazioni digitali: automatica ( <i>matching area based /feature based</i> ) con procedure per l' <i>editing</i> a posteriori del dato, inserimento di linee di discontinuità, ecc.
Prodotti metrici a base fotografica	raddrizzamento (tecnica analitica / uso delle linee di fuga, semplici procedure sono presenti anche in programmi non fotogrammetrici, es. CAD, ma spesso non tengono conto di fenomeni quali la distorsione della camera raddrizzamento differenziale (ortofoto tradizionali, ortofoto di precisione), problemi nella definizione di un modello fedele della superficie mosaicatura di immagini georeferenziate, con correzioni radiometriche
Modelli tridimensionali	generazione di rappresentazioni <i>wireframe</i> , per superfici, per volumi applicazione di <i>texture</i> artificiali o fotografiche
Gestione dell'informazione	strutturazione e codifica delle informazioni per un utilizzo in sistemi informativi dedicati
Consultazione del database	sistemi per la consultazione interattiva in linea di stereocoppie o blocchi fotogrammetrici già orientati per la misura di distanze, aree, coordinate di singoli punti
Esportazione verso l'esterno	creazione di <i>files</i> in formati CAD, in VRML, ecc.

Figura 17 - Procedure per l'Image based modeling. Fonte: Bitelli, 2002.

no le esigenze di acquisizione e di rappresentazione di oggetti complessi, nel caso di un singolo edificio, bene architettonico-culturale e nel caso di uno spazio urbano e territoriale, ambito edilizio-urbanistico (Visintini *et al.*, 2006, Balletti & Guerra, 2005). L'accoppiamento e l'integrazione fra il rilevamento laser e quello fotogrammetrico si avvale della tecnica laser per la definizione della geometria e della tecnica fotogrammetrica per la vestizione *raster* fotorealistica (Visintini *et al.*, 2006). Infatti, vengono effettuate delle scansioni con il *laser scanner* 3D che ne generano il modello tridimensionale dell'oggetto al quale vengono applicate delle *texture* ottenute dal rilievo fotogrammetrico. In particolare, queste tecniche combinate consentono la riproduzione accurata di statue, bassorilievi, particolari architettonici, edifici (D'Amelio *et al.*, 2005) e di modelli digitali di terreni (DTM) ove avviene la vestizione delle superfici che compongono il DTM con le immagini digitali georeferenziate (Visintini *et al.*, 2006).

Si può affermare che l'integrazione delle due tecniche è il metodo di rilevamento fotorealistico oggi più efficiente e avanzato che garantisce velocità e accuratezza dei risultati, abbinando alla rapidità di acquisizione del *laser scanner* la capacità descrittiva delle immagini fotografiche. Le due tecniche congiunte producono, tramite processi di automazione, un'enorme mole di informazioni geometriche e materiali che consentono un'ottima cognizione delle caratteristiche formali, costruttive e tecnologiche dell'opera rilevata.

Nelle ricostruzioni tridimensionali si deve considerare non solo il dettaglio geometrico ma risulta necessaria la definizione delle *texture* da applicare alle superfici. La qualità descrittiva e metrica del modello deriva ovviamente dalla somma della componente geometrica e della componente *raster* applicata. Non sempre però ad una maggiore definizione geometrica corrisponde una maggiore definizione *raster* e, in base alle specificità dei casi presentati, è necessario preferire l'una o l'altra. Infatti, nel caso di una parete affrescata, è sicuramente più importante avere un dettaglio maggiore della componente *raster* mentre, nel caso del capitello corinzio, sarà necessaria una grande definizione geometrica piuttosto che *raster*.

Inoltre nell'ambito della *computer graphics* si sono sviluppate tecniche di semplificazione di griglie di triangoli e di tetraedri per modelli che possono essere rappresentati a diverse scale nominali al fine di selezionare e trasmettere solo alcune informazioni geometriche ritenute essenziali per la descrizione dell'oggetto ad una determinata scala (Armetta, 2009; Balletti & Guerra, 2005; Bitelli, 2002). Questo tipo di rappresentazione definita 3D multiscala trova una sua naturale applicazione nel campo di beni culturali, come supporto alla conoscenza e alla fruizione delle informazioni da parte dell'utente. Ciò è possibile (Balletti & Guerra, 2005) adottando un sistema *hardware-software* che si occupa di gestire il tipo di rappresentazione più comune istante per istante o nel predisporre una serie di modelli, della stessa struttura geometrica, con differenti complessità in funzione delle diverse necessità di rappresentazione che saranno pre-stabilite dal progettista della struttura geometrica. Ovviamente la scelta del livello di dettaglio da utilizzare è dettata dalla distanza tra l'osservatore virtuale e la struttura geometrica. Tuttavia questa ultima tecnica comporta lo svantaggio di dover riprodurre differenti modelli di uno stesso oggetto occupando così una maggiore memoria anche se tali geometrie possono essere gestite in file differenti o caricate all'interno della rappresentazione grafica 3D qualora si rivelassero necessarie.

### 3.2.6 Image based rendering

Una soluzione più semplice e sicuramente più economica rispetto alla ricostruzione tridimensionale effettuata con la tecnologia del *range based modeling* e con la tecnologia dell'*image based modeling* consiste nelle tecniche di realtà visuale fondate su immagini fotografiche (Bitelli, 2002). Tali sistemi vengono definiti di *image based rendering* e non richiedono modelli geometrici ma piuttosto la corrispondenza tra le immagini di scene reali le quali sono catturate da vari punti di vista. Inoltre, le immagini si sostituiscono al binomio geometria-materiali al fine di ottenere un maggiore fotorealismo in minore tempo e con un inferiore sforzo computazionale.

Viene considerata una buona tecnica per lo sviluppo di viste di particolari oggetti attraverso l'ausilio di una specifica camera di ripresa e opportune condizioni di scena (Noh *et al.*, 2009). Si basa su una accurata posizione della camera e necessita di un grande numero di immagini che, in attenta successione, non richiedendo espliciti modelli geometrici ma piuttosto una corrispondenza di punti significativi tra un'immagine e un'altra.

Le tecniche dell'*image-based rendering* possono essere classificate in tre categorie sulla base delle informazioni geometriche di supporto<sup>48</sup>: *rendering with no geometry* (tecnica completamente basata su immagini scattate), *rendering with implicit geometry* (tecnica ibrida che consente di produrre altre immagini a partire da quelle di base) e *rendering with explicit geometry* (metodologia più o meno accurata che adopera immagini precalcolate per velocizzare il *rendering*) (Shum *et al.*, 2000).

Le tecniche del primo gruppo, *rendering with no geometry*, consentono di rappresentare scene tridimensionali con un solo set di immagini e usualmente la mancanza delle informazioni sulla struttura della scena è compensata dall'uso di un ampio set di immagini e da limitazioni della libertà di esplorazione (Zanuttigh & Cortelazzo, 2009). Sono elencate, in seguito, alcune ricostruzioni che impiegano la metodologia del *rendering with no geometry*.

I *movie map* (Figura 18) sono realizzati con quattro telecamere montate su un'auto e consentono la visualizzazione delle strade di una città, degli edifici e degli spazi che le delimitano. I video sono interattivi e permettono all'utente di muoversi liberamente tra una o un'altra via come se la percorressero realmente su un'auto. Questa tecnica è attualmente adoperata da Google Maps che, tramite l'installazione di un programma di visualizzazione (solitamente Adobe Flash Player), consente all'utente la navigazione interattiva per le strade di una città donandogli il completo senso della spazialità.

I *panoramic mosaics* (Figura 19) si ottengono ruotando la camera fotografica su un treppiedi e scattando una serie di fotogrammi, parzialmente sovrapposti, a partire da uno stesso punto di

---

<sup>48</sup> Per informazioni geometriche a supporto si definisce le immagini di base utili alla navigazione.

ripresa e facendo variare il cono di visione al fine di ottenere la visualizzazione di un ambiente a 360°. La panoramica multi-immagine consente una chiara comprensione dell'oggetto rilevato e possiede il vantaggio di essere una tecnica economica dotata di una notevole semplicità di esecuzione. Fino ad oggi le uniche applicazioni metriche di immagini panoramiche, dette anche mosaici<sup>49</sup> di scena, si ottenevano con l'ausilio di camere rotanti ad alta risoluzione. Ma attualmente, la realizzazione di foto panoramiche è anche resa possibile avvalendosi di macchine digitali comunemente in commercio e di *software* commerciali di stitching o di incollaggio. Infatti, con appositi *software* quali PhotoStitcher, Stitcher di Realviz, Panorama Maker, Ptgui Pro 7, ecc. è possibile effettuare l'unione delle immagini e la proiezione di queste su una sfera di raggio pari alla focale della camera. Esistono diversi tipi di proiezioni: la cilindrica, la sferica e la piana<sup>50</sup>.



Figura 18 - Movie Map (fonte:www.netnotizie.net)



Figura 19 - Mosaico panoramico (Fonte: Zanuttigh & Cortelazzo, 2009)

Nei *concentric mosaic* ( Figura 20) la camera si muove su una circonferenza e cattura le immagini da una fessura verticale. L'utente sarà in grado di muoversi in una zona circolare osservando cambiamenti di luce. Saranno necessarie molte immagini ad alta risoluzione (Shum *et al.*, 2000).



Figura 20 - Concentric mosaic (fonte: Shum et al, 2000)

<sup>49</sup> Si parla di mosaici quando più immagini vengono combinate per ottenere un'immagine più grande.

<sup>50</sup> Le immagini vengono proiettate su una superficie cilindrica, sferica o tutte su uno stesso piano.

Le tecniche di *light field rendering* (Levoy *et al.*, 1996) e il Lumigraph, sistema di proiezione luminosa (Gortler *et al.*, 96), consentono di generare nuove viste attraverso l'interpolazione e la sintesi del campo luminoso semplificando la funzione plenottica<sup>51</sup> da 5D ad una a 4D. Essi richiedono un alto numero di fotogrammi (Zhouchen & Heung Yeung, 2002) e la tecnica consente di produrre immagini in un modo uniforme nel campione e ottenere, tramite la tecnica di pre-filtraggio di *rendering*, un effetto simile alla realtà. La lumigraph può ricostruire la scena tramite un set di immagini prese da arbitrari punti di vista.

I *Rendering with implicit geometry* richiedono una serie di compensazioni dei campioni per la generazione di altri punti di vista. Essi sono basati sui principi della prospettiva geometrica e creano le immagini di una scena a partire da due punti di vista. Tuttavia le viste non sono necessariamente corrette dal punto di vista geometrico e questa tecnica non può essere utilizzata per la navigazione in un ambiente 2D e 3D (Jiangjian & Mubarak, 2004). Si basa sulle seguenti tecniche (Vishal & Ekta, 2010):

- la *view interpolation* consente, tramite due immagini, di ricostruire arbitrariamente i punti di vista e quindi di ottenere viste intermedie tra quelle date. La corrispondenza tra le due immagini, che devono essere necessariamente vicine, viene effettuata tramite tecniche di computer vision (Chen & Williams, 1993; Shum *et al.*, 2000);
- la *view morphing* è una tecnica capace di effettuare la ricostruzione di punti di vista giacenti lungo la linea che congiunge i centri ottici di due immagini di riferimento. Le viste intermedie sono generate dalla combinazione lineare di due viste, dall'interpolazione delle posizioni e dei colori al fine di ottenere un'immagine deformata secondo il punto di vista richiesto (Shum *et al.*, 2000).

*Rendering with explicit geometry*, indipendenti da una tipica geometria, richiedono numerosissime immagini per il *rendering*:

- la tecnica del *3D Warping* consente di dare la profondità ad ogni pixel dell'immagine e può essere usata per restituire altri punti di vista proiettando i pixels dell'immagine originale nella loro collocazione tridimensionale. Un problema ricorrente è determinato dalla presenza di fori nell'immagine, dovuti alla differenza di campionamento della risoluzione tra l'immagine di partenza e quella finale (Shum *et al.*, 2000);
- la *Relief texture* è una tecnica che si basa su fotogrammi con ortogonali dislocamenti dei texel<sup>52</sup>. Quando l'osservatore è lontano la superficie può essere resa con una *texture* irregolare e quando esso si avvicina la *texture* che appare più definita viene mappata su un poligono o su molteplici poligoni (Oliveira *et al.*, 2000);
- le *Layered Depth Images* risolvono il problema dei buchi sulle immagini associando a ciascun *pixel* molte profondità, tutte quelle di ciascuna superficie incontrata da un raggio (ideale) uscente dal *pixel*. Le profondità sono discretizzate, dando origine così ad una struttura a strati (layer). Questo tecnica però richiede un maggiore lavoro computazionale.

Le tecniche dell'*image based rendering* consentono un'esplorazione completa dello spazio circostante e sono molto espressive e pratiche nella realizzazione di una documentazione completa dello stato di un sito. Non è a priori una modalità di conoscenza metrica della realtà ma le realizzazioni si possono effettuare in tempi molto rapidi e sono di semplice fruizione. Le potenzialità di questa tecnica si possono ampliare effettuando la connessione tra mondi visuali e i modelli ricostruiti tridimensionalmente che invece sono rigorosi metricamente. Infatti sistemi di

---

<sup>51</sup> La funzione plenottica è la funzione 5D che rappresenta l'intensità della luce osservata da varie posizioni e diretta nello spazio tridimensionale.

<sup>52</sup> Texture element

realtà visuale e sistemi di realtà virtuale possono essere interfacciati a database per la realizzazione di sistemi informativi dei beni culturali (Bitelli, 2002).

### 3.3 IL RENDERING

Il processo di *rendering* consente di ottenere l'effetto realistico di una scena o di un oggetto tridimensionale modellati manualmente e/o importati dopo l'acquisizione tramite *laser scanner* 3D o in seguito alla tecnica di *image based modeling*. Il *rendering* può essere effettuato con gli stessi *software* utilizzati per la modellazione (Autocad, 3DS Max, Maya, Artlantis Studio, Cinema 3D, Rhinoceros ecc.) o con *software* specifici (Instantrender, ecc.)

Il processo di *rendering* verrà effettuato dai *software* attraverso l'uso di motori di *rendering* (Mental Ray, VRay, ecc.) che sfruttano alcuni dei seguenti algoritmi:

- *scanline*: ogni *pixel* dell'oggetto è visualizzato in relazione al punto di osservazione e alle fonti luminose della scena. Non vengono tenuti in considerazione i fenomeni di riflessione, le rifrazioni e le ombre;
- *ray-tracing*: ogni *pixel* dell'oggetto viene visualizzato sulla base di tutta la luce (compresa quella riflessa, rifratta e le ombre);
- *radiosity*: ogni *pixel* dell'oggetto viene visualizzato sulla base delle interazioni tra oggetti, luci e schermo. E' la modalità più accurata ma i tempi elevatissimi di calcolo limitano il suo utilizzo solo a grandi sistemi e per particolari necessità.

Il modellatore deve valutare in anticipo il risultato che intende ottenere e la disponibilità di attesa. Basse capacità di calcolo e risposta immediata si ottengono impiegando l'algoritmo *Scanline*; medie capacità di calcolo e risposta entro qualche decina di minuti si hanno attraverso il *Ray-tracing* e/o la *Radiosity* e alte-altissime capacità di calcolo e risposta senza limiti di tempo si presentano nel caso della visualizzazione in Unbiased (Maxell render, algoritmo di ultimissima generazione).

Il *rendering* di un modello grafico consente l'applicazione delle *texture* (Oliveira *et al.*, 2000), il posizionamento dell'illuminazione, la creazione dello sfondo e della nebbia, l'inserimento di oggetti del paesaggio quali vegetazione, macchine, persone, arredi, ecc.

Le *texture* sono delle immagini raster, provenienti dalla libreria dei materiali dei *software* atti alla modellazione, scaricabili da Internet o acquisite direttamente dagli oggetti reali con una qualsiasi macchina fotografica o uno scanner 3D. Tuttavia la risoluzione dello scanner, a volte, non consente una buona qualità delle *texture* da impiegare per le realizzazioni di modelli fotorealistici così spesso si richiede l'uso di macchine fotografiche idonee ad alta definizione per i dettagli e per le decorazioni.

I programmi CAD mettono a disposizione una serie di *texture* che male si adattano ai componenti edilizi dei manufatti tradizionali, in questo caso è auspicabile ottenerle dai materiali tradizionali tramite foto modificabili successivamente con l'ausilio di programmi di fotoritocco. Tuttavia sono impegnative le procedure di bilanciamento del colore per ottenere *bitmap*<sup>53</sup> senza riflessioni e irregolarità.

Nel modello tridimensionale, è necessario creare layer differenti per facilitare la procedura di *texture mapping* (Stambouloglou & Shan, 2002). L'assegnazione delle *texture* avviene attraverso operazioni di proiezione planare (quando la *texture*, disposta su un piano, viene proiettata linearmente nello spazio), scatolare (quando si proietta una *texture* con le stesse coordinate su tutte le facce di un cubo), cilindrica (la *texture* viene arrotolata attorno ad un asse prima di essere mappata su un oggetto), sferica (nel caso in cui la *texture* viene proiettata su un oggetto come se fosse avvolta da una sfera). Le *texture* bidimensionali andranno poi mappate sugli oggetti tridimensionali. È possibile effettuare la scalatura della mappa (*timing*), la rotazione della mappa nello spazio 3d (*comando offset*), settare i parametri di ripetizione nel materiale (*tile*) e ottenere

---

<sup>53</sup> Con Bitmap si intende una immagine digitale con formato .bmp o comunemente tutte le immagini raster di qualsiasi formato.

un effetto di sfuocatura (*Blur offset*). Occorre inoltre specificare le coordinate di mappatura UV, VW e WU<sup>54</sup> in funzione della superficie da mappare. La mappa può essere proiettata come se provenisse dall'ambiente circostante, da un ambiente sferico, cilindrico o accartocciato intorno all'oggetto.

Si possono settare: la gradazione di colore, la lucentezza, l'opacità/trasparenza del materiale, il valore di riflettanza<sup>55</sup> e di trasmittanza<sup>56</sup> e le differenti *shaders*<sup>57</sup>, il colore del materiale o la *bitmap* nelle zone d'ombra<sup>58</sup>, il colore del materiale o la *bitmap* nelle zone sottoposte a illuminazione diretta, il colore o la *bitmap* nelle zone di massima illuminazione e il colore della luce che passa attraverso un oggetto trasparente, caratteristica strettamente collegata all'opacità del materiale.

Con i parametri di funzione *noise* si può inoltre configurare l'irregolarità nella mappa (quantità di rumore, dimensione del rumore, ecc.). Alcuni programmi di *rendering* consentono di modificare la *bitmap*, di ritagliarla (*cropping/placamento*), di realizzare il suo negativo (*invert*) e variare i parametri di colore (*clamp, alpha from RGB intensity, enable color map, output amount, RGB offset, RGB level*).

Inoltre, nella procedura di *texture mapping*, si può alterare la geometria dell'oggetto attraverso le funzioni di *bump/normal mapping* e di *displacement mapping*, emulare gli effetti ambientali nel caso della *shadow maps* e dell'*environment mapping* e semplificare le geometrie complesse con le *Billboard*. È possibile ottenere effetti complessi con l'uso di più *texture* o combinando una immagine *bitmap* con la stessa o un'altra in canale alfa<sup>59</sup>.

La *bump mapping* crea una variazione ottica, una deformazione apparente e non fisica dell'oggetto che resterà stereometricamente definito. La funzione della *displacement mapping* invece permette di modificare la geometria dell'oggetto e ciò sarà effettuato in fase di *rendering* lasciando immutata la geometria della scena. Rispetto alla *bump mapping*, la silhouette del modello mostra le corrette deformazioni generando un maggiore fotorealismo con un minore sforzo computazionale.

Inoltre, effetti come la nebbia, il fumo, le nuvole, la vegetazione possono essere rappresentati tramite la tecnica del *Billboard*, grazie alla quale è possibile renderizzare un'immagine su un quadrilatero che si orienterà sempre secondo il punto di vista. L'immagine possiederà un canale alfa di trasparenza (sarà accoppiata alla stessa immagine in canale alfa) per essere geometricamente inserita nella scena. In tale maniera è possibile inserire centinaia di elementi senza appesantire la scena e sovraccaricare il motore di *rendering* grafico.

Per la creazione dell'ambiente circostante solitamente si crea un cubo o una sfera e si utilizza una serie di *texture* da mappare sulle superfici interne dell'oggetto per la rappresentazioni di oggetti distanti della scena come il cielo, le nuvole, le montagne, ecc. (*tecnica dello skybox*). Oppure per simulare l'effetto del cielo si può, attraverso il comando sfondo presente in tutti i *software* di *rendering*, inserire una *bitmap* che però rimane statica se osservata da vari punti di vista.

È possibile, in alcuni programmi CAD, effettuare l'illuminazione del modello tridimensionale attraverso due tipi di luci: standard e fotometriche (luci che producono un effetto più dettagliato, impiegano dei parametri che ne migliorano la qualità e creano particolari distribuzioni di colori). È possibile applicare luci che, con punti di destinazione (*target*) o non (*free*), possiedono una distribuzione radiale dei raggi (*spot*) o parallela (*direct*) e luci che consentono di proiettare i raggi in tutte le direzioni (*omni*). Il comando *skylight* o proprietà del sole consente di simulare la luce diffusa proveniente dal cielo come se la scena fosse dotata di un'emisfera molto

---

<sup>54</sup> Le misure U e V vanno intese non come valori fissi ma come percentuali di distanza, quindi il range dei valori sarà compreso tra 0 ed 1.

<sup>55</sup> Percentuale di energia della luce incidente che viene riflessa da un materiale.

<sup>56</sup> Quantità di energia luminosa trasmessa attraverso un materiale.

<sup>57</sup> Modalità con cui la luce si distribuisce sulla superficie.

<sup>58</sup> Colore del materiale nelle zone illuminate dalla luce diffusa proveniente dall'ambiente circostante.

<sup>59</sup> Parametro che si occupa di fornire informazioni sulla trasparenza dell'immagine.

grande dalla cui superficie vengono proiettati dei raggi diretti verso il modello. Questa opzione illumina la scena in base alla sua localizzazione ipotetica sulla Terra, all'ora del giorno e al fuso orario.

Le ombre generate sul modello possono essere nette (*ray traced shadow* e *advanced ray traced shadow*), morbide, più o meno dettagliate nei contorni e più o meno distanti dall'oggetto. È possibile generare ombre che si sparpagliano su un'area (*area shadow*) attraverso la proiezione di una luce come se venisse da un disco, da un cubo, da una sfera. Può essere assegnato il colore, la densità (lineare o esponenziale in funzione della distanza dalla sorgente luminosa) e una *bitmap*. Inoltre, alcuni *software* di *rendering* avanzata consentono di escludere o includere uno o un'altro oggetto dagli effetti dell'illuminazione.

Gli oggetti, ricostruiti tridimensionalmente, devono possedere *texture* che diano la percezione del reale (Jeginovic, 2001) e non semplici *texture* di colore, al fine di aumentare l'efficienza della vista navigabile e la fedeltà della rappresentazione.

Nel caso di ricostruzioni di porzioni di città, i palazzi possono essere sintetizzati a geometrie primitive (realizzate con la modellazione manuale) quali parallelepipedo, cubo, sfera, cilindro. Successivamente sarà effettuata il *texture mapping* con aereofotogrammetrie, nel caso delle coperture e con la tecnica raddrizzamento monoscopico nel caso delle facciate (Stambouloglou & Shan, 2002, Döllner *et al.*, 2006; Jeginovic, 2001). Questo metodo rende molto bene gli edifici che hanno coperture piane e assenza di oggetti e nella creazione del modello dell'edificio vengono rispettati i numeri di piani e le altezze complessive. Le fotografie adoperate per le facciate possono essere scattate da macchine fotografiche, digitali o a pellicola, e successivamente scansionate. Ma sarà, il più delle volte, necessario un raddrizzamento fotografico per eliminare le eventuali distorsioni. È richiesta un'alta risoluzione per le *texture* dei tetti e una minore per i prospetti e comunque conforme al tipo di navigazione. Si presenta assai difficile catturare l'intera facciata di un edificio con una sola fotografia, anche a causa delle presenza di occlusioni varie come alberi, tetti di altri edifici, ecc. In un progetto che prevede la ricostruzione tridimensionale di ogni edificio è praticamente impossibile avere le *texture* di tutte facciate, tuttavia il problema si può agire con l'uso di *texture* di prospetti simili o con generiche *bitmap* presenti nelle *librerie dei materiali* dei *software* per le operazioni di *texture mapping*.

### 3.4 RILIEVO DEL COLORE

Il rilievo del colore<sup>60</sup> in edilizia sta raggiungendo, negli ultimi decenni, livelli di considerazione adeguati alla sua importanza, analitica e interpretativa, sulla spinta di istanze provenienti da pratiche sempre più attente di conservazione e di restauro che mirano a un accurato rilievo della tinte ai fini di riprodurre l'originale colore delle facciate dei centri storici<sup>61</sup>. (Santopuoli, 2000) Un intonaco tradizionale, nelle pratiche di recupero edilizio, può essere riprodotto con lo stesso colore e anche con gli stessi materiali e tecniche con cui esso è stato realizzato e applicato sul paramento con l'aggiunta di alcuni accorgimenti che ne migliorano le qualità e la resistenza. Inoltre, la riproduzione dell'esatta cromia degli intonaci può risultare indispensabile nel caso di ricostruzioni tridimensionali foto-realistiche, per le valutazioni sull'impatto ambientale degli edifici (García *et al.*, 2003), il monitoraggio dei degradi e l'analisi del ciclo di vita di un materiale innovativo (Felicetti, 2008; Passuelo & De Silva Pinto, 2004,).

L'effetto cromatico delle superfici esterne di un edificio dipende nel caso in cui si esaminano superfici vecchie e degradate o comunque alterate nei materiali da (Feiffer, 2000; Muratore, 2010): variazioni cromatiche delle singole campiture colorate che sono provocate da macchie, aree sbiadite, viraggi e alterazioni di varia natura; composizione e grado di ruvidezza che genera differenti riflessi della luce facendo assumere al colore apparenze ed effetti diversificati; presen-

---

<sup>60</sup> Il colore è una caratteristica della percezione visiva (psicosensoriale) che permette all'osservatore di distinguere differenze tra due zone del campo visivo facendo astrazione da ogni differenza derivante da variazioni di forma, dimensione, struttura superficiale o posizione nello spazio (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>61</sup> Sono ormai numerosi i Piani del colore dei centri storici che mirano alla catalogazione delle cromie originali delle facciate degli edifici per una adeguata riproduzione nei lavori di recupero delle facciate.

za di colori circostanti che altera il valore della cromia in esame; condizioni di illuminazione che possono cambiare in funzione delle ore del giorno, con la luce naturale e con la luce artificiale, con il cielo sereno o coperto da nubi, con il riflesso delle superfici bagnate dalle piogge o con la presenza di umidità; caratteristiche tecniche del sistema di acquisizione e dei dispositivi utilizzati (fotocamere digitali, monitor, stampanti o plotter, ecc.). Queste variabili inducono a ritenere che il contenuto cromatico di una superficie non può essere definito in maniera univoca e non si può parlare di un *preciso e assoluto* valore cromatico.

La percezione del colore si può effettuare sommariamente con i metodi visivi e/o con quelli strumentali. Ovviamente i metodi visivi si basano sulla intuizione cromatica dell'occhio umano che effettua una comparazione tra un campione di riferimento e il colore da rilevare. Invece, per metodi di valutazione strumentale del colore si intendono quei sistemi, quali colorimetri e spettrofotometri, che consentono una lettura del colore attraverso l'individuazione della composizione spettrale o delle coordinate cromatiche e rilevano il dato in maniera assai rapida attraverso indagini non distruttive.

Le principali tecniche impiegate per l'acquisizione del colore sono quindi:

- la tecnica della trascrizione campione (Figura 21) che comporta la riproduzione della tinta<sup>62</sup> in esame su un supporto adeguato, il cui risultato dipende molto dalla capacità pittorica e percettiva dell'operatore;

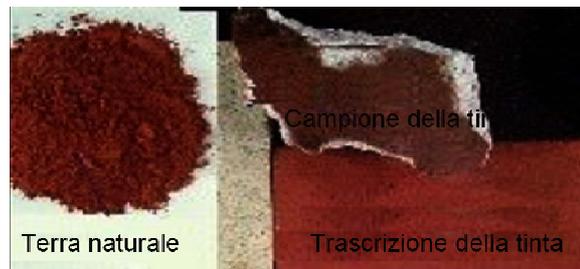


Figura 21 - Trascrizione della tinta

- il metodo del confronto visivo che si avvale della comparazione tra il colore in esame e una serie di campioni standard, gli atlanti del colore, come il Munsell Book of Color (Figura 22) che contiene, in due volumi, 1488 campioni di colore, la mazzetta del colore ACC prodotta dalla ditta Sikken A-zko-Nobel o il catalogo NCS della Natural Color System;



Figura 22 - Munsell Book. Fonte: [www.munsellstore.com](http://www.munsellstore.com)

- il rilievo fotografico tradizionale e digitale che si avvale per il controllo della temperatura del colore<sup>63</sup> di campioni di riflettanza e di riferimenti cromatici come la *banda control color Kodak* (Figura 23);

---

<sup>62</sup> Attributo della percezione del colore per mezzo del quale un oggetto è giudicato rosso, arancio, ecc. (Uni 8813/86).

- il rilievo strumentale che, basato sull'elaborazione della misura di riflettanza diffusa dalla superficie del campione, può essere effettuato con colorimetri tristimolo (in questo caso si ottengono le coordinate cromatiche della tinta), con spettrofotometri (che forniscono in aggiunta alle coordinate cromatiche della tinta anche la curva di riflettanza diffusa in funzione della lunghezza d'onda) e con telefotometri (che rispetto agli spettrofotometri hanno il vantaggio di poter operare anche a distanze rilevanti dal campione).

Il rilievo del colore è stato regolato, negli anni '80, dalla norma Uni 8813/86 che prevedeva la codifica delle tinte degli intonaci e dei serramenti delle facciate col sistema Munsell attraverso un catalogo ricco di qualche migliaio di campioni di tinte, ampliabili all'infinito grazie a opportune interpolazioni. Nel periodo di redazione della UNI precedentemente citata, il sistema Munsell era il più diffuso su scala mondiale e nonostante l'elevato costo dei cataloghi costituiva un metodo di specificazione del colore basato su un principio di ordinamento visivo che risultava l'unico utilizzabile in campo urbano ove le dimensioni del contesto e quindi l'elevato numero delle facciate non consentiva campagne di analisi strumentale più nel dettaglio.

Il codice del colore Munsell consiste in un sistema di lettere e numeri tramite i quali il colore di ogni oggetto, opaco o lucido, può essere designato secondo gli attributi di tinta, chiarezza, saturazione (Uni 8813/86). Un colore sarà specificato, quindi, indicando nell'ordine tinta-chiarezza-saturazione. Facendo un esempio: un colore definito nel sistema Munsell come 5R/4/10 è costituito da 5R di tinta, 4 di chiarezza, 10 di saturazione. Un grigio sarà specificato facendo seguire ad N il valore della chiarezza. Per esempio in un colore identificato con N 8, la lettera N indica la mancanza di tinta e quindi caratterizza il colore grigio e 8 individua la chiarezza.

Il sistema Munsell presenta il vantaggio di potere effettuare la trasformazione del colore con il sistema di denominazione standard ISCC-NBS che attribuisce a ogni colore un codice oggettivo e un nome standard riducendo l'universo cromatico a sole 267 aree omogenee di colore.

Nel corso degli anni, si è diffuso il sistema di codificazione scientifica dei colori, di origine svedese, NCS (Natural Color System). Dal catalogo Munsell è possibile effettuare la conversione in NCS che, a sua volta, è convertibile nel sistema CYMK, adottato per la notazione dei colori nei computer.

È auspicabile effettuare il rilievo del colore con il metodo del confronto visivo in stagioni come la primavera e l'autunno quando l'irraggiamento solare è più omogeneo e scegliere i giorni di cielo coperto in quanto l'assenza di irraggiamento produce una luminosità diffusa con evidenti vantaggi per l'oggettività e l'omogeneità della campionatura. Nel caso in cui si decidesse di operare in condizioni di cielo sereno è preferibile effettuare il rilievo del colore nelle prime ore del mattino quando il sole non è ancora alto ed è assolutamente sconsigliabile operare nelle ore del crepuscolo poiché la percezione del colore viene alterata dal tramonto del sole (Tazioli, 2007).

Il controllo della riflettanza può invece essere gestito attraverso l'utilizzo in fase di acquisizione di opportuni campioni di riferimento cromatico. Nella ricostruzione tridimensionale dell'Osservatorio Astronomico del Tuscolo per il mantenimento della necessaria coerenza cromatica in tutte le fasi del color management si è operato associando a ogni presa fotografica la banda *Kodak® Color Control Patches* e/o la *Kodak® Gray Scale* per il controllo della temperatura colore<sup>64</sup>. Si è provveduto durante la fase di elaborazione al bilanciamento, via *software*, del bianco sulla scala di grigi, della luminosità, del contrasto e della sfumatura.

---

<sup>63</sup> La temperatura del corpo nero che emette energia radiante avente la stessa cromaticità dell'energia radiante considerata (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>64</sup> Il procedimento consente di determinare le dominanti presenti nell'immagine.

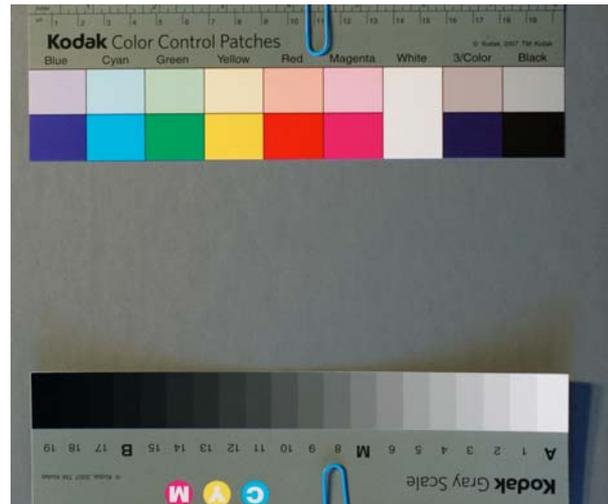


Figura 23 - Kodak control patches e Kodak Gray Scale. Fonte: [www.gulter.com](http://www.gulter.com).

Oppure si può, al fine di evitare il bilanciamento via *software*, in fase di ripresa, conoscendo a priori la temperatura del colore e modificando le caratteristiche della luce anteporre un filtro di conversione davanti all'obiettivo.

Al giorno d'oggi con le macchine digitali si può facilmente effettuare un buon controllo visivo della qualità della luce di ripresa. In più l'immagine è già acquisita in formato digitale e non è quindi soggetta a possibili alterazioni cromatiche dovute a ulteriori passaggi per la digitalizzazione, come avviene invece con l'uso della macchina fotografica tradizionale.

Tuttavia, per un'accurata indagine sui paramenti esterni di un edificio non si può mai prescindere da un'attenta osservazione visiva (Faiffer, 2000). È consigliabile prima di effettuare la presa fotografica o la comparazione delle cromie, lavare e asciugare il paramento. La registrazione dei colori deve essere effettuata con camere fotografiche e tecniche di ripresa che consentono un accurato controllo dei valori cromatici (uso di bande control color patches). Le prese fotografiche devono essere eseguite in condizioni di luce differenti (cielo sereno e coperto, paramento illuminato e in ombra, giorni piovosi, ecc.) e a differenti scale di dettaglio. Le informazioni fotografiche possono essere bilanciate secondo i valori RGB o CYMK e comparate tra di loro.

Oggi l'utilizzo di colorimetri, spettrofotometri di tipo portatile o, più "semplicemente", di una comune fotocamera digitale consente di realizzare, in tempi brevi e con ottimi risultati, campagne di rilievo oggettive ed estese anche a complesse scene urbane.

Il colore di un oggetto è determinato dalla spettro di assorbimento o riflessione<sup>65</sup> del corpo stesso e dalle caratteristiche dello spettro di emissione della sorgente che lo illumina. Può essere definito dalle componenti tricromatiche X,Y,Z; dalle coordinate tricromatiche x,y,z o dalle terne: tinta<sup>66</sup>, saturazione<sup>67</sup> e chiarezza<sup>68</sup> e delle terne lunghezza d'onda dominante<sup>69</sup>, purezza di

<sup>65</sup> La riflessione è il rinvio da parte di una superficie di una radiazione senza variazione della lunghezza d'onda (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>66</sup> La tinta o tono del colore è un attributo della percezione di colore che corrisponde approssimativamente alla lunghezza d'onda dominante. Per le piccole differenze di tinta si utilizza il termine sfumatura (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>67</sup> La saturazione è un attributo della percezione di colore che consente di valutare la proporzione della percezione cromaticamente pura presente in quella totale. Si attribuisce saturazione nulla alla percezione provocata dai colori acromatici (scala di grigi) e saturazione massima a quella provocata dai colori spettrali (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>68</sup> La chiarezza è un attributo alla percezione visiva secondo la quale un corpo trasmette o riflette per diffusione una frazione della luce incidente (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>69</sup> Si definisce lunghezza d'onda dominante di uno stimolo monocromatico quella lunghezza d'onda che mescolata a uno stimolo acromatico permette di riprodurre lo stimolo monocromatico (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

eccitazione<sup>70</sup>, componente tricromatica Y. Le differenze di colore possono essere provocate da variazioni della composizione spettrale o dall'intensità della luce circostante<sup>71</sup>.

Secondo il sistema colorimetrico CIE<sup>72</sup> 1931 o comunemente CIEXYZ (Figura 24 e Figura 25) sono definite (Uni 8941-1/87):

la componente tricromatica

$$Y = k \sum_{\lambda=i}^{\lambda=s} \varphi_{\lambda} \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda$$

e le coordinate tricromatiche

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \text{ con } x+y+z=1$$

ottenute dalle componenti tricromatiche

$$X = k \sum_{\lambda=i}^{\lambda=s} \varphi_{\lambda} \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda ; Y, Z = k \sum_{\lambda=i}^{\lambda=s} \varphi_{\lambda} \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda$$

dove:  $\varphi_{\lambda}$  indica la composizione spettrale dello stimolo luminoso, cioè il prodotto della distribuzione spettrale relativa di energia  $S_{\lambda}$  dell'illuminante normalizzato,  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  sono le funzioni colorimetriche spettrali CIE 1931 (sono valori tabellari presenti anche nella Uni 8941-1/87) in un campo di osservazione di ampiezza angolare di 2° applicabili per campi di ampiezza maggiore compresa tra 1° e 4°; i limiti di sommatoria i e s indicano le lunghezze d'onda limiti, rispettivamente lunghezza d'onda inferiore e superiore, dello spettro visibile;  $\Delta\lambda$  è l'ampiezza dell'incremento delle lunghezze d'onda; k è un fattore di normalizzazione calcolato impiegando la formula seguente:

$$k_{10} = \frac{100}{\sum_{\lambda} S_{\lambda} \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda}$$

Gli illuminanti normalizzati che entrano in gioco per la precedente formula nel fattore  $S_{\lambda}$  possono essere (Uni 8941-1/87):

- l'illuminante C (norma Uni 7948) che rappresenta la distribuzione spettrale della luce del giorno con una temperatura di colore di 6774 K ed è utilizzato per la misura del colore in campioni illuminati dalla luce del giorno nella gamma delle lunghezze d'onda visibili e UV escluse;
- l'illuminante D65 che rappresenta la distribuzione spettrale della luce del giorno con una temperatura di colore di 6500 K e si preferisce a quello C perché la sua distribuzione spettrale relativa si può approssimare alla luce diurna naturale, radiazioni UV incluse;
- l'illuminante A rappresenta l'emissione del corpo nero a 2856 K simulata da una lampada a filamento di tungsteno ed è utilizzato per la misurazione di campioni che sono generalmente illuminati da lampade a incandescenza.

Nella Figura 26 sono elencati alcuni tipi di illuminanti con le rispettive temperature di colore.

<sup>70</sup> Grandezza definita dalle coordinate tricromatiche dello stimolo di colore considerato e dello stimolo monocromatico avente la stessa lunghezza d'onda dominante dello stimolo di colore considerato

<sup>71</sup> Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni. (Uni 7948/87 Colorimetria. Termini e definizioni).

<sup>72</sup> Commission Internationale de l'Eclairage.

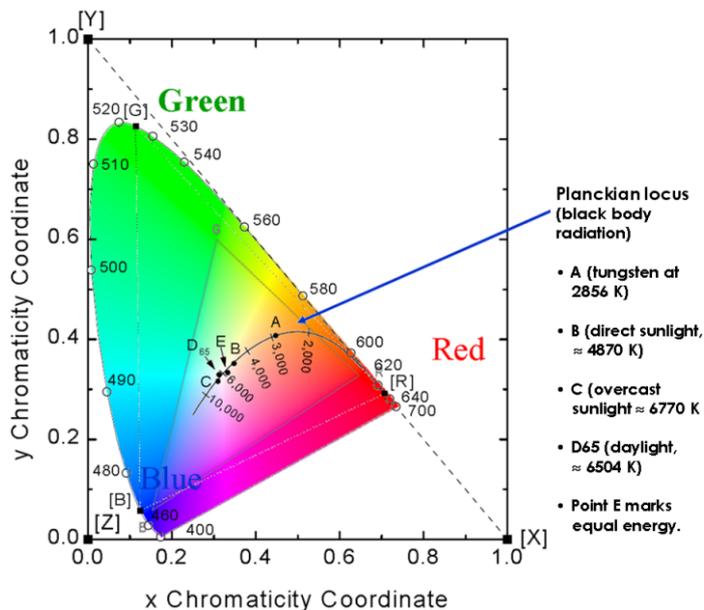


Figura 24 - Rappresentazione cromatica a due dimensioni di tutti i colori visibili all'occhio umano in un sistema di coordinate xy. Fonte: <http://www.pfk.ff.vu.it>.

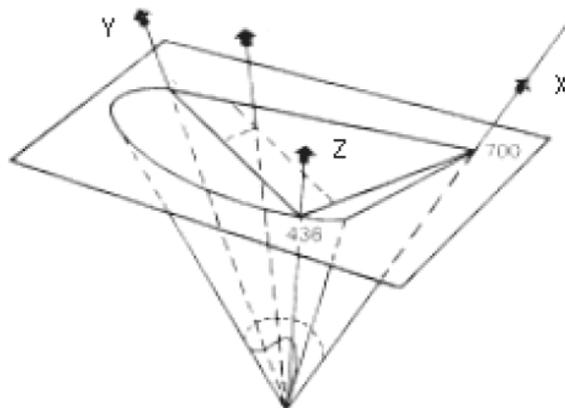


Figura 25 - Rappresentazione tridimensionale del sistema CIE 1931. Fonte: Riva.

Il sistema CIE 1931 definisce il colore a partire dall'osservatore standard sulla base di esperimenti in cui alcuni osservatori composero luci di lunghezza d'onda monocromatica miscelando i tre colori primari.

Nel sistema colorimetrico CIE 1964 si hanno (Uni 8941-1/87):  
la componente tricromatica

$$Y_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \bar{\varphi}_{\lambda} \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$

e le coordinate tricromatiche

$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}, y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}, \text{ con } x_{10} + y_{10} + z_{10} = 1$$

ottenute dalle funzioni colorimetriche

$$X_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \bar{\varphi}_{\lambda} \bar{x}_{10}(\lambda) \Delta\lambda ; Y_{10} e Z_{10} = k_{10} \sum_{\lambda} \bar{\varphi}_{\lambda} \bar{z}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$

dove  $\varphi_\lambda$  indica la composizione spettrale dello stimolo luminoso,  $\bar{x}_{10}(\lambda)$ ,  $\bar{y}_{10}(\lambda)$ ,  $\bar{z}_{10}(\lambda)$  sono le funzioni colorimetriche spettrali CIE 1964 (sono valori tabellari presenti anche nella Uni 8941-1/87) impiegate per definire l'osservatore colorimetrico CIE1964, per un campo di osservazione di ampiezza angolare superiore di  $10^\circ$ , applicabili per campi di ampiezza maggiore di  $4^\circ$ ;  $\Delta\lambda$  è l'ampiezza dell'incremento delle lunghezze d'onda e  $k_{10}$  è un fattore di normalizzazione calcolato con la formula seguente:

$$k_{10} = \frac{100}{\sum_{\lambda} S_{\lambda} \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta\lambda}$$

che assume il valore pari a 100 per un diffusore perfettamente riflettente.

Illuminante	Definizione	Calore
F	Lampada a filamento (incandescenza). Normale lampada domestica in uso in Europa.	2300 - 2800 K
A	Illuminante A (incandescenza). Simula l'illuminazione rilevata in uffici e negozi, nonché quella di una comune abitazione, secondo il sistema statutense.	2856 K
TL84	Luce bianca da magazzino (fluorescenza). E' utilizzata dai dettaglianti europei, in contrapposizione con l'Ultralume 30 in uso negli Stati Uniti.	4000 K
D50	Luce calda tendente al giallo, standard americano per i lavori grafici Industria della stampa	5000 K
D55	Luce del sole più luce del cielo Industria fotografica	5500 K
D65	Luce diurna artificiale 65 (fluorescenza). E' la base per la valutazione cromatica, sia a livello di colorimetria strumentale che visiva, è proposta negli standard europei ed internazionali di misura del colore	6500 K
D75	Luce diurna artificiale 75 (fluorescenza). Base per la valutazione cromatica secondo gli standard statunitensi.	7500 K
UV	Luce ultravioletta	

Figura 26 - Illuminanti. Fonte: Riva.

Le funzioni colorimetriche nel sistema CIE 1931 e CIE 1964 non sono reciprocamente convertibili in quanto i sistemi presentano basi fisiologiche differenti.

Per valutare le differenze di colore nei sistemi prima definiti è consigliabile usare le coordinate tricromatiche nello spazio colorimetrico CIELab<sup>73</sup> 1976 (Figura 27 e Figura 28) secondo la luminosità ( $L$ ) e il colore  $a^*$  (che va dal rosso al verde) e  $b^*$  (che va dal giallo al blu), attraverso le seguenti formule:

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \text{ per } (Y/Y_n) > 0,008856$$

<sup>73</sup> Tale sistema nasce appositamente per esprimere correttamente le differenze di colore.

$$L^* = 903,3(Y/Y_n) \text{ per } (Y/Y_n) \leq 0,008856$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

dove  $f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3}$  per  $X/X_n > 0,008856$

$$f(X/X_n) = 7,787(X/X_n) + 16/116 \text{ per } X/X_n \leq 0,008856$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \text{ per } Y/Y_n > 0,008856$$

$$f(Y/Y_n) = 7,787(Y/Y_n) + 16/116 \text{ per } Y/Y_n \leq 0,008856$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \text{ per } Z/Z_n > 0,008856$$

$$f(Z/Z_n) = 7,787(Z/Z_n) + 16/116 \text{ per } Z/Z_n \leq 0,008856$$

X,Y,Z sono le componenti tricromatiche della superficie colorata e  $X_n, Y_n, Z_n$  sono le componenti tricromatiche per il diffusore perfettamente riflettente (bianco di riferimento) che hanno valori tabellari definiti in base al tipo di sistema colorimetrico e al tipo di illuminante.

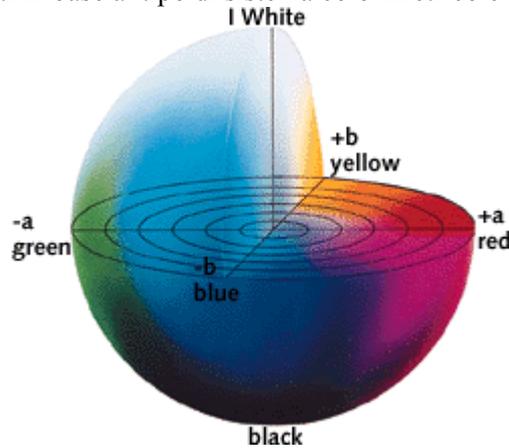


Figura 27 - Sistema CIELab. Fonte: <http://www.sapdesignguild.org>

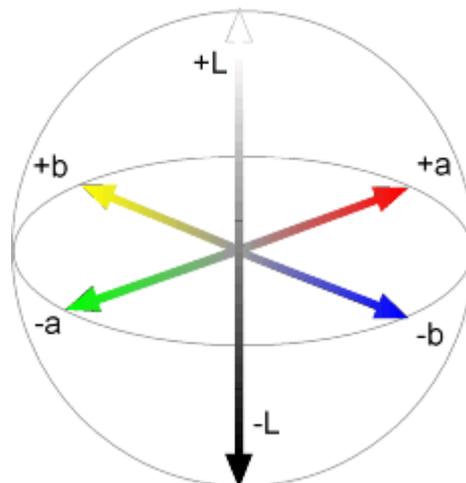


Figura 28 - Sistema CIELab. Fonte: <http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk>

Nel sistema CIELab, i colori dovrebbero essere visti su uno sfondo da bianco a grigio medio da un osservatore adattato a un illuminante non troppo differente dalla luce del giorno. I valori di luminosità variano lungo l'asse z (facendo variare la L e mantenendo a e b pari a 0, otterremo una scala di grigi).

Nel sistema Lab, la tinta è rappresentata dal rapporto a/b, mentre la saturazione è ottenuta dalla seguente formula:

$$S = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

Nella misure del colore della superficie è indispensabile calcolare, secondo i casi, il fattore spettrale di radianza, quello di riflessione e quello di riflessione diffusa.

Le misure colorimetriche si possono ottenere con uno spettrofotometro che determina le caratteristiche spettrali della luce proveniente dall'oggetto osservato e calcola successivamente i valori del tristimolo sulla base delle equazioni stabilite dell'Osservatore Standard CIE. Gli spettrofotometri sono composti da una sorgente luminosa, da un monocromatore e da un fotorilevatore e sono capaci di misurare il flusso radiante in funzione della lunghezza d'onda dello spettro ed eseguire misure di riflettenza e di trasmittanza. Il funzionamento dello spettrofotometro è schematizzabile negli step seguenti:

- la luce prodotta da una lampada (allo xenon o al tungsteno, ecc.) viene diffusa all'interno di una sfera che ne consente la diffusione uniforme sul campione;
- la luce, riflessa dalla superficie del campione ad un angolo di 8° rispetto alla normale, esce dalla sfera attraverso la porta d'osservazione e viene raccolta da un sistema di lenti ed entra nel sensore spettrale principale;
- la luce che entra in ciascun sensore viene divisa in lunghezze d'onda (da 360 nm a 740 nm con un intervallo medio di scansione di 10-20 nm) da un reticolo di diffrazione olografico e colpisce i corrispondenti segmenti dell'array di fotodiodi. Questi segmenti convertono la luce ricevuta in una corrente proporzionale all'intensità della luce che viene poi trasmessa ai circuiti di controllo analogici che ne danno le coordinate cromatiche e la curva di riflettenza.

Il colorimetro (operazione normata dalla Normal 43/93), invece, è dotato di tre filtri tristimolo che sono scelti in funzione al loro fattore di trasmissione spettrale, alle funzioni colorimetriche dell'osservatore normalizzato scelto, alla distribuzione energetica spettrale relativa dell'illuminante normalizzato scelto, alla sorgente di luce dello strumento e alla sensibilità dei ricettori. I sensori rivelano la radiazione e trasmettono le informazioni a un microcomputer che le elabora, calcolando le coordinate cromatiche nello spazio prescelto. L'invecchiamento dei filtri può indurre errori nelle misure e la ripetibilità dei colorimetri tristimolo deve essere migliore del maggiore tra i seguenti due valori: 0.5% della lettura o 0.002. L'accuratezza può essere peggiore dell'1% a dipendere dalla forma della curva spettrale del campione (Uni 8941-2/87).

Con l'uso di un colorimetro (Uni 7823/78) possiamo determinare le componenti tricromatiche e le coordinate tricromatiche, da queste la saturazione, la chiarezza e la tinta e ottenere le differenze di colore  $\Delta E$ .

È importante effettuare prima della misura la taratura dei filtri secondo le istruzioni del costruttore dello strumento e, al fine di acquisire il dato, effettuare più volte la misura su un punto.

La differenza tra due colori calcolati nello spazio CIELab<sup>74</sup> si effettua attraverso la seguente formula (Uni 8941-3/87):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Il successivo elenco di valori  $\Delta E$  può servire come guida per interpretare il significato psicrometrico delle differenze di colore:

- se  $\Delta E < 0,2$  la differenza non è percettibile;

---

<sup>74</sup> Invece le differenze di colore secondo la formula UniLab sono definite dalla Uni 9000/88.

- se  $0,2 < \Delta E < 0,5$  la differenza è molto piccola;
- se tra  $0,5 < \Delta E < 2$  la differenza è piccola;
- se  $2 < \Delta E < 3$  esiste una variazione di colore distinguibile;
- se da  $3 < \Delta E < 6$  la differenza è abbastanza distinguibile;
- se tra  $6 < \Delta E < 12$  esiste una forte differenza di colore;
- se  $\Delta E > 12$  si ha la presenza di colori diversi.

Sommariamente possiamo affermare che per valori  $\Delta E > 3$  le differenze sono notevoli e dovrebbero essere distinte facilmente anche da un occhio non allenato; per valori  $2 < \Delta E < 3$  le differenze ci sono ma non sono vistose. Se, invece, risulta  $\Delta E < 1$  l'occhio umano non si può effettuare una distinzione. Pertanto, tanto più bassi sono i valori di  $\Delta E$ , tanto meno potremo notare differenze tra i colori.

La differenza di saturazione si calcola nel seguente modo:

$$\Delta C = C_1 - C_2$$

dove:

$$C_1 = \left[ (a_1^2 + b_1^2) \right]^{1/2} \text{ e } C_2 = \left[ (a_2^2 + b_2^2) \right]^{1/2}$$

La differenza di tinta si ottiene con la formula seguente:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 + \Delta C^2}$$

da assumersi con valore positivo se  $a_1 b_2 - a_2 b_1 \leq 0$  o valore negativo se  $a_1 b_2 - a_2 b_1 > 0$

### 3.5 LA PROGETTAZIONE DELL'INTERAZIONE NEL MUSEO VIRTUALE

L'interattività in un museo virtuale, modellato con la tecnica manuale, con la tecnica del *range based modeling* o con la tecnica dell'*image based modeling*, è attuabile nel Web con l'uso di linguaggi di programmazione che consentono la simulazione di mondi tridimensionali, come X3D o VRML (Virtuality Reality Modeling Language) (Styliani *et al.*, 2009). Invece, un museo visuale realizzato con la tecnologia dell'*image based rendering* e creato come *panoramic mosaic*, *concentric mosaic* o *movie map* ecc. è visualizzabile in un ambiente Web attraverso l'uso di *software* atti alla riproduzione di informazioni multimediali (file video, audio e immagini virtuali) quali ad esempio: QuickTime Virtual Reality (QTVR)<sup>75</sup> della Apple o di Adobe Flash Player.

Le rappresentazioni delle parti testuali, dei video e delle realizzazioni in 2D possono essere effettuate attraverso pagine in formato HTML. Hyper text markup language è uno standard che descrive il formato primario nel quale i documenti vengono largamente visualizzati e istantaneamente distribuiti nel Web (Campbell, 2000). HTML è stato sviluppato da Tim Berners-Lee presso il Centre Européen de Recherche Nucléaire, nel 1989, sulla base del linguaggio SGML (Standard Generalized Markup Language), approvato nel 1986 e standardizzato nell'ISO-8879. Lo standard ufficiale HTML è stato realizzato da World Wide Web Consortium (W3C) che ne ha creato differenti versioni (HTML 2.0, HTML 3.2, HTML 4.0, HTML 4.01 e XHTML) ed è stato incorporato nei più comuni browser come Netscape e Internet Explorer. Al momento è largamente utilizzata la versione 4.0.

Tale formato offre la possibilità di pubblicare testi, video clip, suoni, immagini raster, collegamenti ipertestuali all'interno della stessa pagina o con pagine presenti su server distanti. Inol-

---

<sup>75</sup>E' un'estensione della tecnologia QuickTime che permette ai visitatori di esplorare interattivamente un mondo virtuale realizzato con foto realistiche. Quicktime non chiede agli utenti di indossare visiere, caschi o guanti, ma consente la navigazione attraverso il mouse e la tastiera. Un filmato Quicktime VR contiene tutti i dati necessari per un mondo virtuale. Il file contiene una singola scena fatta da uno o più nodi. Un nodo è una location all'interno di un mondo virtuale in cui un oggetto o un panorama può essere visto.

tre, un documento HTML può essere visualizzato allo stesso modo da computer differenti (indipendenza dalla piattaforma).

Il linguaggio comunemente in uso per la creazione di musei virtuali interattivi è il VRML che consente di gestire oggetti 3D, sorgenti luminose, immagini, suoni, filmati e collegamenti a pagine Web o ad altri file VRML. Con tale linguaggio si può riprodurre lo spazio umano ove è possibile muoversi, percepire i luoghi e visualizzare gli oggetti da vari punti di vista, interagire con essi e udire i suoni da differenti posizioni.

Un file VRML ha estensione .wrl ed è eseguibile sul Web tramite i browser di navigazione come Internet Explorer, Netscape, ecc. attraverso appositi *plug-ins* scaricabili gratuitamente (Cortona 3D 3.1-Parallel Graphics, Cosmo Player 2.1.1- Computer Associates, WorldView-Computer Associates, Viscap 5.6x, Contact 5.0-Blaxxum, Cosmos-Silicon Graphics ecc.) che, costituiti da una interfaccia grafica dotata di comandi, garantiscono la navigazione all'interno della scena (Gómez *et al.*, 2000) (Figura 29). Il browser rende il VRML in *real time*, trasformando il codice del linguaggio nello spazio percepito con il quale è possibile interagire (Jeginovic, 2001).

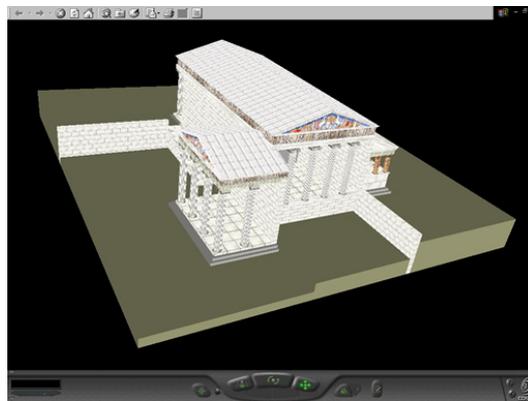


Figura 29 - Interfaccia di un *plug-in* per l'esecuzione di un file in VRML.

Il file .wrl può essere integrato all'interno di una pagina HTML ed eseguito in una grande varietà di piattaforme, dai personal computer alle potenti workstation. Il VRML è un formato dati "universale", leggibile e scrivibile e la sua creazione può avvenire con l'uso di *software* di grafica Cad (3DS MAX, Maya, ecc.), con l'ausilio di *software* di scrittura (Notepad della Microsoft, Word Office, ecc.) o attraverso l'uso combinato dei due tipi di *software*. Inoltre, sono presenti sul mercato anche sofisticati *software* appositi per la creazione di VRML con le stesse capacità di cui sono caratteristici i *software* Cad quali VRMLPad, Internet scene assembler, ecc.(Campbell, 2000). Il linguaggio VRML consente di descrivere un ambiente 3D sotto forma di albero a nodi. Vi sono 54 tipi differenti di nodi: oggetti 3D, i materiali, i parametri di camera e illuminazione ecc. Le Figura 30, Figura 31 e Figura 32 mostrano la struttura del linguaggio dotato di nodi e campi.

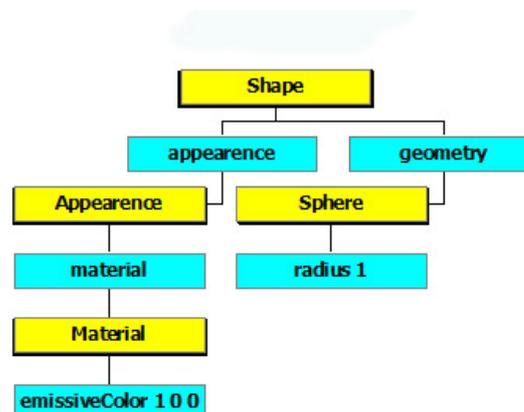


Figura 30 - Struttura del linguaggio VRML

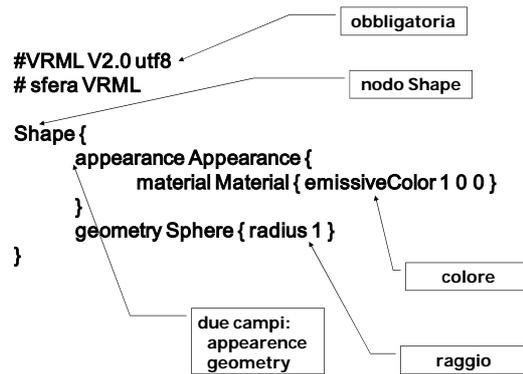


Figura 31 - Esempio della struttura del nodo Shape.

I programmi di grafica Cad consentono di applicare agli oggetti presenti nei modelli tridimensionali in VRML le *texture* e inserire ulteriori elementi quali l'illuminazione, la nebbia, il tipo di navigazione e le videocamere. Inoltre, sono possibili collegamenti con altre pagine Web o mondi virtuali e inserimento di informazioni multimediali (come video clip e suoni).

Un *software* CAD comunemente in uso per la creazione di file in VRML è il 3DS MAX che offre potenzialmente un eccellente ambiente per la creazione di modelli tridimensionali, produzione di immagini foto realistiche e animazioni di alta qualità. È possibile, infatti, effettuare la modellazione di svariati oggetti da collocare in ambienti virtuali che, opportunamente realizzati, costituiscono la base delle scene (Jeginovic, 2001). Il programma consente la creazione degli *helper object* (chiamati nodi in VRML) senza i quali l'interazione sarebbe limitata alla sola visualizzazione degli oggetti da differenti angolazioni. L'interazione nel mondo VRML è attuabile con l'uso di questi sensori (nodi) realizzati per reagire quando le proprietà dell'ambiente virtuale cambiano o quando un utente ne determina la loro attivazione (Jeginovic, 2001).

Gli *helper object* consentono l'interazione attraverso tre dei cinque sensi: la vista, l'udito e il tatto.

La combinazione di questi sensi produce un maggiore senso di percezione dello spazio e degli oggetti localizzati negli ambienti ricostruiti in quanto, concedendo all'utente la possibilità di muoversi liberamente in giro, può visualizzare da tutte le angolazioni gli oggetti e avvertire la spazialità del suono.

*Anchor*: è capace di creare, se applicato su un oggetto, un collegamento con un file di qualsiasi tipologia (.html, ecc.) o permette di passare ad un altro punto di ripresa. Per impostare il comando, selezionare l'oggetto al quale l'*anchor* si riferisce, assegnare un nome all'azione ed effettuare il collegamento scrivendo il nome del link che si vuole collegare o il nome della camera che si intende visualizzare.

*TouchSensor*: è applicato su un oggetto che, toccato dall'utente, produce il fenomeno. Sarà necessario selezionare l'oggetto al quale applicare l'*helper objects* che, reso cliccabile, determina il fenomeno.

*Sound e Audio clip*: questi due *helpers* permettono l'inserimento nell'ambiente di suoni o di audio clip. L'*helper sound* è sempre usato in combinazione con gli *audio clip* e gli *audio clip* possono a loro volta essere combinati con i Touch sensor. È necessario inserire il percorso URL ed il file partirà in contemporanea con l'animazione (deselezionando l'opzione *Spatialize* il suono sarà applicato a tutto l'ambiente) o sarà collegato ad un *touchSensor* e si espanderà dalla sorgente all'area circostante. In tal caso dovranno essere impostate le intensità del suono, minime e massime, dietro e di fronte alla sorgente. Inoltre, nel comando *sound* sarà possibile modificare l'intensità di un suono rispetto agli altri suoni (si imposta il valore 1 se un suono è più importante e 0 se lo è meno).

*ProxSensor*: rappresenta un'area di spazio sensibile che causa la produzione dell'azione quando l'utente si avvicina. È possibile stabilire le dimensioni di un'area nella quale avverrà il fenomeno tramite l'uso di una geometria semplice (cubo, sfera, cilindro, ecc.).

```
#VRML V2.0 utf8
# Produced by 3D Studio MAX VRML97 exporter, Version 12, Revision 1,06
# MAX File: 3.max, Date: Thu Jun 03 16:11:55 2010
DEF Camera01 Viewpoint {
  position 798.9 2 -260.5
  orientation 0.02508 0.9996 0.01605 -1.139
  fieldOfView 0.6024
  description "Camera01"
}
DEF NavInfo01 NavigationInfo {
  avatarSize [0.25, 1.6, 0.75]
  headlight FALSE
  speed 1
  type "WALK"
  visibilityLimit 0
}
DEF Omni02 PointLight {
  intensity 1
  color 1 1 1
  location 875.2 19.72 -296.2
  on TRUE
  radius 1125
}
DEF Camera02 Viewpoint {
  position 959.7 2 -242.9
  orientation 0.02483 -0.9996 -0.012 -0.9006
  fieldOfView 0.6024
  description "Camera02"
```

Figura 32 - Stralcio di un file VRML.

Gli *helper objects* (Figura 33) in 3DS Max, sono:

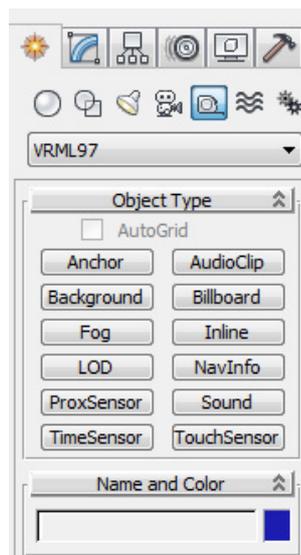


Figura 33 - *Helper objects* di 3DS Max.

*TimeSensor*: è utilizzato per effettuare un controllo temporale dell'animazione.

*NavInfo*: consente di rendere la scena a cui è applicato interattiva. Nel NavInfo viene stabilita la modalità di navigazione (cammino, volo e analisi) e attraverso l'opzione *headlight* è possibile illuminare gli oggetti presenti davanti all'utente se non sono state precedentemente impostate le luci all'interno del modello. Il comando consente di impostare la visibilità limite ossia la distanza massima che può essere visibile dall'utente (affinché venga visualizzata tutto nella scena si può impostare al visibilità limite pari a zero), la velocità alla quale l'utente può navigare dentro la scena, le caratteristiche dell'*avatar* (l'altezza del punto di vista da terra, la distanza di sicurezza che consente di evitare le collisioni, il massimo salto visivo ammissibile tra un frame e l'altro) e la dimensione dell'icona che rappresenta l'*helper objects* che però è visibile solo in 3DS Max.

*Background*: consente di determinare lo sfondo del cielo e del suolo terrestre.

L'ambiente virtuale può essere realizzato all'interno di una sfera ove è possibile indicare il colore o i colori del cielo (*skyColor*), della terra (*groundColor*) e le angolazioni di sfumatura dei colori che simulano la rotondità del globo terrestre da applicare al cielo (*skyAngle*) e alla terra (*groundAngle*).

L'ambiente virtuale può essere, altrimenti, realizzato all'interno di un box al quale è possibile applicare delle texture che rappresentino il cielo, il suolo e le viste panoramiche.

- backUrl “.jpg”
- leftUrl “.jpg”
- bottomUrl “.jpg”
- frontUrl “.jpg”
- rightUrl “.jpg”
- topUrl “.jpg”

*Fog*: consente di specificare il tipo di nebbia (esponenziale o lineare), il colore e la visibilità.

*LOD*: consente di definire il livello di dettaglio e la complessità di un oggetto sulla base della distanza dell'utente dall'oggetto. Quando l'utente è vicino all'oggetto, il *plug-in* restituisce l'oggetto ad altissima qualità e ne produce i dettagli. Questo *helper* può essere utilizzato per l'ottimizzazione della performance.

*Billboard*: permette di inserire e allineare una geometria bidimensionale alla camera quando l'opzione screen alignment è selezionata.

*InLine*: consente il collegamento a un altro file VRM97.

In 3ds Max, nella fase di esportazione in VRML, si devono configurare una serie di parametri (Figura 34):

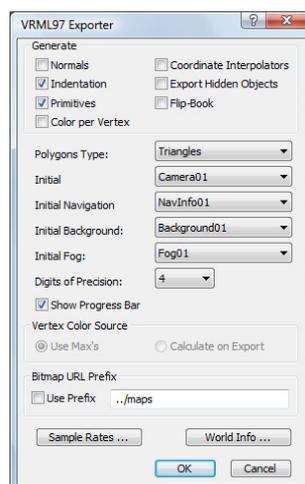


Figura 34 - Configurazioni per l'esportazione in VRML.

*Normals*: determina la creazione di un file VRML 97 di grandi dimensioni e consente di ottenere un buon risultato. Questa opzione si può utilizzare in concomitanza con l'opzione Primitive.

*Indentation*: consente di indentare il codice del VRML97 per renderlo leggibile.

*Primitives*: consente di esportare le primitive geometriche.

*Color per vertex*: consente di esportare il colore dei layer.

*Coordinate Interpolators*: consente di esportare gli effetti che coinvolgono la modifiche delle mesh degli oggetti. Questa opzione può generare file di grande dimensione.

*Export Hidden Object*: consente l'esportazione degli oggetti nascosti.

*Flip-book*: consente di suddividere la scena in differenti file.

*Polygons Type*: determina la tipologia di esportazione delle geometrie (esportazione di tutti i vertici (*ngos*) che costituiscono l'oggetto, esportazione delle facce triangolari (*triangles*) e delle facce di un quadrilatero (*quads*).

*Initial view*: consente di selezionare la camera con la quale la scena ha inizio.

*Initial Navigation Info*: consente di selezionare quale NavInfo impostare per la generazione del VRML.

*Initial Background*: consente di selezionare il tipo di *background* da utilizzare nella scena.

*Initial Fog*: consente di selezionare il tipo di Fog da utilizzare nella scena.

*Digits of Precision*: consente di determinare il livello di dettaglio del VRML. Un valore pari a 4 è sufficiente e viene impostato di default. La diminuzione del livello di precisione riduce la dimensione del file.

*Show progress bar*: la selezione di questa opzione consente di visualizzare la barra che indica la progressiva esportazione in VRML.

*Vertex color source group*: è possibile scegliere questa opzione se è stato selezionato *color per vertex*. Attivando l'opzione *use max's* è possibile esportare il *vertex color* già definito nella scena o selezionando l'opzione *calculate on Export* determinare il colore degli oggetti presenti nella scena sulla base della luce e del materiale applicato.

È importantissimo stabilire il percorso dove il file VRML deve attingere le bitmap utilizzate per i materiali, gli oggetti indicati nei link presenti nel mondo virtuale. Se non viene selezionata l'opzione *Use Prefix* i file che presentano un URL verranno cercati nella stessa locazione dove è stato creato il file VRML. Invece, se la locazione dei file è differente dalla *directory* corrente deve essere attivata l'opzione *Prefix* e digitato l'URL della cartella contenente i file.

*Sample Rate*: consente di specificare i frame per secondo. Un alto numero di frame produce un file di animazione molto grande.

*World info*: consente l'inserimento di informazioni varie sul file che si sta generando.

Un ricostruzione tridimensionale renderizzabile in real time si può creare su un pc con un mediocre allestimento se il modello è costituito da un massimo di 3000 poligoni per scena. E' indispensabile, per ottenere una buona interazione, effettuare il conteggio del numero dei poligoni su 3DS Max tramite il comando *utilities, more* e quindi *Polygon Counter*.

### 3.6 ESEMPI DI MUSEI VIRTUALI E DI NAVIGAZIONE 3D

In letteratura (Bruno *et al.*, 2010, Lepouras *et al.*, 2004) sono presenti linee guida per la realizzazione di sistemi VR e di mostre virtuali di oggetti ricostruiti con alta qualità realistica o basati su sistemi di proiezione stereoscopica. L'uso di differenti interfacce digitali (White *et al.*, 2007) consente, attraverso le tecnologie Web 3D, VR e AR, una buona rappresentazione del patrimonio culturale e una facile navigazione in una *mixed reality* tra ambienti ricostruiti virtualmente e ambienti di realtà aumentata. Gli approcci alla progettazione e alla realizzazione di musei virtuali possono richiedere l'ausilio di semplici presentazioni multimediali o di sistemi virtuali immersivi denominati CAVE (acronimo di Cave Automatic Virtual Environment), per la simulazione di ambienti interattivi e l'esplorazione di modelli tridimensionali in scala 1:1 ma il cui numero di installazioni sul Web è assai limitato. Un esempio di sistema Cave è applicato nella Foundation of the Hellenic World e nella Hayden Planetarium di New York. Differenti tecnologie (Wojciechowski *et al.*, 2004) sono state impiegate nella realizzazione di progetti basati sulla *Virtual Reality*: 3D Murale, Ename 974, Life Plus, Pure Form, Sculpteur, Daddi e Arco.

Numerose sono le città ricostruite virtualmente e presenti sul Web (Zara *et al.*, 2004): Glasgow, New Orleans, Praga, Parigi, Sydney e Toronto che si basano su differenti metodologie di

realizzazione in quanto una città o una porzione di città può essere realizzata in due dimensioni o in maniera parzialmente tridimensionale o può essere completamente tridimensionale.

Quelle realizzate in due dimensioni sono le più comuni e si basano sull'utilizzo di mappe interattive ove è possibile, attraverso un click, udire suoni e consentire l'apertura di immagini o di altre pagine Web.

Le ricostruzioni parzialmente tridimensionali che sfruttano la tecnologia Quick Time della Apple, sono i più comuni tipi di tour virtuali su Internet e si basano su immagini panoramiche visualizzabili a 360 gradi. Tuttavia il loro utilizzo è limitato: l'aggiunta di nodi di connessione può aumentare la pesantezza del video; la distorsione prospettica può essere disturbata; lo scorrimento dell'immagine può provocare una parziale sensazione di tridimensionalità e di immersione.

I tour virtuali realizzati completamente in tre dimensioni attualmente non sono comuni e sono, per lo più, creati attraverso l'uso congiunto di varie metodologie di realizzazione tridimensionale.

Stamboulglou & Shan (2002) hanno illustrato i differenti metodi di modellazione impiegati per la realizzazione tridimensionale del terreno, delle strade, degli edifici, della vegetazione e degli specchi d'acqua, i quali sono stati confrontati in termini di efficienza di visualizzazione, fedeltà e capacità di integrazione con i sistemi informativi geografici (GIS). Inoltre, l'uso congiunto di metodi integrati quali tecniche di *laser scanner*, fotogrammetria digitale e fotomodellazione tridimensionale per la creazione di modelli tridimensionali (Gabellone *et al.*, 2009) consente di migliorare l'esposizione sul Web e la visita virtuale.

La riproduzione di alcune metope (D'amelio *et al.*, 2005) presenti nel sito archeologico di Selinunte ha mostrato i problemi connessi dall'accoppiamento delle metodologie laser alle tecniche della fotogrammetria digitale. Il rilievo è stato effettuato con il *laser scanner* a triangolazione ottica che è stato in grado di fornire, con accuratezza e in tempi abbastanza rapidi, la nuvola di punti degli oggetti in esame mentre quello fotogrammetrico è stato condotto con l'impiego di una camera digitale che ha prodotto una serie di fotogrammi, successivamente orientati. È stato quindi definito il modello DSM delle metope, quindi l'ortofoto e il modello foto realistico.

Voltolini *et al.*, 2007 hanno analizzato la ricostruzione virtuale di un Castello medievale in Trentino mediante l'integrazione di modelli ottenuti da foto aeree, terrestri e *laser scanner* i quali sono stati inseriti in un unico modello tridimensionale utilizzando punti rilevati con una stazione totale e con il sistema GPS.

L'esterno del Castello è stato acquisito utilizzando immagini scattate da un elicottero mentre l'interno è stato ricostruito utilizzando foto terrestri e la tecnica del *laser scanner*. Inoltre, la presenza di altri castelli nel territorio circostante all'oggetto di studio ha motivato la realizzazione di un DSM e di un GIS. Il DSM è stato realizzato servendosi di immagini aeree orientate secondo alcuni punti di controllo acquisiti con il GPS e il modello è stato riprodotto automaticamente utilizzando un *in-house software*<sup>76</sup> sviluppato per la generazione automatica di modelli digitali da foto terrestri, aeree o satellitari. Il modello digitale è stato poi texturizzato con una ortofoto. L'obiettivo del lavoro è stato quello di combinare l'image-based modeling e il range-based modeling.

È stato effettuato un rilievo fotogrammetrico e laser del Battistero di Cremona (Conforti Andreoli & Pinto, 2004) allo scopo di valutare i risultati prodotti da due tecniche di realizzazione tridimensionale.

Una modellazione solida del monumento è stata realizzata con un *software* commerciale denominato PolyWorks che ha registrato molteplici fotogrammi e ha consentito di effettuare il *texture mapping* sul modello 3D. La ricostruzione ha permesso, con la precisione dell'ordine del centimetro, una fedele rappresentazione dell'architettura e la sovrapposizione delle immagini

---

<sup>76</sup>Ozi Explorer 3D è uno dei programmi che consentono, a partire da una digitalizzazione del terreno, di ottenere la modellazione tridimensionale.

fotogrammetriche al modello numerico ha consentito di mantenere inalterata la definizione semantica dell'edificio. Il rilievo fotogrammetrico è stato effettuato con 22 scatti ed è stata utilizzata una stazione totale per la ripresa dei punti di appoggio<sup>77</sup> e dei punti di controllo. La formazione del modello solido è stata effettuata dopo l'orientamento interno ed esterno delle immagini e la restituzione di un certo numero di punti. Successivamente con Autocad sono state ricostruite le superfici e applicate delle *texture* arbitrarie.

L'altra ricostruzione del Battistero è stata effettuata con la tecnica del range based modeling, eseguendo l'allineamento delle scansioni tramite tre o più punti concatenati. Il *texture mapping* è stato attuato grazie ad un *software* denominato TexCapture del NRC (National Reserch Center) di Toronto che ha permesso il calcolo dei parametri di orientamento esterno delle immagini e la successiva orto proiezione sul modello. Il *software* ha consentito di eliminare le distorsioni dovute alle caratteristiche intrinseche della macchina fotografica (distorsioni dell'obiettivo, non complanarità della pellicola, ecc.).

Lo studio appena citato ha mostrato la potenzialità delle due tecniche di ricostruzione tridimensionale. Entrambe hanno raggiunto precisioni di circa 1,5 cm, ma il rilievo *laser scanner* ha mostrato sicuramente il vantaggio della completezza, della rapidità di acquisizione dei punti e del trattamento dei dati. Tuttavia, l'integrazione delle varie tecniche è di gran lunga preferibile all'uso di una sola tecnica. È auspicabile l'uso della fotogrammetria nel caso della restituzione di superfici regolari e di forme geometriche semplici mentre l'uso del *laser scanner* è richiesto per la realizzazione tridimensionale di elementi complessi (capitelli, sculture, ecc.) e ove venga attribuita più rilevanza alla rappresentazione vettoriale.

Il problema del rilevamento e della rappresentazione del patrimonio architettonico-urbanistico è stato affrontato nella restituzione della piazza principale e del castello di Gorizia (Visintini *et al.*, 2006) attraverso la descrizione delle fasi di rilevamento aereo e terrestre svolti con sistemi laser/fotogrammetrici integrati. Inoltre i dati reperiti da queste tecnologie sono stati integrati con dati ottenuti da rilievi diretti o da carte storiche permettendo di produrre differenti rappresentazioni tridimensionali foto-realistiche e/o virtuali di questi ambiti architettonico-urbanistici. La modellazione è stata effettuata tramite i *software* idonei alla georeferenziazione dei dati ottenuti dal *laser scanner* e il *texture mapping* è stato effettuato mediante il 3D Studio Max della Autodesk che ha creato la possibilità di produrre un modello in ambiente VRML dove è stato possibile navigare interattivamente e ottenere informazioni su ogni oggetto selezionato.

Nel progetto Virtual Sarajevo (Beca, 2005) è stata ricostruita virtualmente la città di Sarajevo attraverso la modellazione manuale in CAD e la tecnica dell'*image based modeling* per la generazione delle *texture*. Inoltre, nel modello, accessibile da Internet e in VRML, sono state inserite alcune viste panoramiche in punti strategici al fine di consentire al visitatore di effettuare un confronto tra il mondo reale e quello virtuale.

La città virtuale di Sarajevo è stata realizzata utilizzando, per la fase di modellazione, il programma 3DS Max e le primitive standard quali i parallelepipedi, i cubi, le piramidi e le sfere. Il *texture mapping* è stato effettuato attraverso l'uso di fotogrammi digitali delle facciate degli edifici e successivamente si è provveduto all'esportazione del modello in VRML. Il *plug-in* per la visualizzazione nel Web è stato impostato per la regolazione di alcuni parametri come la qualità del *rendering*, la qualità audio, la velocità di navigazione. Le viste panoramiche inserite nel modello sono visualizzabili in una finestra HTML e sono realizzate dall'unione di dieci fotogrammi creati da un solo punto di ripresa, facendo ruotare l'obiettivo a 360 gradi. A causa del traffico e delle varie occlusioni è stato necessario effettuare su una buona parte dei fotogrammi operazioni di ritocco con *software* specifici (Photoshop e IrfanView). La panoramica a 360 gradi è stata ottenuta da un programma denominato Photovista (le foto panoramiche sono state realizzate anche in 3DS attraverso il *texture mapping* su un cilindro della foto panoramica e la successiva esportazione in VRML). La navigazione è stata agevolata con l'inserimento di lettere in rota-

---

<sup>77</sup> Sono punti riconoscibili sui fotogrammi dei quali è possibile conoscere le coordinate che consentono l'orientamento assoluto.

zione che, cliccabili, consentivano il collegamento ai vari link. Per la città di Sarajevo, ricerche future sono orientate allo sviluppo di un sistema GPRS al fine di migliorare l'orientamento dei visitatori in città e segnalare loro i punti di interesse.

Zara *et al.*, 2004 hanno presentato un'applicazione Web che consente la navigazione, nel modello tridimensionale realizzato con la tecnica dell'*image based modeling*, dell'antica città messicana di Campeche la quale possiede un grande valore storico ed è stata considerata dall'UNESCO quale World Cultural Heritage Site. Il progetto dell'antica città di Campeche, mostrando maggiore attenzione alla fortezza e al centro della cittadina, è stato realizzato interamente in maniera tridimensionale attraverso l'uso del VRML che ne ha permesso il collegamento con immagini fotografiche, immagini da Web Cam, suoni e animazioni.

Per la ricostruzione della città, sono state scattati per ogni edificio una serie di fotogrammi, al mattino e tutti con le stesse condizioni di illuminazione. La ricostruzione tridimensionale è stata attuata con il programma Photomodeller e sono stati effettuati aggiustamenti al modello tridimensionale generato dal *software* con il 3DS Max. Inoltre nel progetto è stato sviluppato un programma che ha consentito di effettuare il *texture mapping* del VRML.

Per la realizzazione tridimensionale della città, i dati sono stati strutturati in piccole porzioni per una rapida visualizzazione sul Web. Progressivi livelli di dettaglio sono stati creati in funzione della vista selezionata e potenziali aree di visibilità sono state calcolate prima dell'implementazione. La scena è stata determinata dalla connessione di vari elementi localizzati in separati database.

Un progetto denominato “*Virtual Museum Net of Magna Grecia*” è stato realizzato allo scopo di fornire, attraverso l'uso della tecnologia computerizzata con le ricostruzioni virtuali, un'immagine unitaria del patrimonio archeologico della Regione Calabria (Bertacchini *et al.*, 2006). Il progetto è accessibile dal Web ed è realizzato con immagini, filmati, file di testo e rappresentazioni grafiche delle opere presenti nei musei regionali.

Il museo virtuale, articolato in cinque poli, è dotato di un polo centrale che diviene il centro e che ha la funzione di smistare l'utente ai poli periferici ove vengono trattate le varie tematiche. Inoltre è prevista un'articolazione in cinque livelli di accesso al museo. Il primo livello contiene le informazioni geografiche sulla regione Calabria, sulle coste a nord della regione che si affacciano sul tirreno, sulla piana di Gioia Tauro, su Crotone, sull'area di Sibari e di Locri, sulla città di Reggio Calabria. Il secondo livello contiene tutta la documentazione (testi, foto, video, ricostruzioni 3D) dei siti archeologici della regione: Amendolara, Cassano Jonio, Crotone, Locri, Palmi, Reggio Calabria, Scale, Tiriolo, Vibo Valentia. Il terzo e il quarto livello contengono maggiori informazioni sull'area scelta in precedenza e sul suo hinterland. L'ultimo livello, il quinto, contiene informazioni sui distretti culturali per sviluppare l'artigianato e il turismo locale. I distretti sono così realizzati: archeologia e coltivazioni agricole, archeologia ed enogastronomia, archeologia e artigianato, ecc.

Il progetto *Virtual Rome* (Pescarin *et al.*, 2009), avviato dall'istituto per le tecnologie applicate ai Beni Culturali del CNR, con la collaborazione del CINECA e con il supporto di Seat Pagine Gialle e Camera di Commercio di Roma, è nato con l'obiettivo di ricostruire il paesaggio di Roma di oggi e del secondo secolo d.C. e di rendere disponibile, attraverso il Web e ad una vasta utenza, la ricostruzione tridimensionale e un insieme di approfondimenti multimediali. Il progetto ha previsto anche la realizzazione di un sistema di gestione dei dati (Content Management System) in formato 2D o 3D, attraverso i quali i partners hanno effettuato modifiche interattive dei paesaggi 3D attraverso la rete internet. Il progetto ha messo a punto una applicazione OSG4Web che si basa sulla libreria<sup>78</sup> OpenSceneGraph e un *plug-in* che consente di interagire all'interno dei browser con vari dati territoriali 3D (dati telerilevati, GIS, modelli 3D e multimediali in genere). I monumenti e le aree archeologiche sono interconnessi con il loro contesto paesaggistico e i siti sono ricostruiti sulla base della topografia attuale o potenziale, at-

---

<sup>78</sup> È un pacchetto software per la realizzazione di applicazioni grafiche, progettato per il rendering in tempo reale che utilizza le geometrie primitive, gli attributi di queste geometrie e della scena grafica in genere.

traverso dati georeferenziati, elaborati da *software* GIS prima e processati poi da un *software* "Terrain Generator" che ne consente la ricostruzione tridimensionale. Per la navigazione è stato realizzato un sistema che sfrutta l'uso del mouse e della tastiera consentendo la funzionalità di volo e quella di cammino. È possibile, inoltre, effettuare percorsi di visita personalizzati, l'impostazione di altri punti di vista e la possibilità di uso dell'altimetro e della bussola.

Numerosi studi (Sylaiou *et al.*, 2010, Lepouras & Vasillakis, 2005, Bonis *et al.*, 2009) sono stati intrapresi per definire e misurare il *senso di presenza* e il grado di apprezzamento delle esposizioni virtuali in musei riprodotti minuziosamente o ambientati in contesti che non hanno alcuna corrispondenza con la realtà. In particolare, è stata effettuata un'analisi, dopo la visita al Victoria and Albert Museum ricostruito fedelmente, tramite un questionario sul senso di percezione realistica degli oggetti manipolati dall'utenza attraverso la tecnologia AR e sul senso di presenza che si avverte durante la navigazione nel museo virtuale realizzato con la tecnologia VR.

Bonis *et al.*, 2009 hanno proposto, sulla base di un'indagine compiuta in un museo virtuale tipo alla quale hanno aderito 25 partecipanti (17 di loro hanno dichiarato di avere una buona esperienza con gli ambienti 3D, mentre 8 di loro non avevano mai utilizzato applicazioni 3D), la realizzazione di una piattaforma computerizzata che consenta di adattare dinamicamente la presentazione dei contenuti in funzione dell'utenza.

L'utente, nella prima fase del processo di sperimentazione, era invitato a registrarsi nel sistema, a scegliere un *avatar* e a mostrare un'opinione circa il suo grado di somiglianza. Esso veniva quindi proiettato nel museo virtuale e invitato alla navigazione e all'interazione con gli oggetti. Ogni oggetto, presente in una stanza del museo, doveva essere valutato in una scala da 0 (l'oggetto produceva totale insoddisfazione) a 5 (l'oggetto produceva soddisfazione). Inoltre, il sistema stimava, sulla base del tempo speso dall'utente per la visualizzazione e per la manipolazione di un oggetto, il grado di soddisfazione per gli elementi presenti nella mostra. In più, al termine del processo di valutazione, al partecipante veniva richiesto di esaminare la sua esperienza con il sistema e di commentarla. Questa indagine ha consentito di migliorare le qualità di presentazione e di semplificare, modificare e/o ampliare gli ambienti virtuali e di adattare i contenuti ai profili di utenza.

Lepouras & Vasillakis (2005) hanno analizzato l'uso della tecnologia 3D game per la realizzazione di un museo virtuale. L'applicazione di tale tecnologia ai musei virtuali implica una progettazione di azioni che dalla tecnologia 3D game possono essere adattate alla realizzazione di un museo virtuale.

Nella prima fase della realizzazione di un museo virtuale in 3D game, ossia nella progettazione dello spazio espositivo, nella scelta dei metodi di presentazione e nella progettazione delle interazioni, le procedure utilizzate al confronto con quelle in uso in museo virtuale sono analoghe. Le differenze si presentano in seguito alla conversione dal formato Read al formato Unreal Graphics Engine e gli spostamenti che si possono consentire in un museo virtuale sono più restrittivi rispetto a quelli possibili nei videogiochi. Invece per l'analisi e per la manipolazione degli oggetti ci può essere maggiore associazione con le applicazioni presenti nei giochi.

Il museo virtuale analizzato da Lepouras & Vasillakis (2005) è stato rappresentato anche planimetricamente. La modellazione è stata realizzata con 3DS Max e il risultato è stato esportato in formato ASE (*ASCII scene export*) e poi convertito tramite un *software* ASEtoT3D nel formato T3D e in formato Unreal .unr.

Entrambi i sistemi, quello classico e quello che utilizza la tecnologia 3D game, sono stati messi a confronto e valutati attraverso uno studio, piuttosto informale a causa del numero esiguo di partecipanti (un campione di 10 utenti, laureati e non, di età compresa tra i 20 e 29 anni). I risultati hanno dimostrato quali erano i punti di forza delle due versioni dei musei virtuali.

In una prima fase gli utenti sono stati informati da un istruttore sul gioco e avviati alla navigazione e all'interazione con la mostra. Al termine, essi hanno compilato un questionario che conteneva domande sul profilo dell'utente e sull'esperimento in particolare sul *software*, sulla qualità delle immagini e dell'animazione e sulla sensazione di immersione.

Il linguaggio VRML è maggiormente utilizzato per consentire la navigazione virtuale ma esso può essere uno strumento idoneo, nel campo dei design e delle costruzioni, per la visualizza-

zione di progetti tecnici e architettonici. In particolare, uno studio nel campo del design (Campbell, 2000), prevedeva la realizzazione di una scala in VRML, con tutti i dettagli costruttivi, allo scopo di essere visionata da clienti, imprenditori e costruttori. La realizzazione del modello in VRML e del sito Web consentiva di mettere alla luce dettagli e particolarità che altrimenti non sarebbero stati evidenziati accuratamente con l'uso della grafica 2D. I clienti, i produttori e costruttori potevano accedere alle informazioni tecniche sul progetto tramite un Pc, dotato di *hardware* e di *software* conformi per la corretta visualizzazione di file in VRML. Inoltre, buona parte dei computer (ad esempio quelli del capo cantiere e del costruttore) dovevano essere portatili affinché il progetto in VRML fosse visualizzato anche fuori dagli uffici e in cantiere. Erano stati effettuati collegamenti, nel Web, tra le informazioni grafiche tridimensionali contenute nel VRML e quelle bidimensionali visionabile invece nelle pagine HTML. Un qualsiasi elemento costruttivo poteva essere visibile da ogni angolatura e collegato, attraverso un link, al suo particolare costruttivo in 2D. La tridimensionalità e la correlazione con i disegni bidimensionali poteva consentire di controllare i possibili difetti e gli errori di progettazione.

Il successo dell'uso del Web site nel settore delle costruzioni richiede che i progettisti e gli addetti alla costruzione accedano alle informazioni sul progetto attraverso l'uso combinato del VRML e dell'HTML. Inoltre i committenti, le banche, le autorità locali competenti potrebbero così avere libero accesso al progetto e visionare la documentazione on-line. Alcune restrizioni nel sito, in funzione dell'utente che ne ha accesso, consentiranno la lettura di taluni dati e non autorizzeranno la visualizzazione di altri. La consultazione dei dettagli costruttivi bidimensionali e tridimensionali, realizzati grazie al VRML sul Web, potrà avvenire senza limiti di tempo ed evitando la produzione di documenti cartacei.

La reazione dell'utenza, al progetto, è stata positiva e incoraggiante, ha dimostrato che il VRML si presta molto bene nel campo del design e delle costruzioni anche se gli strumenti utilizzati per la sua realizzazione dovranno subire alcune accorgimenti per essere applicati in maniera adeguata ad ogni specifico caso.

## 4 CASO STUDIO

### 4.1 L'ARCHITETTURA RURALE NELL'AREA IBLEA.

L'interesse per l'edilizia rurale, incrementato negli ultimi anni dalla crescente domanda di abitazioni di campagna quali alternative agli elevati costi e al progressivo degrado delle condizioni di vita urbana, ha portato alla luce un patrimonio completamente ignorato (Mambriani & Zappavigna, 2005), testimonianza dell'attività agricola dei secoli passati (Fichera & Tomaselli, 1995). I fabbricati rurali sono esempi di architettura spontanea<sup>79</sup> che, nella storia dell'architettura e del paesaggio italiano, non furono di pregio architettonico ma si armonizzarono, con il passare del tempo, divenendo parte integrante del territorio. Le variazioni alle quali gli edifici rurali sono stati sottoposti negli anni, nella maggior parte dei casi, non hanno stravolto totalmente l'assetto delle strutture e non hanno cancellato il ricordo dell'originaria fisionomia obbediente al materiale edilizio locale, al clima e all'economia agraria (Giorgianni, 1978). Si può affermare così che la storia dell'architettura è *“il risultato del costume e della civiltà dei popoli, ma anche il frutto della natura dei materiali che i differenti popoli ebbero a disposizione”*<sup>80</sup> in particolare l'edilizia tradizionale si basa esclusivamente sulla valorizzazione delle risorse locali nel rapporto concreto con il contesto territoriale che, in taluni casi ancora, rappresenta un punto di forza nella progettazione edilizia. Infatti, sempre più spesso nel settore del restauro si ricorre all'uso dei materiali locali contribuendo così a mantenere in vita le tecniche costruttive tradizionali abbandonate ormai nel settore edile a causa del frequente impiego di materiali industriali.

La struttura dei fabbricati rurali, nella loro realizzazione, veniva plasmata in relazione allo scopo utilitario e agli elementi climatici del territorio che, in particolare, ne condizionavano la morfologia esterna, l'orientamento del tetto, il rivestimento delle pareti e la distribuzione degli ambienti interni. In generale, in Italia meridionale, e con particolare riferimento all'area iblea in cui la stagione estiva è caratterizzata da lunghi periodi di caldo intenso e gli inverni sono comunque temperati, la maggior parte delle attività, anche quelle domestiche, si svolgevano all'aperto in uno spazio antistante l'abitazione. Pertanto, la casa rurale, utilizzata solo per dormire, per cucinare e per ripararsi dal caldo nelle ore più afose della giornata, assumeva dimensioni modeste e gli interni si presentavano spesso poco curati e arredati solo dello stretto indispensabile. Inoltre la necessità di poter lavorare all'aperto, protetti dal sole, ha favorito la notevole diffusione, allo scopo di creare ombra e frescura, di porticati e di tettoie. Con riferimento ai materiali da costruzione, i basalti e i calcari sono stati impiegati ampiamente nell'edilizia rurale tradizionale iblea e ne hanno caratterizzato l'aspetto, data la loro immediata reperibilità ed economicità.

Sull'altopiano Ibleo, le caratteristiche dominanti del paesaggio sono rappresentate dai campi (delimitati da muretti a secco<sup>81</sup> realizzati per definire i confini di proprietà e per contenere

---

<sup>79</sup> Con il termine spontanea si definisce quella architettura non supportata da studi progettuali.

<sup>80</sup> Straforrello Gustavo, 1893. La Patria, Geografia d'Italia: La Sicilia. UTET, Torino.

<sup>81</sup> I terreni della proprietà venivano delimitati dai muretti a secco in pietra calcarea, nel dialetto ragusano denominati *ciusa*, la cui struttura era realizzata per durare qualche decennio e caratterizzava fortemente il territorio. Gli intrecci, i ricami, il reticolo, il labirinto rendevano l'altopiano ibleo un luogo riconoscibile, un paesaggio umano definito da questi segni in un legame profondo, quasi simbiotico, tra l'uomo e il territorio. (Tiralongo, 1998). La loro origine risale al cinquecento, con i contratti di enfiteusi che prevedevano l'obbligo di costruire recinti per l'avvicendamento delle colture e di provvedere alla manutenzione degli stessi. I muri servivano alla distinzione e al riparo delle coltivazioni dai possibili danni indotti dall'allevamento bovino praticato nel terreno limitrofo. Il togliere le pietre dalla terra, lo spietramento, inaugurava i lavori agricoli e tale sistemazione dava luogo a un razionale e ordinato reimpiego.

I muri a secco erano la forma più economica di divisione colturale e lo strumento di risparmio della manodopera, altrimenti necessaria alla custodia del bestiame. Essi assolvevano anche a una funzione ecologica poiché difendevano il terreno dai dilavamenti alluvionali e il loro impiego consentiva di sfruttare i terreni in forte pendio. Tali recinti potevano essere realizzati secondo due tecniche: la prima, definita dai mastri murassicari *“bastarda”*, era effettua-

l'attività di pascolo), dagli alberi verdi di carrubo, dagli ulivi secolari e anche dalla disciplina architettonica delle case di campagna (Pellegrino, 2008). Questi aspetti attualmente mantengono il loro carattere originario e le loro specifiche qualità estetiche e, ancora vive, risultano le tradizioni delle comunità locali ed evidenti i frutti del lavoro di generazioni di contadini. Questi fattori, tutti insieme, trasmettono l'immagine di un territorio accogliente e ospitale, dove il bello e l'utile si fondono, un patrimonio culturale tangibile che può essere fruttato per uno sviluppo turistico, ove gli impianti edilizi che, rimandano a una struttura fondiaria parcellizzata e a un uso intensivo dei suoli, appaiono differenti per qualità e per dimensioni, a causa dei diversi periodi di realizzazione e dell'impianto agricolo del Feudo.

È urgente conoscere per conservare, recuperare e valorizzare questo immenso patrimonio, non tramite una riduttiva politica di vincoli limitati a piccole aree del territorio, ma con un approccio creativo organico, con una tutela rigorosa e diffusa su vaste aree. Ciò è indispensabile poiché in gran parte del territorio italiano e, in particolare nell'area iblea, molti edifici tradizionali sono stati riconvertiti male a scapito del loro carattere storico e di interesse. Un gran numero di edifici rurali tradizionali non sono più idonei al loro originale scopo e, nel contesto di un'economia rurale che sta cambiando, stanno diventando obsoleti e vulnerabili, in quanto oggetto di atti vandalici. Ma soprattutto *“il degrado di molti edifici rurali tradizionali danneggia la qualità del paesaggio”* (Failla *et al.*, 2005). Un corretto riuso potrebbe limitare questa tendenza e contribuire alla valorizzazione turistica del territorio poiché un edificio rurale non rappresenta di per sé un'attrazione turistica ma la sua valorizzazione, il suo recupero, la sua interpretazione culturale e architettonica contribuiscono a promuovere le potenzialità turistiche del contesto ambientale in cui è inserito (Cascone *et al.*, 2009).

#### 4.1.1 Definizione e classificazione delle masserie

Le masserie, fra le tipologie degli insediamenti rurali, assumono una maggiore importanza sia per le loro origini arcaiche che risalgono ai periodi pre o protostorici, sia per avere accolto, nella loro struttura, tutte le evoluzioni e le trasformazioni dell'economia agraria. Sono strutture che, più o meno grandi, complesse e articolate, createsi per la necessità di convivenza di una piccola comunità, risultavano importanti centri di gestione dell'azienda rurale, luoghi di raccolta e di smistamento dei generi di prima necessità, di promozione dell'allevamento equino e bovino, centri residenziali per il padrone e di ricovero per i contadini e i pastori.

Il termine masseria, di grande ampiezza semantica, deriva dal latino *massa* che significa blocco o ammasso (Spano, 1970; Gurrieri & Belli, 1994) ed era usato in epoca di romanità decadente per indicare un insieme di fondi rustici, privati, del fisco o del clero concessi in *massaricio iure* a un massaro che diveniva il burocrate incaricato all'amministrazione del patrocinio. Nell'alto medioevo con il termine masseria si indicavano le unità insediative e produttive di notevoli dimensioni con una propria fisionomia giuridica, amministrativa e catastale (Gurrieri &

---

*ta con pietre non coincidenti tra di loro, i cui interstizi andavano riempiti con schegge; la seconda, definita “musai-si” (mosaico), prevedeva invece l'utilizzo di pietre squadrate disposte in maniera tale da essere coincidenti tra di loro. La conoscenza di queste due tecniche consentiva agli operai di cimentarsi anche nella realizzazione di altre opere murarie minori quali le mazzette e gli stalloni.*

*L'operazione preliminare alla costruzione del muro prevedeva la realizzazione di uno scavo a terra, poco profondo, sul quale posizionare le pietre del basamento che, nei successivi ricorsi, venivano collocate secondo la direzione indicata da cordicelle collocate all'estremità del basamento e trattenute da due bastoni. La pendenza del muro era indicata da alcuni paletti di sostegno disposti in verticale e non doveva essere comunque superiore al 20%. Le cordicelle salivano in concomitanza all'altezza del muro che si restringeva sempre di più.*

*Frequenti errori di realizzazione causavano “la panza” nel muro che generava l'immediato collasso. Era sconsigliato l'uso della malta di calce perché tale riempimento tra le pietre avrebbe impedito il deflusso dell'acqua piovana. I giunti andavano realizzati sfalsati tra un filare e il successivo e la chiusura del muro, all'altezza desiderata, veniva effettuata con una successione di pietre ben scelte per dimensione e forma.*

*L'altezza di questi muri, utilizzati per delimitare appezzamenti di terreni, trazzere e bagli andava dal metro al metro e venti. I muri di altezza superiore potevano essere realizzati a secco ma, in essi, andava effettuata, a circa metà dell'altezza totale del muro, un marcapiano, un livellamento realizzato con pietre scelte sul quale si faceva proseguire la seconda parte del muro.*

Belli, 1994). Tuttavia, non è certa la discendenza diretta del termine che oggi viene usato per indicare la masseria odierna da quello usato nell'età tardo antica e medievale, a causa di testimonianze insufficienti e discordi (Spano, 1970). Oggi tale termine possiede innumerevoli significati. Infatti, con il vocabolo "masseria" si può intendere un podere, le mandrie transumanti e le loro sedi stagionali, un grande fabbricato posto all'interno degli ex-feudi, un complesso di varie abitazioni rurali con o senza corte, un appezzamento di terreno senza fabbricati (Gurrieri & Belli, 1994). Inoltre, con questo termine si possono indicare varie situazioni economiche e antropiche che vanno dall'agricoltura intensiva all'economia basata sulla pastorizia e presenta significati incongruenti soprattutto nelle zone periferiche del territorio italiano.

La masseria nella sua organizzazione, dal fabbricato principale ai vari agglomerati, era strutturata in base agli indirizzi di conduzione aziendale, rispecchiava il sistema sociale, i patti agrari e il complesso sistema dei rapporti stabiliti tra le diverse figure che intervenivano nel processo produttivo (Failla *et al.*, 2005).

Nel passaggio dal tardo impero romano all'alto medioevo la masseria assumeva aspetti simili a quelli di un vero e proprio castello, come nel caso delle ville romane, in seguito alla chiusura, a protezione dalle invasioni, del complesso edilizio. Inoltre, per la presenza di porticati e di loggiati interni alla corte che però, in questi ambiti, ospitavano il ricovero degli animali o il deposito dei prodotti, risultava simile ai conventi e alle abbazie (Milella, 1992).

Negli esempi più antichi e nelle grandi proprietà, la masseria mostrava un'organizzazione introversa a corte chiusa delimitata da altri edifici e da alte e massicce mura. L'accesso avveniva da un portale e il riconoscimento del visitatore era effettuato tramite un vestibolo. Quando la proprietà era molto grande e il contesto territoriale appariva insicuro, nella masseria erano presenti strutture di avvistamento collocate in punti strategici del complesso che servivano al controllo del lavoro nei campi e all'avvistamento di scorribande o di intrusioni.

L'elemento tipologico di base era la corte, centro delle relazioni collettive e dei rapporti con l'esterno, intorno alla quale avvenivano la distribuzione dei corpi di fabbrica che ospitavano le varie funzioni (Milella, 1992). Essa, solitamente pavimentata con lastre di pietra, rappresentava l'estensione funzionale dei fabbricati che vi si affacciavano diventando uno spazio connettivo-distributivo (Failla *et al.*, 2005). Quando la masseria aveva anche la funzione di residenza signorile era presente una doppia corte (Palumbo, 1991; Milella, 1992), una per gli usi agricoli e l'altra di rappresentanza sulla quale si affacciavano l'abitazione padronale e la cappella, che poteva essere al servizio della comunità rurale<sup>82</sup>, dove venivano officiate le funzioni religiose e altri locali. Ricoveri per gli animali o stalle erano adiacenti alla corte secondaria o al di fuori delle mura. Nella corte si trovava una cisterna e alcuni alberi che garantivano la creazione di spazi ombreggiati capaci di garantire il raffrescamento dell'aria anche in prossimità dei fabbricati (Failla *et al.*, 2005).

Il termine masseria veniva utilizzato per distinguere quattro tipi di impianti rurali (Gurrieri & Belli, 1994, Castellano, 1986):

- **Gli impianti a sviluppo lineare o unitario** costituiti da una composizione edilizia in cui si succedevano, in linea, i diversi corpi di fabbrica. In questo caso, era possibile trovare differenti livelli di complessità nell'organizzazione spaziale che andavano dalla semplice successione lineare di fabbricati a un unico livello con rustico incorporato, a catene di costruzioni mono-ambientali, ciascuna con una propria copertura ma funzionalmente differenziate (masserie di tipo elementare), a impianti di tipo sub-elementare (soluzioni edilizie realizzate con edifici a piani sovrapposti in seguito all'adattamento sul pendio), a masserie unitarie a corpo semplice realizzate con edifici a due piani e a grandi casamenti allungati, a due o più piani, con copertura a tetto a un unico livello o a livelli sfalsati (masseria lineare

---

<sup>82</sup> A volte, però, l'accesso alla cappella avveniva non dalla corte ma era rivolto verso l'esterno, per garantire la fruizione del luogo senza creare interferenze con i lavoratori dell'azienda.

composita). In questi fabbricati, con vani principalmente rettangolari, trovano collocazione l'abitazione del colono e lo stazzo degli animali che, in seguito al cambio dell'assetto agricolo, tende a scomparire. Il tipo più semplice di masseria lineare era, in taluni casi, realizzata con vani posti ai lati di un androne voltato o con un corpo a due piani, destinato all'abitazione del conduttore, al quale venivano addossati ambienti minori a tettoria e costruzioni rustiche sul retro per l'alloggio del lavoro avventizio e per gli stazzi degli animali.

- **Gli impianti unitari o compositi** costituiti da vari fabbricati raggruppati intorno a un'abitazione principale. Appartengono a questa categoria le masserie in grandi possedimenti terrieri caratteristiche delle zone in cui il latifondo ha resistito più a lungo e ove si era in presenza di svariate attività agricole. Il complesso era costituito da una grande costruzione capace di accogliere l'abitazione del proprietario, quella del fattore, gli alloggi dei salariati, le stalle e i magazzini. Nel caso di impianto composto da più corpi di fabbrica, si era in presenza di un corpo massiccio che, a due piani e a testimonianza concreta di un passato baronale, per l'aspetto di fortezza fa da fulcro a una serie di corpi minori disposti intorno a esso.
- **Gli impianti a recinto** realizzati con più edifici disposti intorno a uno spazio centrale recintato totalmente o su tre lati. Appartengono a questa categoria le forme primitive pastorali quali "iazzi", "poste", "mandrili", "casoni", diffuse soprattutto in Sicilia nelle zone montuose latifondiste e realizzate da recinti pastorali, locali destinati all'alloggio dei mandriani, stalle dei greggi e fabbricati per la lavorazione e per la stagionatura dei formaggi. Si possono collocare in questa tipologia le piccole masserie, con corte interna laterale o posteriore e raramente antistante all'abitazione del colono, in cui venivano svolte attività zootecniche e agricole e le grandi masserie, a pianta quadrata, a corti plurime con fabbricati disposti in un'unica aggregazione o in corpi separati che ospitavano la residenza padronale caratterizzata da rilevanti motivi architettonici, gli alloggi del conduttore e dei salariati e i vari annessi rurali. L'elemento che caratterizzava questo tipo edilizio è il cortile<sup>83</sup> o la corte, chiusa o aperta.
- **Gli impianti a villaggio** costituiti da una serie di edifici che, raggruppati intorno a una costruzione principale (l'abitazione padronale che poteva essere un castello o una villa rustica), ospitavano gli alloggi per i salariati, i vani per le attività agricole e servizi di vario genere quali: la chiesa, la scuola, l'ambulatorio e gli spacci e altre strutture che conferivano al complesso edilizio un'organizzazione funzionale assolutamente autonoma.

Un'altra classificazione tipologica suggerisce di raggruppare le tipologie edilizie delle masserie in (Spano, 1970; Castellano, 1986):

- forme a recinto;
- forme lineari e unitarie;
- forme a blocco e polimeriche.

Nelle forme a blocco e polimeriche trovano collocazione le masserie precedentemente classificate negli impianti unitari o compositi e le masserie a villaggio.

Tuttavia si può affermare che la classificazione degli impianti generalmente chiamati "masserie" è mutevole in quanto il termine è stato utilizzato da alcuni studiosi delle dimore rustiche della Sicilia orientale per indicare i complessi rurali dotati di un cortile centrale e per definire le tipologie edilizie più semplici, costituite da più vani giustapposti.

---

<sup>83</sup> Il cortile è denominato *curte*, *curtile* in Campania, *curte* in Puglia, *quastro* nel Molise, *bàgghiu* in Sicilia.

#### 4.1.2 Le masserie nella Sicilia orientale.

In Sicilia, numerosi impianti edilizi hanno segnato il paesaggio rurale fino alla metà del XX secolo e si rendono di notevole interesse perché nelle tipologie costruttive, nei materiali e nelle tecniche costruttive rappresentano l'espressione più arcaica dell'abitare (Failla *et al.*, 2005).

Nel territorio ragusano, in funzione della grandezza della proprietà terriera, è possibile riscontrare un consistente numero di fabbricati rurali tradizionali appartenenti a tre tipologie edilizie: la grande masseria, la piccola masseria e l'abitazione dei piccoli e medi proprietari terrieri.

**La grande masseria** (o anche comunemente denominata masseria del tipo siracusano), sviluppata soprattutto fra il Seicento e il Settecento, è diretta espressione del latifondismo (Figura 35 e Figura 36). Il proprietario che viveva nel fondo per circa due mesi all'anno, non lo conduceva direttamente ma ne cedeva appezzamenti ai contadini in affitto o in compartecipazione. I contadini, in genere, non risiedevano permanentemente nella masseria ma, giornalmente vi giungevano dai vicini borghi rurali.

La masseria veniva realizzata in luoghi elevati da dove era possibile il controllo di una vasta porzione di Feudo del quale diventava polo figurativo e amministrativo. Il complesso edilizio, realizzato su una vasta superficie, era costituito da un edificio principale, generalmente a pianta quadrata localizzato in una posizione centrale e da altri fabbricati disposti intorno a un'ampia corte. La casa padronale, spesso costruita su due piani, presentava alcuni elementi architettonici quali la forma delle aperture esterne di facciata, i cornicioni e le grondaie che richiamavano l'influsso edile urbano e i motivi architettonici secenteschi e settecenteschi. Al primo piano si trovava l'abitazione del proprietario e al piano terra i magazzini e le dispense. Le altre costruzioni erano le abitazioni dei salariati e gli annessi rustici cioè stalle, fienili, granai e locali per la produzione e conservazione dei formaggi. La corte era generalmente di forma rettangolare ove sui lati più lunghi si allineano il granaio, il frantoio, il palmento, la cantina, il fienile e le case rurali; su uno dei lati brevi si trovava la casa padronale e sul lato opposto, la chiesa qualora fosse presente, le stalle, i magazzini o semplicemente un muro (Lippi, 1990).

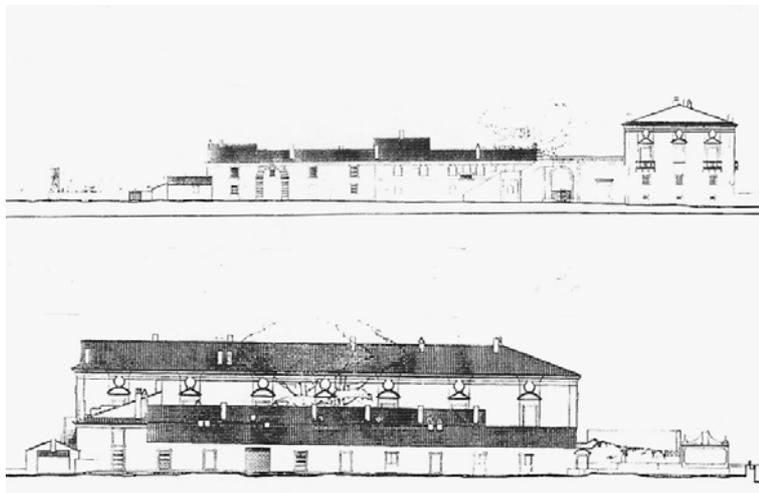


Figura 35 - Masseria del tipo Siracusano (Jiti) Fonte: Milella, 1992.

Il granaio, intonacato internamente, era munito di grandi finestre dotate di grate metalliche a protezione dagli animali e dai ladri. Il fienile presentava muri spessi, bucati regolarmente per consentire una corretta aerazione. La chiesa, ove veniva celebrata regolarmente la messa, era posizionata centralmente rispetto alla corte e il suono delle campane regolava tutte le faccende dalla campagna. Il massaro, il pastore, il castaldo, il maniscalco alloggiavano in case spesso costituite da un unico vano che, illuminato da due finestre rivolte a nord, ospitavano la cucina e la camera da letto. Il pozzo e il forno erano situati spesso in luoghi comuni, a disposizione di più nuclei familiari. I muri perimetrali frequentemente ciechi o aperti da piccole fessure munite di inferriate e le guardiole, incastrate ai cantonali delle mura di cinta, accentuano l'aspetto arcigno,

quasi come se fosse un fortilizio, nella campagna isolata, aperto al mondo esterno solo attraverso l'ingresso principale dove, un tempo, gli ospiti venivano accolti e deponevano le armi.

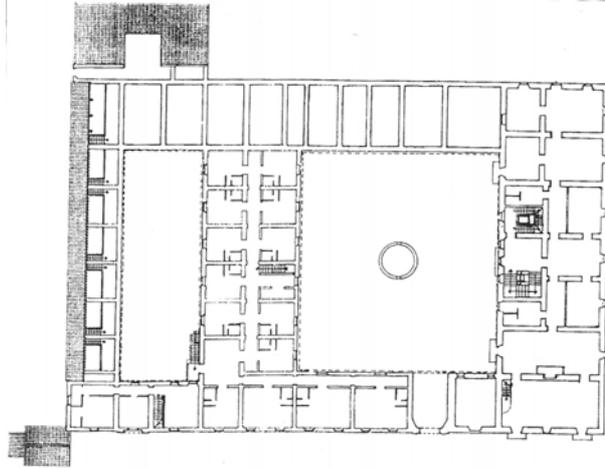


Figura 36 - Masseria del tipo siracusano (Jiti) Fonte: Milella, 1992.

**La piccola masseria** (o anche comunemente denominata masseria del tipo ragusano), invece, fu espressione delle riforme che, attraverso espropriazioni e incentivi a favore delle classi contadine, favorirono i frazionamenti fondiari fra le famiglie di fittavoli (Figura 37). Successivamente le difficoltà economiche a cui dovettero far fronte molti piccoli proprietari terrieri comportarono la ricomposizione delle proprietà e la nascita di questo tipo edilizio. Meno diffusa sull'Altopiano Ibleo, la piccola masseria era caratterizzata dall'assenza della villa padronale e dall'ampliamento della corte esterna. È un impianto più raccolto e contenuto, spesso senza pretese estetiche, con edifici in muratura a vista e quindi privi dei colori vivaci creati con la tecnica della scialbatura a calce caratterizzante la villa padronale nella grande masseria. Anche qui trovano spazio le abitazioni dei lavoratori, le stalle degli animali, i fienili, i locali per la lavorazione e la preparazione dei prodotti caseari. Tali corpi sono, in genere, raccolti attorno a un cortile aperto o disposti a "L" o a "C" in funzione alla morfologia del terreno (Failla *et al.*, 2005). In questo caso, la corte allargandosi in maniera sostanziale cessa di essere una piazza d'armi e diviene uno spazio libero che serve al movimento dei carri e alle varie attività rurali.

La piccola masseria appare vincolata alla cerealicoltura e all'allevamento bovino, mentre la grande masseria ha subito, negli anni, un mutamento dell'assetto agricolo che ne ha determinato il cambiamento d'uso di alcuni vani che, precedentemente adibiti a stalle, si sono stati trasformati in palmenti, cantine e frantoi.

La masseria ragusana si presenta non troppo grande con un cortile centrale di circa 20 m × 20 m. Gli stipiti delle porte e delle finestre, gli archi e le piattabande, le soglie delle aperture sono di calcare duro e la muratura, con o senza malta di calce, è realizzata con pietrame di calcare tenero il cui colore varia dal giallo chiarissimo al grigio.

L'area di massima diffusione della masseria ragusana risulta limitata agli altipiani ragusani e modicani. L'impianto siracusano si sviluppa, invece, in tutta la fascia orientale della regione Iblea, da Augusta a Pachino, sugli altipiani micenici fino a Frigintini e Castelluccio e nel territorio di Caltagirone. In altri ambiti territoriali, le due tipologie di impianto edilizio appaiono non nettamente separati tra di loro e si vanno diradando con l'altitudine man mano che si sale sugli Iblei dove lasciano il posto alle "mandre" che, caratterizzando il paesaggio, prendono il sopravvento (Pecora, 1973) (Figura 38).

Contestualmente alla nascita della piccola masseria, soprattutto all'inizio del secolo scorso, si diffusero su tutto il territorio ibleo numerose tipologie edilizie rurali, abitate da contadini le cui attività sociali ed economiche non erano completamente autonome dal grande Feudo.

Fra queste, il tipo ricorrente è quello della dimora rurale a una sola elevazione, con abitazione e rustico (fienile e stalla) variamente giustapposti e dislocati spesso attorno a un piccolo cortile delimitato da muri a secco (Figura 39).

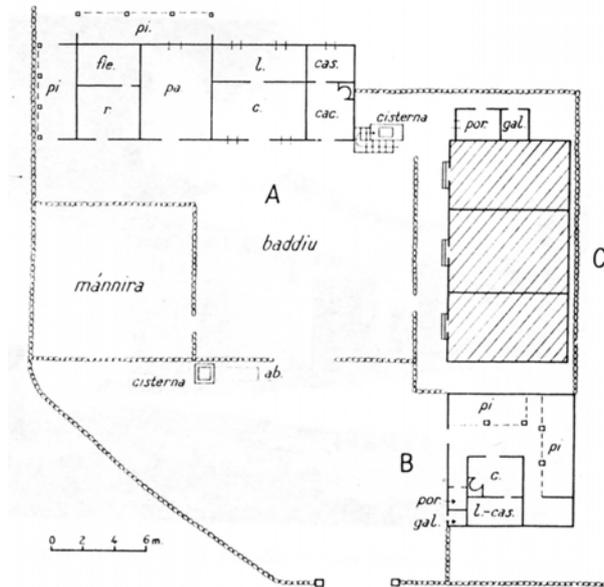


Figura 37 - Complesso rurale sito nel comune di S.Croce Camerina -esempio di piccola masseria. A. nucleo originario contenente i vani di alloggio della famiglia degli affittuari; B. nucleo rurale; C. casa padronale. Fonte: Pecora, 1973.

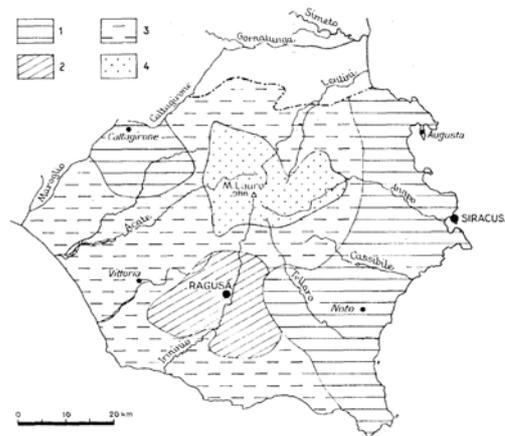


Figura 38 - Distribuzione dei tipi principali di masserie nella Sicilia sud-orientale. Fonte: Pecora, 1973. 1. Grande masseria (tipo siracusano); 2. Piccola masseria (tipo ragusano); 3. Area di sovrapposizione dei tipi siracusano e ragusano; 4. Area di rarefazione della masseria e di prevalenza delle mandre per ovini.

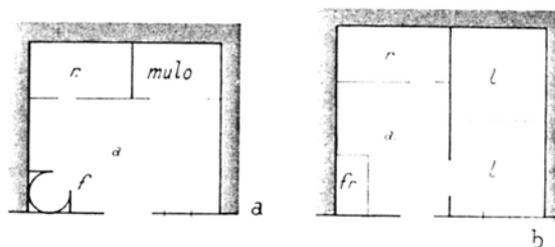


Figura 39 - Abitazioni di contadini: a. monocellulari e b. Bicellulari. Fonte: Pecora, 1973.

Lo schema di classificazione della casa a elementi giustapposti può essere così concepito (Pecora, 1973):

- casa con abitazione e rustico giustapposti lungo un unico asse, a “L” o a ferro di cavallo (Figura 40);
- casa con abitazione e rustico giustapposti, con cortile: con i due elementi su un allineamento frontale o a squadra; con i pro-servizi separati; con il fienile situato al primo piano sul complesso abitazione-rustico posto al piano terra (Figura 41 e Figura 42).

Gli elementi costitutivi della casa a elementi giustapposti sono sommariamente due: l’abitazione e il rustico. L’abitazione è formata, spesso, da un solo vano che, ove avvenivano tutte le attività domestiche, era adiacente a quello rustico che accoglie le stalle o il fienile. L’impianto è quindi di forma rettangolare e complessivamente ospita due o tre vani. A volte, un solo tetto a due falde copriva l’abitazione e il rustico e conferiva alla casa un aspetto unitario. Diversamente potevano presentarsi casi in cui il vano rustico possedeva una copertura distinta, a una sola falda, con il colmo a circa tra quarti dell’altezza di quello di copertura del vano a uso abitativo. L’aggiunta di altri vani ha portato alla realizzazione di caseggiati eterogenei sia per le varie capacità dei singoli ambienti, sia per la differente disposizione dei tetti, indipendenti l’uno dall’altro, con variabile pendenza e altezza di gronda. Frequente la presenza a una delle estremità dell’impianto di una stalla aperta costituita da una copertura bassa sostenuta da piccoli pilastri di pietrame o da robusti pali di legno, completamente aperta o chiusa su uno o due lati.

Questo tipo di casa rurale si riscontrava in tutta la fascia periferica della regione Iblea, nel vittoriese fino a Acate.

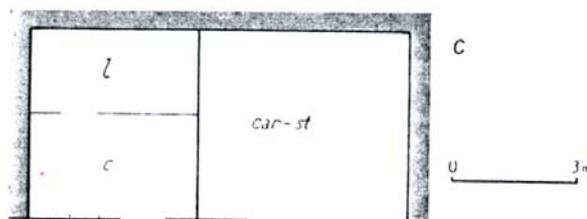


Figura 40 - Casa con abitazione e rustico giustapposti lungo un unico asse. Fonte: Pecora, 1973.

Nelle zone interne della provincia si diffuse, invece, la seconda tipologia ossia la casa con abitazione e rustico giustapposti, dotata di un piccolo cortile posto innanzi alla dimora delimitato da un muretto a secco. Questa tipologia edilizia presentava il fienile e la stalla in due vani distinti. Il cortile era di piccole dimensioni e serviva per le attività domestiche in quanto i lavori agricoli si svolgevano frequentemente fuori, nell’aia, sul terreno nudo, sulla roccia calcarea o su una pavimentazione lapidea.

Una variante di questa tipologia edilizia è offerta dalla casa con fienile posto al primo piano presente nelle zone limitrofe al capoluogo di provincia, lungo la valle dell’Irmínio e sulla direttrice di Ragusa-Comiso. La tipologia prevedeva l’abitazione e la stalla al piano terra e il fienile al primo piano, il cui accesso avveniva, tramite una piccola porta-finestra, grazie a una scala di legno non dalla corte, ma dal fianco dell’abitazione.

Man mano che aumentava l’altitudine, le dimore a elementi giustapposti erano costituite per lo più da due vani e ivi era particolarmente diffusa la tipologia edilizia a “mandra” (Figura 43) che, quasi mimetizzata con il paesaggio, era caratterizzata dall’abitazione, dal rustico e dal recinto situato davanti il fabbricato. In questi territori unitamente alla dimora a elementi giustapposti si trovava la casa dei comprensori di bonifica. Un fabbricato eccessivamente piccolo e caratterizzato dall’aver l’abitazione e il rustico disgiunti da un portico o “portico passaggio” che fungeva da carreteria-deposito (Figura 44).

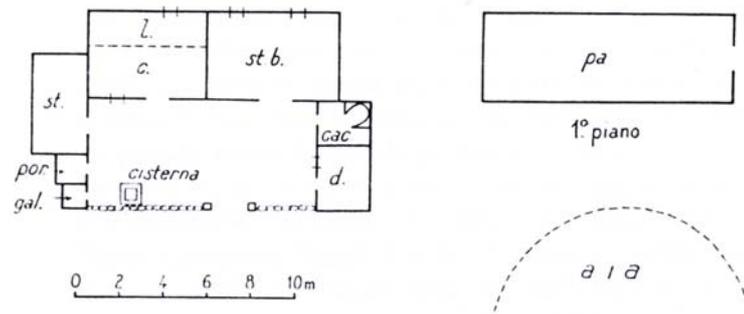


Figura 41 - Casa con abitazione e rustico giustapposti con cortile e fienile al primo piano. Fonte: Pecora, 1973.

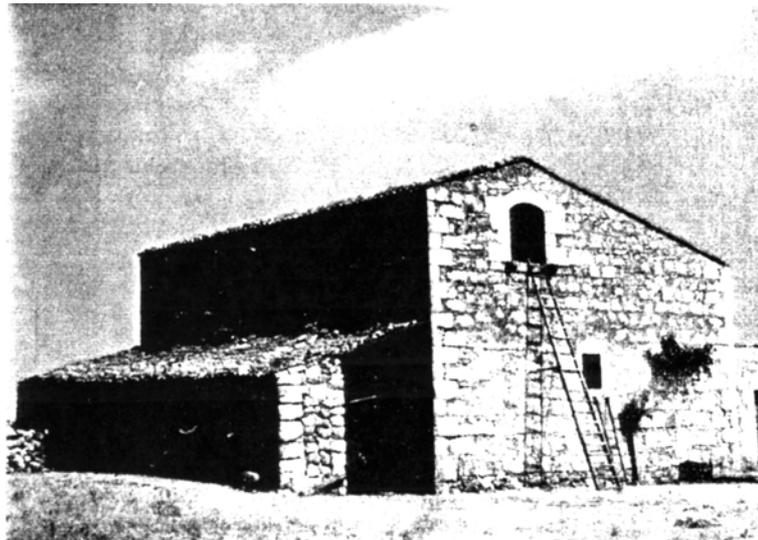


Figura 42 - Complesso costituito da abitazione e rustico su un unico livello e fienile sul livello superiore Ragusa contrada Battifilava. Fonte: Pecora, 1973.

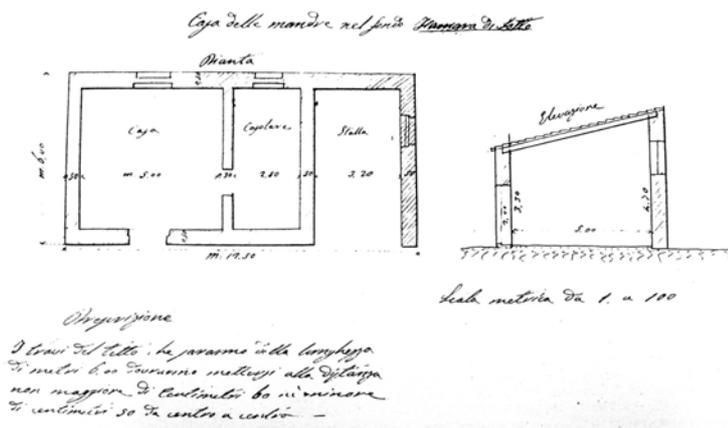


Figura 43 - Mandre. Fonte: Lippi, 1990.

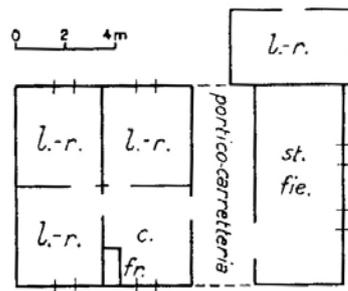


Figura 44 - Casa della riforma prebellica. Fonte: Pecora, 1973.

### 4.1.3 Gli edifici, i processi e le macchine per la produzione del vino.

La Sicilia, grazie alla sua posizione strategica all'interno di flussi commerciali, ha conosciuto la tecnica della vinificazione fin dal 2000 a.C. (Acquaviva, 1995) acquisendo così un millennio di tradizioni nel settore. È una delle regioni con maggiore produzione vinicola e, nel suo territorio, gli edifici tradizionali per la produzione del vino costituiscono una parte considerevole del patrimonio architettonico rurale. Tali edifici mostrano una chiara organizzazione planimetrica e altimetrica influenzata dalla necessità di agevolare i processi di lavorazione e di conservazione del vino nonché dall'orografia del sito.

Un edificio tradizionale per la produzione del vino nel suo aspetto compositivo-architettonico contribuisce a valorizzare l'immagine del prodotto e, indirettamente, ne accresce il valore tangibile, poiché il valore che il consumatore associa a un vino non dipende solo dalle caratteristiche organolettiche ma anche dall'immagine simbolica che egli percepisce dai luoghi di produzione, dalle tradizioni e dalla cultura produttiva (Di Fazio & Barreca, 2007). Attualmente la sempre più frequente presenza di visitatori nelle aziende vitivinicole e l'importanza attribuita al turismo enogastronomico incoraggiano il recupero di queste strutture che vengono riusate per ospitare nuove funzioni (diventano luoghi di degustazione e di ristorazione, musei ove vengono esposti i macchinari e il processo produttivo del vino, ecc.). Tuttavia, nel caso in cui si intendesse recuperare le cantine tradizionali per una produzione vitivinicola a uso familiare le tendenze in atto in ambito internazionale e i casi di buona pratica riscontrabili prevedono soluzioni coerenti, costruttive e funzionali, conformi alle caratteristiche costruttive e ai materiali adoperati nel territorio in cui si trovano.

Al fine di comprendere meglio l'articolazione morfologica e la distribuzione funzionale degli edifici tradizionali per la produzione e la conservazione del vino, palmenti e cantine, è necessario fare riferimento alle fasi della vinificazione tradizionale (Magnano di San Lio, 2005) e alle attrezzature utilizzate nel processo produttivo.

#### 4.1.3.a Il processo e gli strumenti per la produzione del vino.

In campo, durante la vendemmia (Figura 45), l'uva veniva raccolta in recipienti fatti di canne di diverse dimensioni, chiamati comunemente "cruveddi", "canceddi" o nei "cancidduzzi" che venivano appesi alla groppa dei muli (Paravizzini Dierna, 2007; Magnano di San Lio, 2005). Il mulo o il carro erano gli unici mezzi che, in passato, consentivano il trasporto dell'uva al palmento.

L'uva, distribuita sulla pista, veniva pigiata, senza l'ausilio di macchine pigiatrici<sup>84</sup> (Figura 46 e Figura 47) ma a opera di uno o più contadini, i "parmintara" che, attraverso movimenti ca-

<sup>84</sup> Le pigiatrici meccaniche sono costituite da una tramoggia che conduce le uve fra due rulli scanalati di ghisa o di legno che ruotano in senso antiorario e schiacciano più o meno fortemente i grappoli. L'operazione consente di ottenere un mosto che contiene anche raspi e bucce. Nei modelli a motore, un dispositivo a bracci regola l'afflusso dell'uva nei rulli. Questi macchinari sono mobili e potevano essere disposti direttamente sui tini. I modelli di maggiori dimensioni hanno i rulli rivestiti di gomma e sono muniti di una pompa che convoglia il mosto ai recipienti di fermentazione.

librati e ritmici delle gambe e con l'uso di scarpe bulettate, effettuavano la pigiatura sostenendosi, a volte, a delle corde attaccate al soffitto. Successivamente, con l'introduzione delle prime pigiatrici, l'area di pigiatura inizialmente dimensionata in base alla capacità di lavorazione giornaliera venne utilizzata per il deposito temporaneo delle uve (Acquaviva, 1995).

La pigiatura effettuata con i piedi presentava alcuni inconvenienti legati alla lentezza, alla incompletezza dell'operazione e alla scarsa igiene. Tuttavia, lo schiacciamento degli acini avveniva in maniera soffice, senza lacerazioni, senza lo spappolamento della buccia evitando il contatto del mosto con gli elementi di metallo che ne avrebbero alterato la qualità (Cantarelli, 1983).



**Figura 45 - Immagine di una vendemmia a Sant'Alfio (Ct) dei primi del'900 (Foto N. Spina).**

Dopo l'operazione di pigiatura, mediante paratie mobili di legno e canalette a sbalzo, il pigiato veniva trasferito nelle vasche sottostanti, tini o ricevitori che servivano per la fermentazione tumultuosa, a volte con la presenza delle vinacce, del mosto o, nel caso di vinificazione del vino bianco, erano i luoghi deputati per una parziale decantazione (Failla & Nicolosi Asmundo, 1984). Il numero dei tini presenti in palmento e la loro capacità complessiva dipendeva dalla quantità giornaliera di uva raccolta e dalla durata di fermentazione del mosto.

La vinaccia veniva raccolta dalla zona di pigiatura o dai tini e pressata nei torchi. La letteratura indica vari sistemi di torchiatura, usati dai greci e dai romani e adoperati fino ai giorni nostri nelle aziende a conduzione familiare.

Il sistema più arcaico per pressare la vinaccia consisteva nel metterla dentro una cesta e comprimerla attraverso una lunga trave *prelum* che formava una leva tra un punto di appoggio, creato nel muro perimetrale, e due pilastri di legno detti *arbores* (Acquaviva, 1995). La zona della torchiatura doveva consentire sufficiente spazio di manovra e dall'esterno era spesso riconoscibile per la presenza di contrafforti murari in corrispondenza del vincolo a muro della trave del torchio.

Nella zona archeologica di Palazzolo Acreide, nello scavo di un palmento (Figura 48) sono presenti accanto alla vasca di pigiatura due fori scavati nella roccia: uno rettangolare di dimen-

---

*Al fine di ottenere un vino armonico, ossia giustamente acido e tannico, venivano impiegate le macchine pigiatrici diraspatrici che eseguivano contemporaneamente la pigiatura e la separazione dei raspi. Le macchine erano costituite da uno o più cilindri di lamiera forata al cui interno girava un albero dotato di pale elicoidali. Su un telaio metallico era disposto l'apparato diraspante. L'uva introdotta attraverso una tramoggia veniva sbattuta contro le pareti del cilindro e dai fori della lamiera defluiva il mosto che veniva raccolto nella vasca sottostante il cilindro. I raspi passano in un secondo cilindro concentrico e da qui erano espulsi. Tale operazione consentiva una pigiatura rapida e completa, senza lacerazione dei raspi, con una certa aereazione che favoriva il raffreddamento del mosto e lo sviluppo dei lieviti. Queste macchine, azionate a mano o a motore, con capacità lavorative da 10 q a 400 q al giorno, erano a cilindri orizzontali e a cilindri verticali e consentivano l'espulsione dei raspi dal basso o dall'alto (Cantarelli, 1983).*

sioni  $27 \times 40$  cm e profondo 44 cm e uno irregolare con un lato di 61 cm di dimensione. I due buchi, comunicanti tra di loro mediante un foro ad asse orizzontale scavato nella roccia, servivano rispettivamente: il buco rettangolare ad accogliere un palo verticale con aperture ai quattro lati che fungeva da vincolo per la trave orizzontale del torchio e quello irregolare permetteva il posizionamento nel foro roccioso di comunicazione di un asse di legno che garantiva la stabilità del palo verticale. Tale sistema rappresentava un vincolo in un estremo della trave di pigiatura che operava la torchiatura della vinacce.



Figura 46 - Pigiatrice



Figura 47 - Pigiatrice diraspatrice



Figura 48 - Sistema di torchiatura. Fonte: Acquaviva, 1995.

Il *torchio ad argano* (Figura 49), documentato da Catone e utilizzato nel II° sec a.C., era dotato di un argano che, fissato a terra e manovrato da leve, consentiva la movimentazione del *prelum*. Il *prelum* era appoggiato su traversine di legno, *asseracula*, sorrette da una coppia di montanti di legno, *arbores* che, forati lateralmente consentivano di variare la posizione delle traversine e quindi la pressione della trave man mano che il volume da torchiare diminuiva. Il sollevamento della trave era concesso dallo scioglimento delle corde che scorrevano dentro una carrucola, *sucula*. L'*ara*, spazio di forma circolare dove venivano disposte le vinacce, si trovava allo stesso livello della pavimentazione e aveva una certa pendenza al fine di fare defluire il mosto dentro la vasca di pigiatura, *lacus*.

La Figura 50 mostra un torchio realizzato con la *coclea*, una trave orizzontale filettata con vite femmina che si avvitava su una trave verticale, *ruga*, a forma di vite senza fine. Sulla base del giro che veniva impostato, in senso orario o antiorario, la trave pressante si alzava o si abbassava. Questi torchi si diffusero dal I° sec. a.C. al II° sec d.C. e potevano possedere dei con-

trappesi mobili o fissi (la vite era ancorata al suolo o a un contrappeso che, per la sua pesantezza, non le consentiva alcun movimento).

Il torchio “*a cappella*” (Figura 51) presente nei vecchi palmenti del ragusano, era realizzato con una traversa in legno dotata di madrevite che, vincolata a due montanti verticali, consentiva lo scorrimento della trave di legno.

Il torchio “*a bilancia*” (Figura 52 e Figura 55) era realizzato con la trave pressante vincolata nella testa, al muro (Figura 53), nella parte centrale, a due montanti forati che consentivano l’inserimento di traversine in legno o in ferro, allo scopo di bilanciarla nelle fasi di sollevamento o di abbassamento. All’altra estremità rispetto alla testa, la trave terminava a forcella ed era vincolata a una vite di legno (Failla & Nicolosi Asmundo, 1984).

Una variante di questo tipo di torchio presentava il vincolo alla testa della trave realizzato inserendo il *prelum* in un palo verticale detto “*u peri*”. Tale palo, forato e generalmente in legno di quercia, era vincolato al muro con una coppia di lastre di pietra lavica (Figura 54). Le vinacce venivano ammassate nella parte centrale della trave pressante sotto un disco di legno. Esse erano contenute in un cilindro alto circa 1,60 m, di circonferenza pari a quella del disco soprastante, realizzato con nastri di fibra vegetale che venivano intrecciati, dalla base per poi salire progressivamente, con una tecnica che in dialetto siciliano si chiamava “*murari u pastuni*” (Acquaviva, 1995).

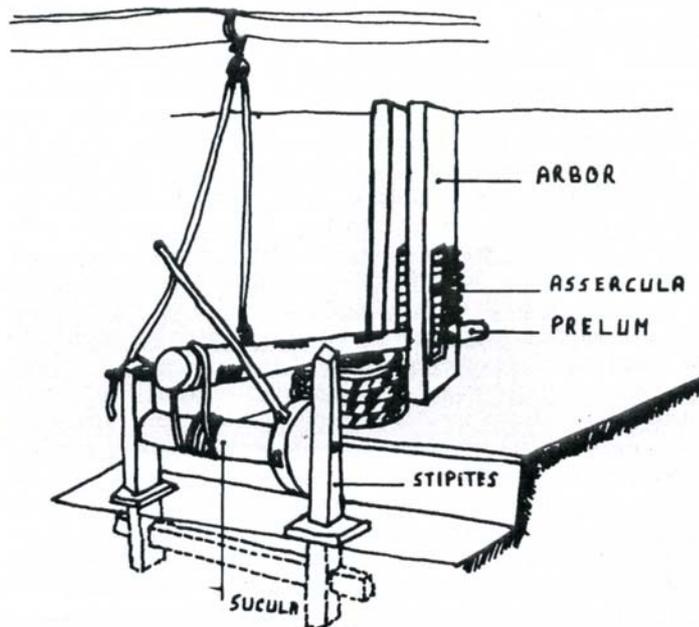


Figura 49 - Torchio con argano. Fonte: Acquaviva, 1995.



Figura 50 - Torchio a vite - Buscemi - Palazzolo Acreide. <http://www.museobuscemi.org>



Figura 51 - Torchio a cappella con vite in legno ad azione diretta. Fonte: Acquaviva, 1995.



Figura 52 - Torchio a bilancia: immagine della testa della trave vincolata alla vite.



Figura 53 - Vincolo al muro della testa della trave pressante.

La vinaccia veniva sottoposta al torchio in genere due volte. Il giro di vite in senso orario, con il *prelum* bilanciato sui montanti, permetteva nell'estremità dove era inserita la vite un abbassamento dell'asse della trave e un innalzamento della testa. Invece la rotazione in senso antiorario produceva il movimento contrario. Queste operazioni, unite alla possibilità della trave di trovare appoggio sui vincoli (nei montanti e nel vincolo a muro) e all'azione alternante di togliere e/o inserire le traversine nei montanti e nel *peri*, consentivano l'abbassamento della trave e quindi la pressatura delle vinacce.

Di seguito vengono illustrate più nel dettaglio le operazioni di movimentazione del torchio (Figura 56) (Cascone *et al*, 1997):

La leva A-B fa perno nei montanti, in C, e ivi la traversina è posizionata nel primo foro. Il braccio C-B viene abbassato dalla rotazione delle vite e il braccio A-C contemporaneamente si solleva consentendo di togliere la traversina dal primo foro del punto A per inserirla nel secondo foro.



Figura 54 - Vincolo a muro in alcuni torchi a bilancia. Fonte: Acquaviva, 1995.

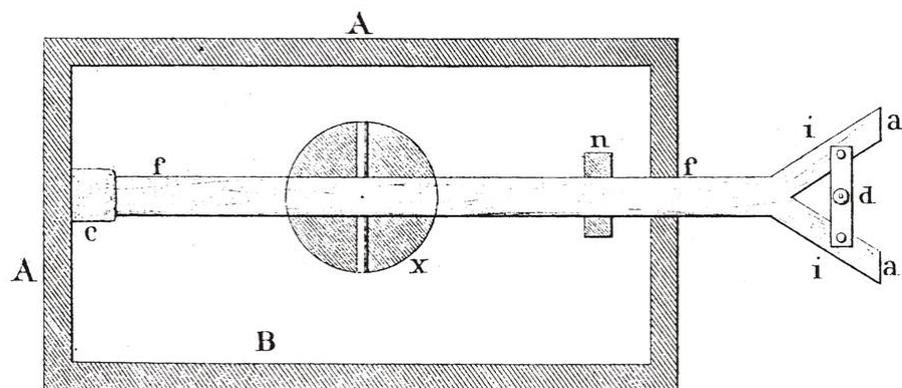
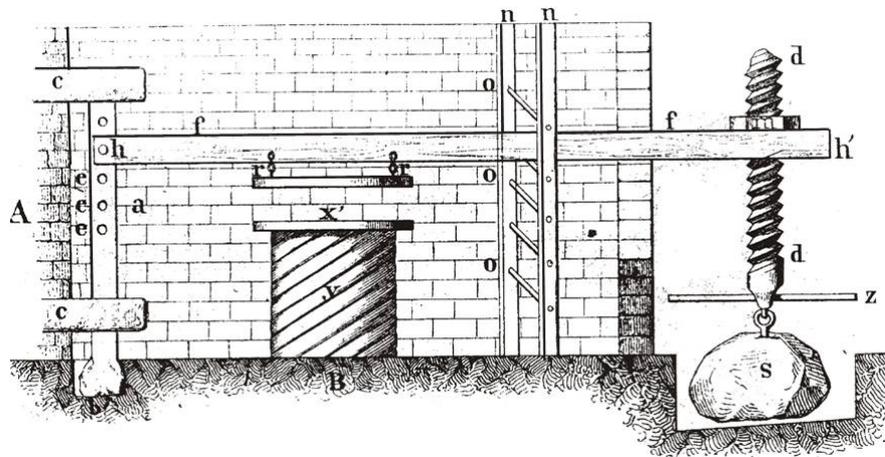


Figura 55 - Rappresentazione del torchio a bilancia (Caruso, 1869).

Successivamente il braccio C-B viene sollevato in seguito alla rotazione in senso antiorario della vite e contemporaneamente si abbassa il braccio A-C fino a poggiare sulla traversina inserita in A nel secondo foro. Adesso spostando la traversina dal primo foro del palo centra le C al secondo foro è possibile rieffettuare le fasi di torchiatura precedentemente descritte.

Dopo avere spostato le traversine negli ultimi fori, un'ulteriore rotazione della vite che produrrà il sollevamento della leva A-B consentirà l'inserimento sotto la traversina di cunei di legno e un'ulteriore abbassamento della testa. La trave verrà fatta abbassare fino a quando il contrappeso non accennerà ad alzarsi.

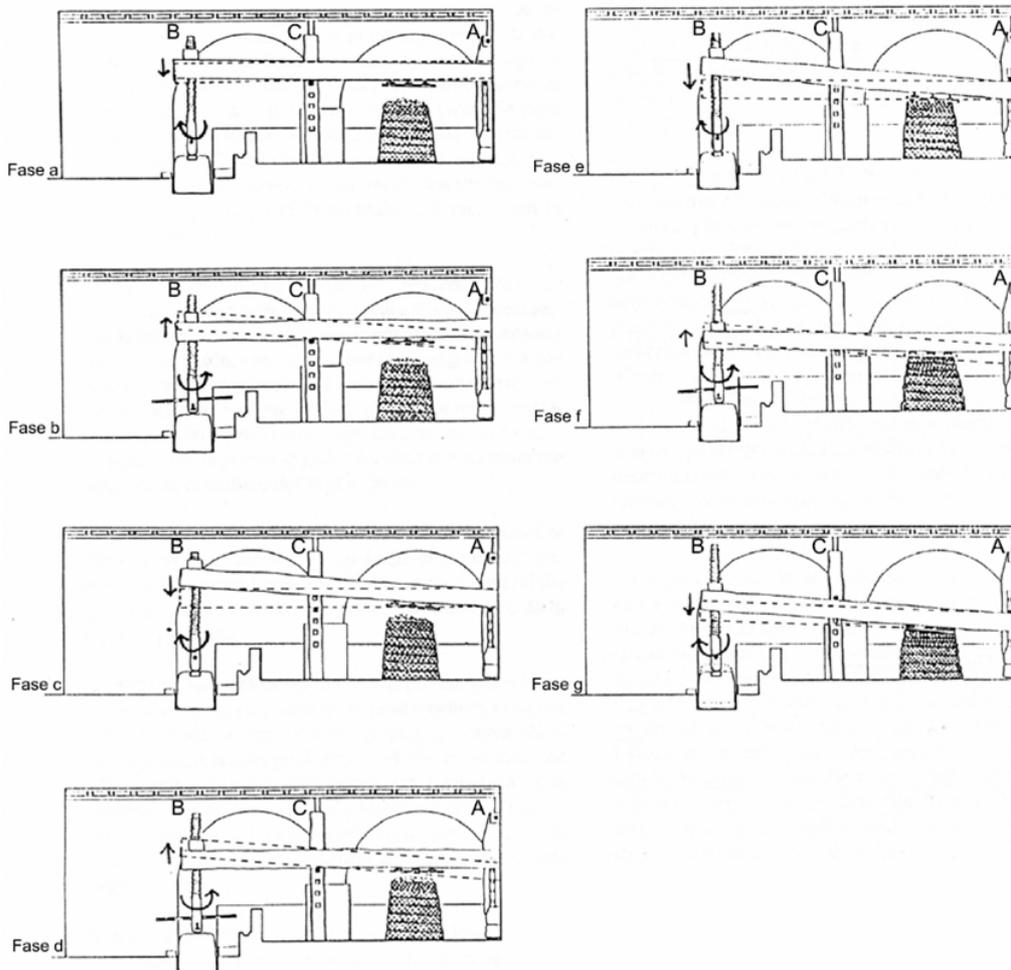
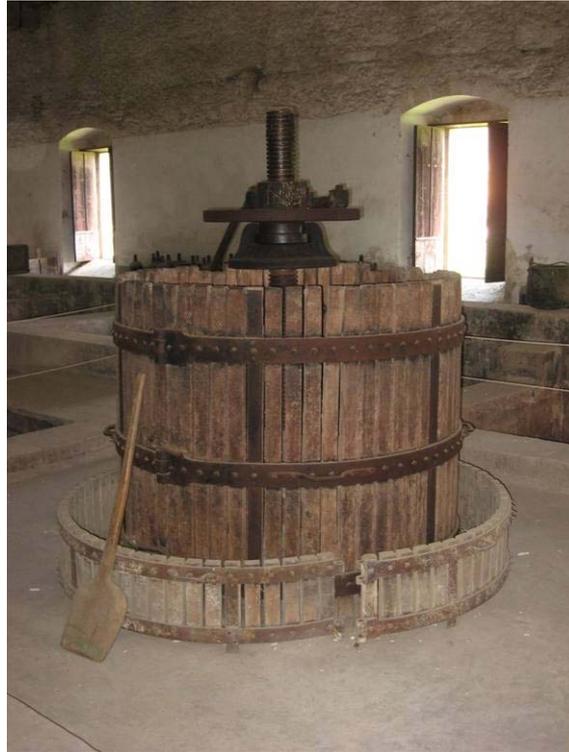


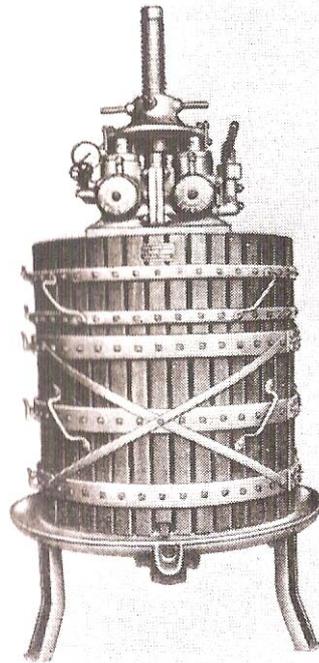
Figura 56 - Fasi della torchiatura nel torchio a bilancia. Fonte: Cascone *et al.*, 1997.

Il “*torchio a bilancia*” si presentava più funzionale rispetto al torchio alla greca perché consentiva la torchiatura di una grande quantità di vinaccia e una maggiore pressione da parte della trave.

Negli anni trenta, nell'area iblea, il torchio a vite e quello a cappella con vite in legno ad azione diretta vennero progressivamente sostituiti da un torchio costituito da un tino di pressa, denominato “*u cannizzo*”, che rappresentò l'ultima generazione degli strumenti di pressa manuali. Il torchio era realizzato con doghe di legno discostate tra di loro al fine di consentire la fuoriuscita del vino che veniva raccolto su un basamento in ghisa o pietra dotato di un beccuccio di scolo. Al centro del basamento era collocata una vite di ferro (Figura 57). La madre vite che consentiva la pressatura era costituita da una piastra forata con vite femmina in cui erano inserite delle assicelle di ferro che unitamente a una leva di ferro, azionata a mano, facevano ruotare la piastra. Erano macchine mobili di modeste capacità che esercitavano pressioni di 2,5 kg/cm<sup>2</sup> e che furono successivamente modernizzate con apparati di compressione idraulica.



**Figura 57 - Torchio detto “u cannizzo”.**



**Figura 58 - Torchio a vite azionato da una pompa idraulica**

Il torchio a vite azionato da una pompa idraulica (Figura 58) era dotato di un compressore costituito da due pistoni, un manometro e una valvola di scarico che consentiva la discesa rapida del piatto lungo la vite. Invece, il torchio a pressione idraulica, evoluzione del torchio a vite con pompa idraulica, era composto da un'incastellatura che comprendeva un basamento in cui aveva sede il pistone e da una gabbia di legno con armatura di acciaio disposta su un piatto mobile situato su rotelle che conteneva le vinacce. Il meccanismo, azionato dalla pompa che era incorporata nel montante dell'incastellatura, raggiungeva pressioni fino a 25 kg/cm<sup>2</sup> e permetteva la la-

vorazione di 5-15 q di vinaccia. Il pistone poteva sollevarsi dal basso o scendere dall'alto e ogni pressa disponeva di due gabbie mobili su carrello al fine di facilitare il caricamento e rendere più celere la spremitura. Con i torchi a pressione verticale si poteva ottenere un buon prodotto di spremitura e un'alta resa. Tuttavia il ciclo di pressatura con questo tipo di macchinario risultava piuttosto lento e intermittente (Cantarelli, 1983).

Con l'adozione del sistema pneumatico, la lavorazione delle vinacce risultò eccellente per la mancata lacerazione e perché essere venivano schiacciate in maniera soffice e uniforme. Questi tipi di macchinari permettevano la spremitura dell'uva e anche della vinacce mediante un cilindro di gomma che veniva gonfiato dentro una gabbia di acciaio.

Nei locali per la produzione del vino, accanto ai tini di fermentazione e soprattutto nelle grandi aziende vinicole si trovavano i *tinelli di svinatura*, ossia tini di piccole dimensioni che servivano per la raccolta momentanea del mosto, all'atto della svinatura e dopo la fermentazione, prima della conservazione nelle botti.

Il travaso del vino veniva effettuato con una "*mezza tina*", cioè in un tino di legno ottenuto da una botte tagliata a metà, con "*u brigghiolu*", cioè un secchio di legno a forma tronco-conica, con "*u tineddu*", ossia un tino di forma tronco-conica stretto all'estremità o con i "*lan-nuna*", contenitori di latta a forma di parallelepipedo dalla capacità di 12 litri. Tuttavia, a volte, il mosto fermentato defluiva dai tini di fermentazioni nelle botti attraverso apposite canalette in pietre disposte sui muri perimetrali della cantina.

Le botti, generalmente in legno di castagno, più raramente di quercia o di ciliegio, venivano controllate rigorosamente dagli operai prima di effettuare il versamento del mosto e cementate con della creta qualora presentavano delle falle.

#### **4.1.3.b Gli impianti tradizionali per la produzione del vino nell'area iblea.**

Quando le caratteristiche della produzione vinicola implicano la realizzazione di più corpi di fabbrica essi possono essere ubicati su piani sfalsati (Figura 59) determinati dall'orografia del terreno o disposti su un unico livello (Figura 60). Tali corpi di fabbrica si possono presentare giustapposti o separati (Figura 60, a e b).

La maggior parte degli edifici tradizionali adibiti alla produzione del vino possiedono le seguenti caratteristiche comuni (Cascone *et al.*, 1997):

- la presenza della zona di pigiatura, della zona di fermentazione, della zona di torchiatura e della cantina (Figura 61);
- la presenza di accessi, per lo scarico delle uve, in corrispondenza della zona di pigiatura (Figura 62) e per la distribuzione del prodotto finito, in corrispondenza della cantina (Figura 63);
- la presenza di finestre nella zona di fermentazione (Figura 64);
- la disposizione planimetrica dell'edificio con l'orientamento a nord e il parziale interrimento di due o tre lati della cantina, al fine di garantire le ottimali condizioni termo-igrometriche (Figura 64);
- l'adozione, nella costruzione dei corpi di fabbrica, di caratteristiche tecnico-costruttive specifiche quali: lo spessore dei muri che assicura la solidità strutturale e un buon isolamento termico degli ambienti per la vinificazione e per la conservazione; l'orditura del tetto che, non spingente, garantisce una ventilazione sottotegola; la disposizione strategica delle aperture che, dogate o dotate di scuri, garantisce bassi livelli di illuminazione e, al fine di favorire la rimozione dei gas, una sufficiente ventilazione; la presenza, nelle zone di lavorazione, di pavimentazioni resistenti e, a volte, la presenza del terreno nudo nei locali di conservazione che contribuisce ad aumentare il livello di umidità;
- la presenza di torchi e altri macchinari (pigiadiraspatrici, diraspatrici, ecc.) che, utilizzati nel ciclo produttivo tradizionale, rappresentano strumenti di notevole interesse nell'ambito della meccanica agraria.

Spesso la dimora del proprietario veniva edificata, in posizione dominante (Figura 59), superiormente al palmento o alla cantina e in diretta comunicazione con questi locali. In questi casi,

una porta interna consentiva l'accesso diretto alla cantina e una finestra o uno spioncino, collocati in una camera di servizio adiacente ai locali di vinificazione, permettevano al proprietario di osservare i processi di vinificazione (Failla *et al.*, 1997). Nelle grandi proprietà, la casa padronale assumeva spesso il carattere di villa rurale, dove il proprietario e la sua famiglia trascorrevano la villeggiatura estiva e sovrintendevano ai lavori di vendemmia.

L'area di pigiatura (Figura 65) era generalmente pavimentata in lastre di pietra locale (calcareo o pece) con blocchi squadri e bocciardati. Talvolta era realizzata spalmando sul massetto vari stati di malta costituita da calce idraulica e aggregati lapidei locali. Le canalette e le bocche di sgrondo del mosto erano realizzate in pietra mentre le paratie mobili venivano realizzate in legno (Figura 66). Questi elementi erano generalmente ubicati nel parapetto delimitante la pista di pigiatura e consentivano, o impedivano, il trasferimento delle vinacce alle vasche di fermentazione.

La zona di pigiatura veniva dimensionata in base alla produzione annua.

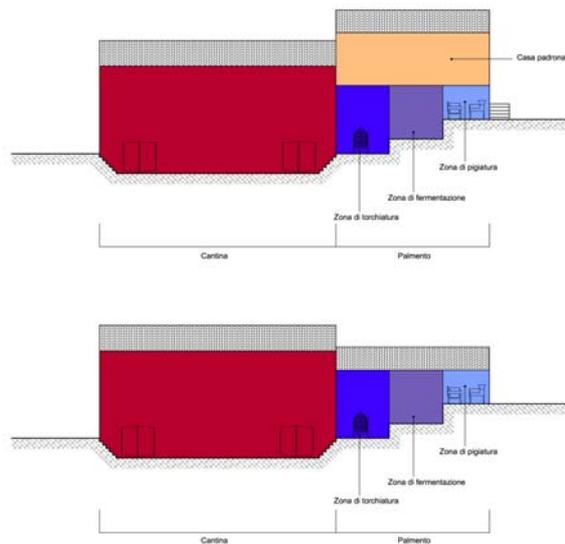


Figura 59 Soluzione edilizia a piani sfalsati.

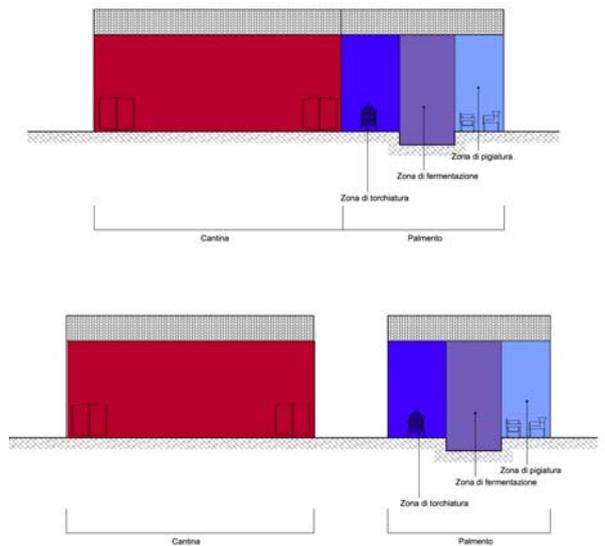


Figura 60 - Soluzione edilizia su un unico livello.





Figura 63 - Vista della cantina con il grande portone di ingresso.



Figura 64 - Veduta del palmento (sulla sinistra con la finestra in corrispondenza della zona di fermentazione) e della cantina parzialmente interrata.



Figura 65 - Pista di pigiatura (Azienda vinicola Valle dell'Acate - Acate) e tini di fermentazione



Figura 66 - Canaletta di sgrondo posta sulla pista di pigiatura (Azienda Fegotto - Chiaromonte Gulfi)

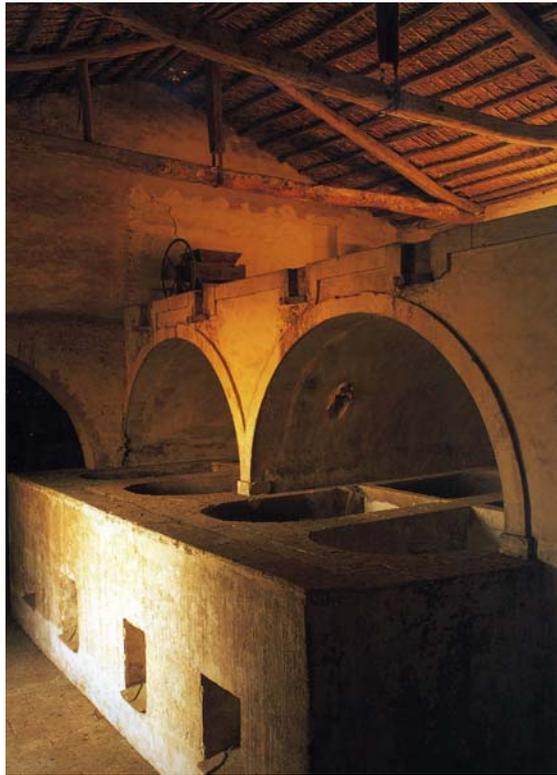
I tini di fermentazione (Figura 67, Figura 68), in taluni casi e al fine di sfruttare al meglio lo spazio a disposizione nel palmento, erano realizzati sotto le volte in pietra che sostenevano la pista di pigiatura (Figura 69) e comunque si trovano sempre nello spazio adiacente sottostante alla zona di pigiatura al fine di consentire al pigiato di defluire attraverso i bocchettoni. I tini avevano una superficie rettangolare, ovoidale o quadrangolare, di circa 1,50 m<sup>2</sup> - 2.50 m<sup>2</sup> e un'altezza massima di 1,60 m, erano realizzati in muratura con finitura in intonaco di calce aerea o idraulica e aggregati con spiccate caratteristiche idrauliche al fine di realizzare una superficie idrofuga, liscia, lavabile e resistente. In corrispondenza della zona di fermentazione e appena al di sopra della superficie del mosto erano realizzate nei muri perimetrali delle finestre al fine di favorire l'allontanamento dell'anidride carbonica.



Figura 67 - Tini di fermentazione.



Figura 68 - Particolare tini di fermentazione



**Figura 69 - Tini di fermentazione ricavati parzialmente sotto le volte della pista di pigiatura (Azienda Fegotto - Barresi *et al.*, 2005).**

La zona di torchiatura, molte volte adiacente alle vasche di fermentazione, era costituita da una superficie, pavimentata in basole di pietra calcarea o pece, adeguatamente ampia, realizzata tenendo conto dei macchinari di torchiatura che sarebbero stati utilizzati nel processo e per consentire spazi di dimensione adeguata agli operatori addetti alla torchiatura. Spesso, tale ambito funzionale è riconoscibile nella muratura perimetrale dell'edificio per la presenza di contrafforti murari in corrispondenza del vincolo a muro della trave del torchio. La dimensione dell'area di torchiatura variava in funzione del tipo di torchio che veniva utilizzato: nel caso del torchio denominato "u cannizzo" (Figura 70) poteva anche essere di 2.50 m<sup>2</sup> circa, invece nel caso del torchio a bilancia (Figura 71) era indispensabile una superficie di 5-6 m<sup>2</sup>.

I tinelli di svinatura che potevano essere dell'ordine di 1-1,5 m<sup>2</sup> si trovavano adiacenti a quelli di fermentazione e spesso erano collocati con canalette ai locali di conservazione. Questi recipienti servivano per la raccolta momentanea del mosto all'atto dello svinatura e prima della conservazione nei contenitori ed erano realizzati con le stesse caratteristiche costruttive dei tini di fermentazione cioè in muratura e con finitura in intonaco liscio di malta bastarda.

La cantina (Figura 72) era generalmente realizzata con orientamento a nord in un unico vano, rettangolare o quadrato, parzialmente interrato su due o tre lati in modo da sfruttare la pendenza del terreno e per ottenere una temperatura di conservazione appropriata, relativamente bassa e costante anche durante il periodo estivo e in casi di forti escursioni termiche. Il locale doveva essere ben ventilato e con bassi livelli di illuminazione. La pavimentazione era spesso assente perché il terreno nudo o l'uso di ciottoli o ghiaia avevano la funzione di mantenere l'umidità. Tuttavia la superficie della cantina poteva presentarsi parzialmente pavimentata con mattonelle di cotto o di pietra.



Figura 70 - Zona di torchiatura. Torchi “u canazzino” su base in acciaio o lapidea.



Figura 71 - Zona di torchiatura: torchio a bilancia con vincolo a muro



Figura 72 - Cantina (Azienda vitivinicola Valle dell'Acate).

Dall'indagine compiuta nel territorio ibleo su un campione di otto cantine realizzate in edifici tradizionali, realizzati nella seconda metà dell'ottocento e nei primi decenni del novecento, è emerso che le murature perimetrali dei palmenti e delle cantine (Figura 73), venivano realizzate in pietrame calcareo informe e malta di calce con aggregati calcarei quale materiale di collegamento fra i conci, capace di indurire, aderire al materiale e presentare una adeguata resistenza agli sforzi.

Gli elementi lapidei venivano posti in opera con un'organizzazione poco accurata e gli spazi di risulta tra i blocchi erano saturati con malta di calce e minutame lapideo. I cantonali di unione delle varie cortine murarie che garantivano l'ammorsatura tra i muri, erano realizzati con grosse pietre calcaree di 50-60 cm, disposte con la dimensione maggiore ortogonalmente al paramento e pari allo spessore del muro. L'inconveniente, dovuto alla variabile dimensione delle pietre informi, determinava filari non orizzontali, minime superfici di contatto tra gli elementi, disuniformità delle sollecitazioni e inevitabile formazione di punti di minore resistenza. Tuttavia, per aumentare la omogeneità e la regolarità del manufatto, a volte, si era soliti spianare la muratura ogni due o tre ricorsi, mediante l'uso di pietre opportunamente scelte.

I materiali base per la realizzazione della muratura erano quindi: i blocchi di pietra calcarea, la malta di calce e sabbia e il minutame di materiale lapideo per la saturazione degli spazi di risulta. Lo spessore dei paramenti era variabile da un minimo di 30-50 cm a un massimo di circa 150 cm.

I paramenti esterni non si presentavano intonacati, mentre quelli interni, nella cantina e nel palmento, erano rifiniti interamente o fino a una altezza di 2 m circa, per migliori condizioni igieniche, con un intonaco a base di calce aerea o idraulica lisciato o strollato<sup>85</sup>.



**Figura 73 - Muratura di pietrame informe e malta di calce e particolare di un cantonale.**

Le aperture, spesso protette da grate a eccezione di quelle per lo scarico dell'uva, presentavano delle cornici in pietra da taglio calcarea, composte da una soglia, due spallette e un architrave. Quest'ultimo veniva suddiviso in due elementi paralleli, uno interno allo spessore murario e l'altro esterno.

L'architrave esterno veniva posizionato all'interno del muro per un terzo del suo spessore, nei restanti due terzi dell'apparato murario era alloggiato l'architrave interno che, in funzione della luce delle aperture, poteva essere realizzato in legno o in pietra. Per luci grandi, 130-160 cm, veniva realizzato secondo un arco tramite un numero variabile di conci di pietra. Invece, nel caso di luci di dimensioni più modeste l'architrave esterno si presentava a intradosso rettilineo attraverso un semplice accostamento di due o più conci lapidei. Per le aperture di piccole dimensioni si ricorreva, solitamente, a un unico concio che, da solo, riusciva a coprire la luce dell'intero passaggio.

La costruzione delle spallette era realizzata in pietra seguendo due possibili modalità costruttive che prevedevano, rispettivamente, la disposizione della dimensione dominante del concio in modo ortogonale o parallelo alle facce del muro.

Alcuni edifici presentano i tini di fermentazione ubicati parzialmente sotto la zona di pigiatura e coperti da volte a botte che, realizzate in muratura, erano spesso dotate di un'apparecchiatura a filari longitudinali, messa in opera disponendo i filari di pietre squadrate longitudinalmente alla linea della generatrice.

Nei fabbricati per la produzione del vino di modeste dimensioni, la copertura era realizzata a due falde con arcarecci, o con puntoni, travicelle, incannucciato e manto in coppi e canali. L'incannucciato mostrato in Figura 74, sostituito in seguito con un tavolato in molte fabbriche a causa di lavori di recupero, consentiva una buona ventilazione sottotegola, utile all'allontanamento dei gas prodotti durante il processo di fermentazione e al controllo della temperatura e dell'umidità nei locali.

---

<sup>85</sup> *L'intonaco strollato o pinocchietto è realizzato scagliando sulla superficie con la cazzuola della malta contenente ghiaia. L'aspetto ottenuto è estremamente scabro e questo tipo di finitura è utilizzato soprattutto nelle soluzioni basamentali, perché resistente agli urti e agli atti vandalici, evidenzia meno le macchie e dissuade dal contatto.*

Tuttavia raramente erano presenti strutture che necessitavano di coperture a un'unica falda anzi frequentemente, per gli impianti di notevole dimensione, la copertura a due falde veniva strutturata con l'ausilio di capriate palladiane<sup>86</sup> che, in legno di abete o di castagno, riuscivano a coprire una luce di 10 m e scaricavano il peso soltanto sui muri portanti laterali della costruzione. Sulle capriate venivano ancorate le terzere, disposte ortogonalmente, su queste l'incannucciato e, con appositi ganci, il manto di copertura, in coppi e canali.



Figura 74 - Particolare del colmo di una copertura con struttura portante in legno.

#### 4.1.4 Gli edifici per la produzione dell'olio.

Il bacino del Mediterraneo vanta un'antica tradizione nel processo produttivo dell'olio in quanto la coltivazione dell'ulivo era tra le attività agricole maggiormente diffuse. Numerosi eventi bellici e catastrofici che hanno colpito l'isola hanno cancellato alcuni esempi tipici, alcune strutture tradizionali sono state abbandonate, altre sono notevolmente mutate per l'adeguamento ai nuovi macchinari e alle tecnologie innovative (Denti *et al.*, 1994) o si sono radicalmente trasformate in seguito al cambio di destinazione di uso. Tuttavia permangono nel territorio i segni, le tracce di questa attività (Di Fazio, 2008), molti frantoi in edifici tradizionali che, continuando a contraddistinguere il territorio rurale, documentano gli aspetti costruttivi e le modalità di lavorazione di un tempo.

Si vuole effettuare un breve *excursus* sul metodo tradizionale di produzione dell'olio di oliva e sulle sue evoluzioni negli anni, sui macchinari e sulle attrezzature utilizzate ma principalmente sugli aspetti funzionali e tecnico-costruttivi degli edifici che, plasmati alle caratteristiche del processo di lavorazione, ospitavano la produzione e la conservazione.

##### 4.1.4.a Il metodo tradizionale per la produzione dell'olio d'oliva: dalla raccolta delle olive all'estrazione dell'olio.

La lavorazione delle olive per l'estrazione dell'olio consiste nel rompere i tessuti del frutto per consentire la fuoriuscita del succo o *mosto oleoso*. Il residuo solido rimasto dall'operazione di estrazione prende il nome di *sansa* e può essere sottoposto a un ulteriore processo di spremitura (Cantarelli, 1983).

Il ciclo di lavorazione per la produzione dell'olio comprende le seguenti operazioni (Cantarelli, 1983):

- raccolta e trasporto delle olive;
- conservazione e fermentazione delle olive;

---

<sup>86</sup>La capriata palladiana risulta composta da due puntoni, una catena, un monaco e due saette.

I puntoni sono travi inclinate come le falde del tetto; la catena è una trave orizzontale che ha la funzione di assorbire gli sforzi di trazione esercitati dai puntoni in corrispondenza della testa dei muri; il monaco è un elemento verticale posto tra i puntoni e ha il compito di limitare la flessione della catena, di assumere il collegamento tra i puntoni nonché di garantire la complanarità della struttura; le saette scaricano sul monaco la forza di compressione derivante dal collegamento con i puntoni.

- cernita e lavaggio delle olive;
- molitura e pressatura;
- estrazione della parte liquida;
- separazione dell'olio dal mosto oleoso;
- decantazione e conservazione dell'olio.

Questo ciclo può presentare alcune varianti a seconda delle attrezzature utilizzate nel processo di estrazione.

Inoltre, il ciclo di lavorazione delle olive per la produzione dell'olio può essere integrato con l'estrazione, tramite solventi, dell'olio delle sanse<sup>87</sup> attraverso le seguenti operazioni (Cantarelli, 1983):

- essiccamento e molitura delle sanse;
- estrazione mediante solvente;
- distillazione del solvente e separazione dell'olio.

È possibile anche effettuare la raffinazione degli oli non utilizzati per l'alimentazione con le seguenti operazioni (Cantarelli, 1983):

- demucillaginazione;
- deacidificazione;
- decolorazione;
- deodorazione;
- essiccamento;
- demargarinazione.

#### **4.1.4.b La raccolta e il trasporto delle olive**

I metodi (Agosteo, 2008) adottati in passato per la raccolta delle olive erano riconducibili a quattro tipologie (*brucatura*, *scotitura*, *abbacchiatura* e *raccattatura*) ed erano selezionati in funzione dell'estensione e della conduzione dei fondi agricoli, della dimensione delle piante, del numero e della tipologia della manodopera impiegata e della destinazione del prodotto finito.

La *brucatura* che, prevedeva la raccolta manuale delle olive, si mostrava la tecnica migliore ed era effettuata da giovani uomini che, con la loro agilità, si arrampicavano sugli alberi per raccogliere le olive da conservare in sacchetti di tela o in panieri di varia foggia appesi ai rami degli alberi o indossati a tracolla. I contenitori, indossati a tracolla, gravavano sul collo dell'operaio e lo costringevano frequentemente a scendere dagli alberi per lo svuotamento o in alternativa veniva designato un addetto che provvedeva all'operazione. L'inconveniente fu superato con l'uso di sacche a doppia cinghia o di grossi sacchi a bocca quadrangolare che si appendevano ai rami e venivano svuotati grazie a un'apertura disposta sulla base.

Tuttavia, questa operazione di raccolta ebbe una diffusione assai limitata perché richiedeva esclusivamente manodopera maschile, risultava pericolosa a causa del volteggiamento degli uomini sugli alberi ed era sconsigliata per la raccolta da piante di notevoli dimensioni.

La *scotitura*, progenitrice delle moderne macchine scuotitrici, era una tipologia di raccolta messa in opera scuotendo, tramite aste foderate di panno, i ramoscelli fruttiferi e raccogliendo da terra, con l'operazione di raccattatura, le olive distese sul manto erboso o su apposite tende.

L'*abbacchiatura*, invece, era un'operazione che prevedeva la scuotitura delle olive mature con l'uso di lunghe canne o pertiche e la conseguente raccolta a terra dei frutti. Le pertiche dovevano essere scortecciate e poco pesanti e il loro uso non doveva creare danni alla vegetazione. In Sicilia, per questa operazione, venivano adoperati lunghi bastoni di nocciolo, piuttosto flessibili che però provocavano danni ai rami e ai giovani getti della nuova fruttificazione, causando ferite che consentivano l'accesso agli agenti patogeni.

---

<sup>87</sup> Le sanse sono i residui solidi della lavorazione e sono costituite dai frammenti del frutto molito. Le sanse contengono dal 3 al 12% di olio residuo e il 20-30% di acqua (Cantarelli, 1983).

Il sistema di raccolta, di gran lunga diffuso più al sud, era la *raccattatura* da terra delle olive cadute perché troppo mature, per le intemperie o fatte cadere con le operazioni di abbacchiatura o di scotitura. Per la raccattatura venivano impiegati donne e giovani che raccoglievano, con apposite scope fatte con ramoscelli di ulivo, le olive in mucchi sulle reti ed eseguivano la cernita con crivelli realizzati con listarelle o bacchette di legno (*cernigghi*).

La raccolta effettuata sulla pianta rappresenta il sistema migliore per ottenere frutti integri e al corretto grado di maturazione. Tuttavia, la raccolta manuale può essere effettuata solo in alberi di piccola taglia e necessita di un largo impiego di manodopera. Tali limiti vengono superati dall'adozione di sistemi di raccolta meccanizzati (raccoglitori a pettini, a forbice dentata o a spazzole rotanti azionati a motore; aspiratori e scuotitori portatili).

Il trasporto veniva effettuato mediante dai carri trainati da buoi, asini o cavalli. La pesatura della partita di olive veniva effettuata nel frantoio all'atto del conferimento e veniva effettuata manualmente trasferendo il frutto dai contenitori per la raccolta alle bilance. L'operazione determinava il peso lordo che forniva una informazione utile per effettuare un travaso "controllato" nei macchinari di molitura e allo scopo di raggiungere il quantitativo sufficiente di prodotto per il ciclo di lavorazione. L'operazione si presentava importante quando il prodotto veniva lavorato per conto terzi.

#### **4.1.4.c La conservazione e la fermentazione delle olive**

Le olive erano trasportate e ammassate in casa o nel frantoio, in ceste o in vasche di muratura dotate di un canale di scolo nella parte inferiore. Venivano lasciate a fermentare fino a farle ammuffire in attesa del turno al trappeto. A volte, erano ricoperte di sale per evitare la comparsa di cattivi odori e pressate con pietre per tenere maggiormente costretta la massa, secondo una falsa credenza che, causando notevoli difetti agli oli meridionali, consigliava la molitura delle olive mature per aumentare la produzione dell'olio.

Il tempo della molitura era stabilito dal trappitaro che misurava il grado di maturazione della massa al momento dello scarico in vasca e nei periodi successivi, tramite l'immersione di un braccio nudo nelle olive per accertarne il grado di putrefazione. Le olive erano ritenute cotte e pronte per la lavorazione se l'arto veniva ritratto unto e di colore bianco, ossia imbrattato di olio, se invece si mostrava di colore rosso, del colore della polpa, venivano ritenute crude e soggette a ulteriore fermentazione.

Gli oli ottenuti da olive fortemente fermentate erano di colore bruno verdastro, torbidi e ricchi di mucillaggini e acidi grassi liberi e venivano chiamati oli tornanti, termine adottato perché a causa della loro acidità si emulsionavano completamente con soluzioni di soda. Questo tipo di olio era molto richiesto per preparare l'olio turco o per i trattamenti degli indumenti.

#### **4.1.4.d I frantoi**

I frantoi storici pervenutici sono quelli originariamente riscontrabili all'interno delle aziende olivicole di maggiore capacità produttiva o più frequentemente all'interno di aziende dedite alla coltivazione di varie piante arboree, dove l'uliveto coesisteva con il vigneto o con l'agrumeto. Il frantoio costituiva, pertanto, un ambiente funzionale specializzato della masseria e si trovava in funzione baricentrica o localizzato ai margini del fondo, in diretta comunicazione con le principali vie di accesso, quando svolgeva l'attività anche per conto di terzi, per facilitare l'ingresso dell'utenza e per ridurre al minimo l'interferenza con le altre attività aziendali.

I frantoi in ambiti urbani, presenti in passato (si hanno notizie di tappeti urbani, "*trappeti in-tre muros*", tra il XIV e il XV secolo nel palermitano e in diversi centri del siracusano) e ai nostri giorni, costituivano un punto di socializzazione e di scambio culturale per la popolazione agricola locale poiché, in attesa della lavorazione delle proprie olive, gli utenti scambiavano idee sull'andamento dell'annata agraria e concludevano affari.

Nel dialetto siciliano, è utilizzato il termine "*trappitu*", che deriva dal greco *trapetón* da cui ha origine il nome latino *trapetum* usato anticamente per indicare la macchina della molitura o per indicare il luogo ove avviene il processo di lavorazione dell'olio (Di Fazio, 2008). Nella lingua italiana, la denominazione dell'oleificio, con il termine *frantoio*, sottolinea l'importanza dell'operazione di molitura nel ciclo di produzione del prodotto e l'edificio stesso è visto come

il luogo che ospita le macchine per la produzione dell'olio d'oliva. Si può supporre che, in passato, alcune operazioni potessero essere svolte all'aperto e senza l'ausilio di particolari congegni meccanici. Infatti, la produzione dell'olio (Di Fazio, 2008; Agosteo, 2008; Poiana *et al.*, 2008, Acquaviva, 1995) avveniva grazie a operatori che, calzando zoccoli di legno, pigiavano i sacchi filtranti contenenti le olive in alcune vasche di legno o di pietra dura, dotate di canalette che indirizzavano l'olio nelle vasche sottostanti, o in buche ricavate nel terreno profonde circa un metro in cui l'aggiunta di acqua permetteva la risalita dell'olio e quindi la sua raccolta.

#### 4.1.4.e I procedimenti di molitura e di pressatura e le macchine utilizzate nel frantoio.

I metodi di estrazione dell'olio dalle olive producevano la frantumazione del frutto con l'operazione di molitura e la riduzione in pasta dal quale avveniva l'estrazione di un liquido costituito da acqua e olio e chiamato *mosto oleoso* (Cantarelli, 1983). L'olio si trova disperso in minutissime goccioline nelle cellule oleifere della polpa, il procedimento di molitura ne causava la disgregazione della polpa e non determinava l'eccessiva frantumazione del nocciolo del frutto.

L'organizzazione edilizia dei frantoi era imputabile al processo produttivo e ai macchinari in uso nel processo produttivo. Fino all'ottocento, la disposizione planimetrica delle zone di produzione era simile a quella adoperata dagli antichi romani.

In epoca romana, l'edificio era organizzato in zone specifiche, non rigidamente compartate, dimensionate in funzione delle macchine da ospitare. Era presente il *tabulatum*, cioè l'area destinata al ricevimento e al temporaneo deposito delle olive che, in collegamento con l'ambiente esterno, si trovava prima delle zone di lavorazione ove avveniva la separazione del nocciolo dalla polpa, la torchiatura della polpa per l'estrazione del succo e la sedimentazione per la separazione dell'olio dall'acqua (Di Fazio, 2008).

Gli antichi romani per la prima fase della lavorazione usavano per la molitura il *trapetum* e la *mola olearia*. Il *trapetum* (Figura 75), era costituito da una vasca a pianta circolare di pietra dura con un plinto centrale al quale era imperniato un asse orizzontale di legno, all'estremità di esso erano vincolate due calotte sferoidali che compivano un moto rotatorio azionato dalla forza umana o da quella animale (Agosteo, 2008; Di Fazio, 2008).

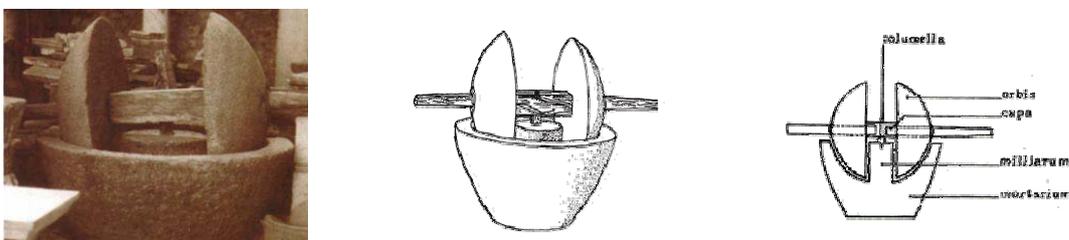


Figura 75 - Trapetum romano (Fonte: vittoriodigiulio.interfree.it; www.iblei.it/olio/images/trapetum1.gif).

Invece, la *mola olearia* (Figura 76) era costituita da una base, un disco di pietra disposto orizzontalmente, sottomola, al centro del quale si imperniava un palo di legno, alla cui estremità veniva fissata una stanga orizzontale con due macine fatta ruotare da animali o uomini (Di Fazio, 2008).

Il frantoio, in uso nel territorio meridionale della penisola, era costituito da un mulino a singola molazza dotato di macina soprana in pietra dura, granito o in pietra lavica e da un bacino (conca o giaccio) che accoglieva le olive composto da una pietra dormiente (sottomola) analoga alla molazza frangente ma posta in orizzontale. La pietra dormiente era circondata da un orlo (ghirlanda, ciglio), inclinato e sopraelevato, realizzato in pietra o in legno che impediva la fuoriuscita delle olive. Al centro della macina, si trovava una bronzina la quale accoglieva il perno dell'albero centrale verticale che era ancorato al soffitto o a travi orizzontali fissate al muro. La mola verticale era fissata all'albero mediante un braccio di legno orizzontale che consentiva, all'estremità, l'attacco dell'animale. La trazione della macina era garantita da equini (muli, cavalli, asini) dotati di paraocchi o bendati e, meno frequentemente, da buoi essendo questi poco addomesticati alla soma (Cascone & Lanteri, 1990).

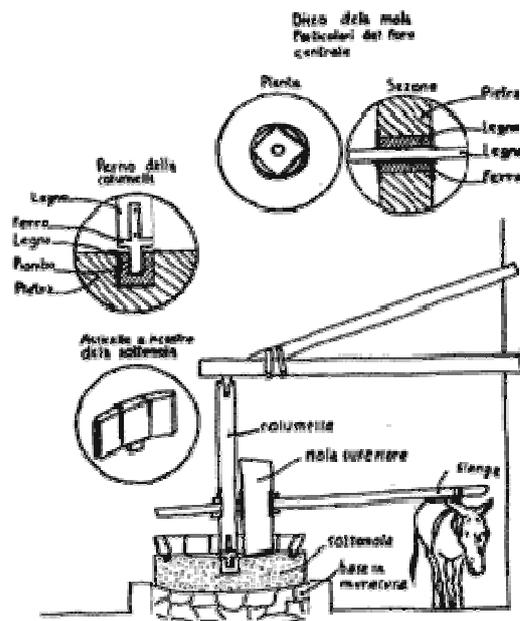


Figura 76 - Mola olearia e particolari costruttivi connessi. Fonte: [www.iblei.it](http://www.iblei.it)

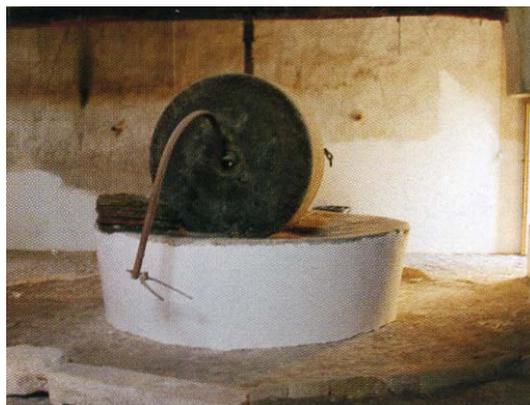


Figura 77 - Frantoi a singola molazza. Fonte: Di Fazio, 2008.

I frantoi a macelli (Di Fazio, 2008) erano diversi dai frantoi classici perché ivi l'animale poteva operare, oltre che attorno alla macina, anche in un maneggio a stanga posto in un locale separato attraverso meccanismi che trasmettevano alla macina il moto dell'albero cui la stanga era connessa. Questa soluzione si mostrava più vantaggiosa delle precedenti perché l'olio non veniva a contatto con l'aria malsana creata dalla presenza degli animali e delle loro feci. La macchina era costituita da una vasca in pietra o in acciaio sulla quale ruotavano, per effettuare l'operazione di molitura, un sistema di macine verticali in granito.

I frantoi ad acqua (Di Fazio, 2008; Fichera *et al.*, 2001) (Figura 78) si trovavano in quelle zone del territorio dotate di torrenti o di fiumare (numerose sono riscontrabili nel territorio calabrese) e venivano azionati tramite il trasferimento di energia all'albero motore. Quelli con ruota motrice orizzontale richiedevano particolare ubicazione ed elevata disponibilità di acqua motrice.

I frantoi a molazze cilindriche (Figura 77 e Figura 79), introdotti in Italia alla fine dell'Ottocento, erano costituiti da macchine in cui le olive venivano immesse da una tramoggia superiore e lavorate da rulli metallici rotanti, laceranti e trituranti, lisci, con nervature elicoidali o con dentature appuntite. Questo macchinario subì importanti innovazioni a causa del passaggio da sistemi a una molazza a sistemi a due, tre, quattro molazze di dimensioni differenti che agivano su piani sfalsati (Figura 80).

I frantoi a molazze compivano un'ottima molitura in quando la distanza tra le mole e il piatto consentiva una rottura solo grossolana del nocciolo mentre la polpa, con il movimento di scorrimento, veniva profondamente triturata in un continuo rimescolamento e impastamento (Cantarelli, 1983).

Le fonderie misero in commercio un kit di ferramenta per il riuso delle antiche molazze, per lo scarico automatico della pasta e per la raccolta automatica sotto la molazza.

Infine, di grande diffusione, furono i frantoi con base in ghisa, con sottomola in granito e dotati di sportello automatico per lo scarico della pasta.

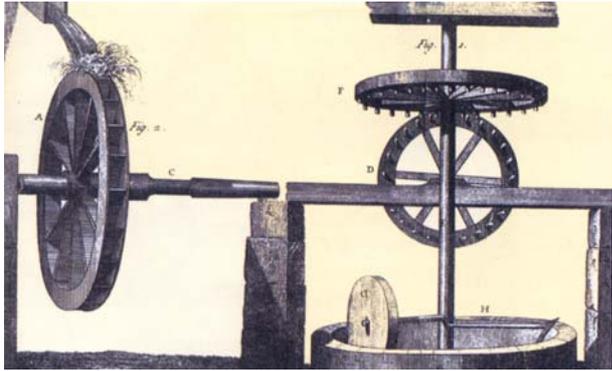


Figura 78 - Frantoio ad acqua. Fonte: Agosteo, 2008.



Figura 79 - Frantoi a due molazze su base in ghisa.

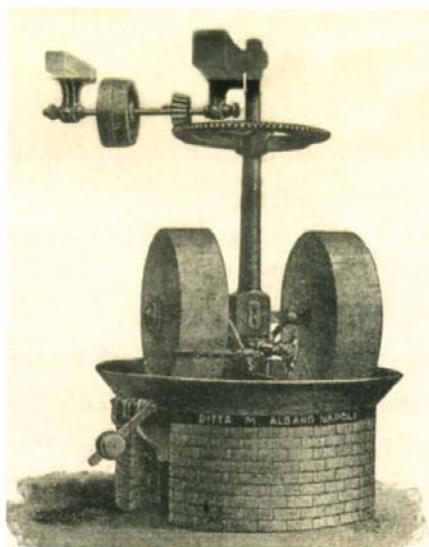
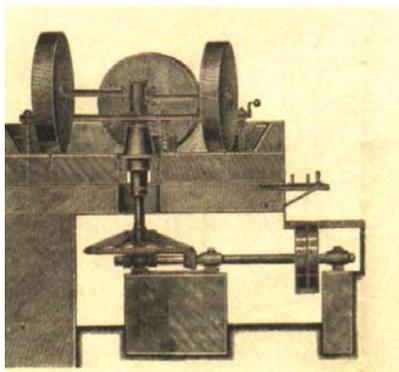
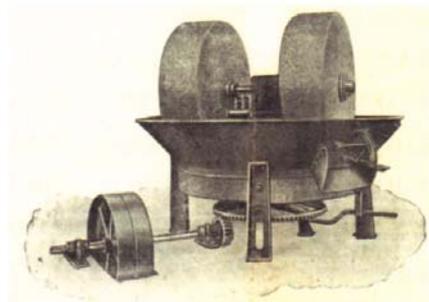
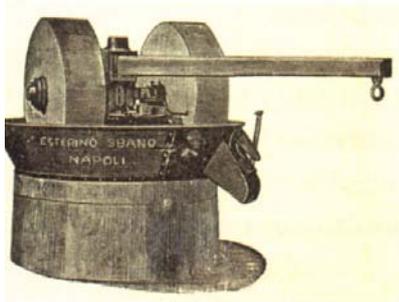


Figura 80 - Frantoi a due, tre molazze su base in ghisa. Fonte. Agosteo, 2008.

I frantoi a macine furono sostituiti da frangitori a martelli caricati automaticamente tramite un nastro trasportatore sul quale venivano disposte le olive dopo che erano state defogliate e lavate al fine di eliminare le particelle terrose (Cascone & Lanteri, 1990). Accoppiate ai frangitori per rimescolare lentamente la pasta ottenuta dai frangitori e facilitare la fuoriuscita dell'olio si trovano spesso le grammatrici che erano costituite da una vasca con pareti ad intercapedine riscaldabili ad acqua, entro la quale ruotavano uno o due alberi a pale, orizzontali o verticali. La migliore resa in olio derivante dall'uso delle grammatrici ne ha determinato la diffusione anche negli oleifici attrezzati con frantoi a molazze.

#### 4.1.4.f Estrazione dell'olio dalle paste

L'estrazione dell'olio dalle paste, ottenute dall'operazione di molitura, poteva avvenire:

- per *spremitura* che rappresenta il sistema più antico di estrazione ed era effettuato con presse a bassa e ad alta pressione;
- per *centrifugazione*, a causa del diverso peso specifico, separando il mosto oleoso o il solo olio dalle parti solide della pasta;
- per *filtrazione* selettiva dell'olio dalle paste attraverso l'uso di diaframmi metallici. Tale sistema veniva denominato *a percolamento* o *per capillarità*;
- per *decantazione* stemperando la pasta in acqua e mediante un campo elettrico coagulando le materie colloidali al fine di ottenere un rapido affioramento dell'olio.

Per migliorare il rendimento questi sistemi di estrazione erano spesso integrati.

L'area di torchiatura era in diretta connessione con quella di molitura e nei frantoi di piccole e di modeste dimensioni veniva effettuata nel medesimo locale. Il metodo tradizionale di estrazione dell'olio dalla pasta avveniva per spremitura mediante i torchi. La pasta veniva raccolta dalla molazza e ingabbiata in fiscoli di paglia che andavano disposti sul piano del torchio, circolare in pietra dura, dotato di una canaletta al fine di convogliare il liquido estratto verso un tino per la raccolta o verso una vasca interrata. Si preferiva organizzare l'area su due livelli sfalsati di circa 1-1,50 m in modo da collocare nella parte più alta la macchina per la torchiatura e in quella più bassa i contenitori. Completata la spremitura i fiscoli pieni di pasta venivano rimossi dai torchi e svuotati.

In ogni frantoio, vi era un certo numero di molazze alle quali corrispondevano altrettanti torchi, in base alla capacità produttiva dell'azienda e al sistema di lavorazione del prodotto.

Secondo Mignoli (1901) per massimizzare le rese di olio si dovevano prevedere un numero di torchi proporzionati alla capacità di frangitura e tali da effettuare agevolmente la prima, la seconda e la terza spremitura, poiché il processo prevedeva che le paste derivate dalla molitura venissero torchiate, ritrasferite successivamente nel frantoio per una seconda frangitura e quindi torchiate nuovamente. A volte questa operazione consisteva in tre o quattro molature e altrettante torchiature.

I torchi più arcaici, definiti "alla calabrese" (Figura 81) e usati nei frantoi siciliani agli inizi del novecento, erano realizzati in legno duro (quercia, noce, castagno) e dotati di due madreviti (*scufini*) che, girando attorno a due grosse viti (*pilera*), mediante una manovella o una mazza (*palu*) facevano abbassare la spessa panca superiore di legno, a forma di parallelepipedo, per pressare la pasta contenuta nei fiscoli. Questi, impilati centralmente tra le viti, venivano pressati da un disco di legno situato sotto la panca superiore che veniva rialzata grazie a un collegamento effettuato nel piolo centrale di una scaletta di legno.

Le madreviti venivano azionate dalla spinta di alcuni uomini, tramite un'asta di legno fissata a un anello di corde posto in una delle madreviti. Le due viti erano ancorate, in basso, in due fori praticati in un basamento ligneo, a sua volta rigidamente ancorato al pavimento del frantoio, o a volte erano superiormente ancorate al soffitto. La quantità di olive da torchiare dipendeva dalla qualità della lavorazione e dalla capacità che avevano le macchine nel contenerle.

Il torchio alla genovese (Figura 82 e Figura 83), di dimensioni inferiori rispetto a quello alla calabrese, era dotato di una sola vite centrale che agiva direttamente sulla massa sottostante. Inoltre, l'operazione di torchiatura era facilitata dalla presenza di un argano, al punto da ottenere con il lavoro di un solo uomo quello che con il torchio alla calabrese si realizzava con l'ausilio

di quattro forze lavoro (Fichera *et al.*, 2001). Questo macchinario per la torchiatura fu presente negli oleifici fino alla metà degli anni '50 del XX secolo.

Grandi aumenti di produzione si ebbero con l'introduzione, a partire dalla seconda metà dell'800 in alcune zone dell'Italia, dei torchi metallici a vite in ferro, azionati a mano o con l'ausilio di un argano e dei torchi o strettoi idraulici.

I torchi metallici (Figura 84) si distinguevano in base al tipo di movimento in:

- torchi a stanga (a palo, a leva, ad aspo, ad asta o a canocchia) che adoperavano un argano per effettuare la seconda pressione e fiscoli di minori dimensioni. Essi non potevano eseguire la terza pressione;
- torchi a cricco o a stanga fissa dotati di un'asta fissa che, dopo avere effettuato la pressione, ritornava grazie al cricco nella posizione di partenza;
- torchi a leva multipla, dotati alla sommità della vite di un disco d'ingranaggio orizzontale che consentiva la rotazione;
- torchi a vite continua, dotati di una ruota verticale di notevole diametro posta sul lato opposto della manovella.

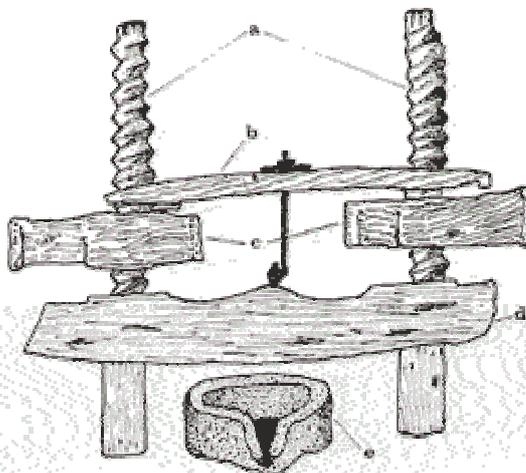


Figura 81 Torchio alla calabrese realizzato con: a) pilera; b) scaletta; c) scuffini; d) cianca suprana; e) lumera. Fonte: [www.iblei.it](http://www.iblei.it)

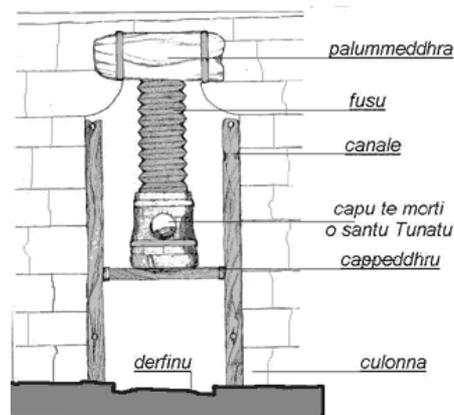


Figura 82 - Torchio alla genovese. Fonte: [www.selento.com](http://www.selento.com)

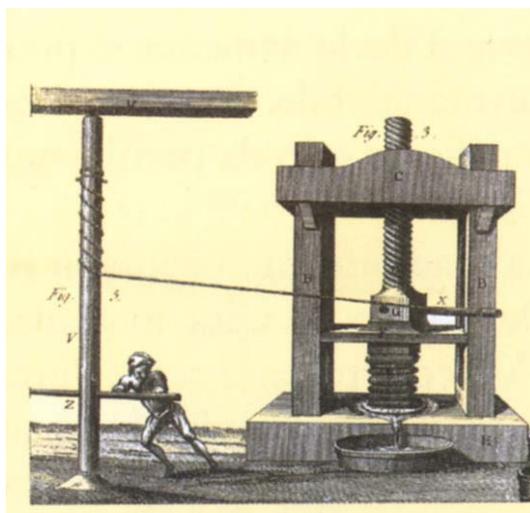


Figura 83 - Torchio alla genovese con argano. Fonte: Agosteo, 2008.

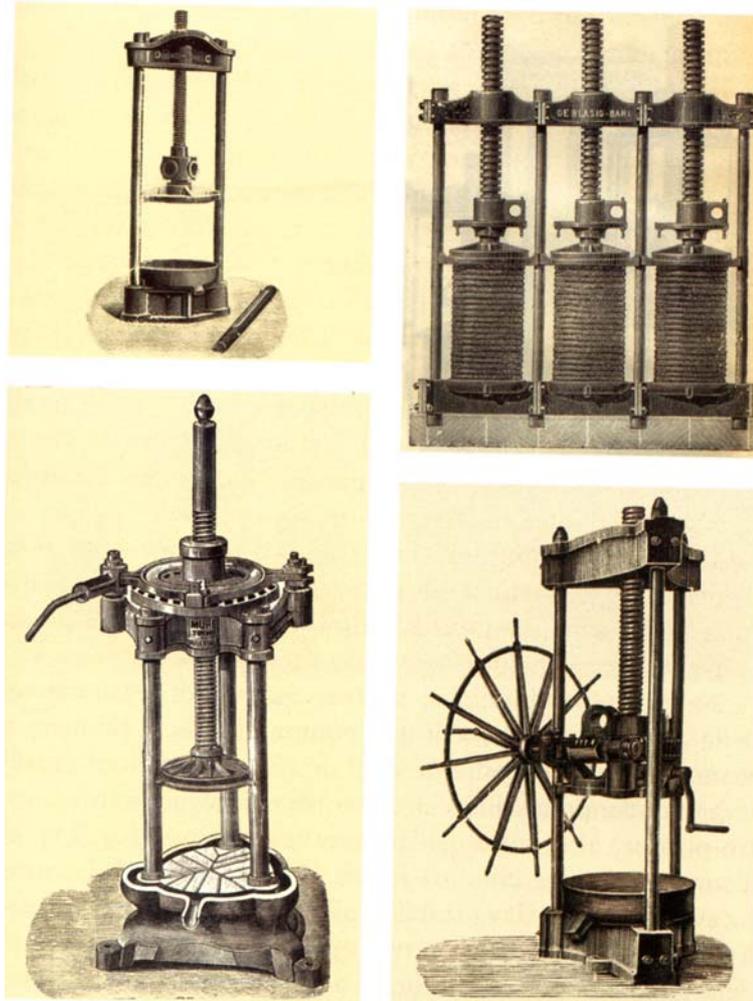


Figura 84 Torchi metallici. Fonte: Agosteo, 2008.

Le presse idrauliche (Figura 85) erano dotate di un meccanismo di trasmissione della pressione a mezzo di una pompa idraulica che, azionata a motore o a mano, consentiva a un pistone inferiore di sollevarsi e di schiacciare la massa contro un piatto posto al di sotto dell'architrave superiore. In alcune presse, una colonna forata faceva da guida al pistone e al posto dei fiscoli alcune presse erano dotate, con notevoli vantaggi, di gabbie metalliche (a fori, a bacchette, a doghe, a cerchi) che sostituivano i fiscoli che avevano il difetto di fare asciugare la pasta delle olive.

In alcuni oleifici erano in uso torchi con un contro-pistone girevole adatti per la prima lavorazione con i fiscoli e per la seconda lavorazione con le gabbie (Figura 86).

Dal diametro del pistone e dalla pressione di esercizio si distinguono le presse a bassa potenza, adoperate nella prima spremitura, da quelle ad alta potenza o superpresse adoperate per la seconda spremitura o nella lavorazione unica (Cantarelli, 1983). Tuttavia la logica evoluzione verso macchine di sempre maggiore potenza si ebbe con l'introduzione delle superpresse in acciaio che consentivano di evitare la doppia lavorazione e garantivano la trasformazione di 50 q di olive al giorno.

Le superpresse erano realizzate da un'incastellatura in acciaio, con un basamento sul quale poggiavano due montanti che sostenevano un architrave. Sulla base dell'incastellatura trovavano collocazione il pistone che, azionato da una pompa idraulica, si sollevava comprimendo la pasta, disposta su un piatto, contro la testata superiore. La pasta era disposta sul piatto del pistone a strati su diaframmi circolari di materiale filtrante (fiscoli): fibra di cocco, di sparto, fibre sintetiche, ecc. Al fine di evitare che gli strati di pasta avvolta si potessero flettere, il piatto della pres-

sa presentava al centro una colonnina forata, la foratina, sulla quale si infilavano i fiscoli e che serviva a facilitare lo sgondro dell'olio (Cantarelli, 1983).

In Sicilia, l'introduzione e la diffusione di questo tipo di macchine fu agevolata dalla loro produzione nelle fonderie "Weigert & Pirrone" di Messina. Ciò consentì un notevole abbattimento del costo di acquisto che, comunque, veniva ammortizzato presto dall'aumento della produzione dell'impianto. Venivano accelerati i tempi di lavorazione, diminuiva il numero degli addetti coinvolti nelle procedure di torchiatura e avveniva un miglioramento globale della qualità del lavoro.

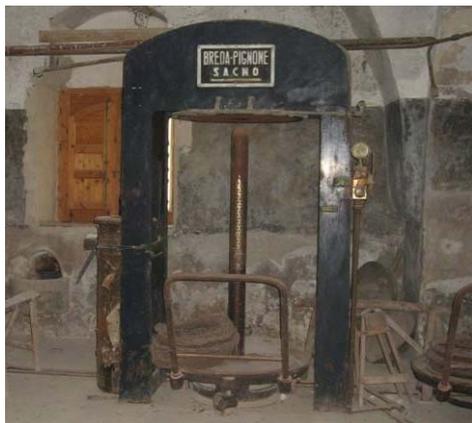


Figura 85 - Superpresse in acciaio.

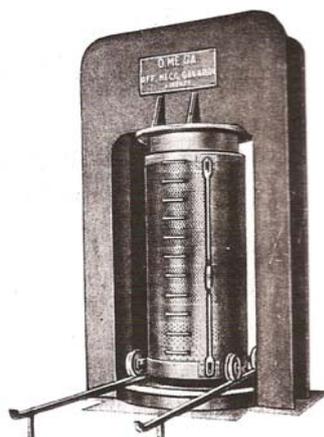


Figura 86 - Presse idrauliche con gabbie metalliche.

In generale, nel ciclo produttivo dell'olio, erano previste quattro diverse molature con relativa pressatura. Le prime due fasi di pressatura avvenivano a freddo e portavano alla produzione dell'olio sopraffino e dell'olio fino. La miscelazione di questi due tipi di oli determinava un olio mezzo fino, dotato di qualità intermedie a quelle dei composti precedentemente citati. La terza fase di molitura e di pressatura era effettuata con acqua bollente.

La separazione dell'olio dall'acqua di vegetazione poteva essere ottenuta per decantazione o per centrifugazione.

L'estrazione per decantazione avveniva in apposite vasche (Figura 86) dove l'olio veniva estratto per affioramento sull'acqua vegetale e recuperato tramite un mestolo. Invece, l'operazione per centrifugazione, rapida e completa, veniva effettuata mediante i separatori centrifughi (Figura 88) che erano del tipo a tamburo conico e contenevano una serie di coni fra i quali si determinava la separazione dell'olio che defluiva dalla zona centrale del bolo scaricandosi dall'uscita più alta (Canticelli, 1983). Nel corso dell'operazione, si accumulano, sulla faccia interna dei dischi, le morchie<sup>88</sup>, pertanto è indispensabile smontare il macchinario per la pulizia dopo avere effettuato l'operazione.

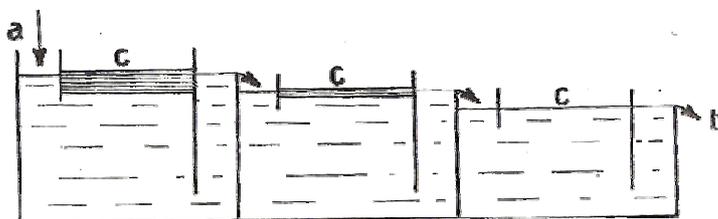


Figura 87 - Dispositivo per l'affioramento continuo dell'olio in vasche di decantazione. La miscela acqua-olio alimentata in A subisce una serie di decantazioni successive che porteranno alla separazione dell'olio puro dall'acqua che verrà scaricata in b. Fonte: Cantarelli, 1983.

<sup>88</sup> Le morchie sono il deposito che si raccoglie in seguito alla decantazione dell'olio. Alcuni trattamenti chimici effettuati in raffineria consentono il recupero dell'olio e l'eliminazione delle parti mucillaginose, costituite dai frammenti della polpa estratti insieme al mosto oleoso e dalle particelle terrose.



Figura 88 - Separatore centrifugo per mosto oleoso

Infine, a conclusione del ciclo produttivo, avveniva la lavatura del nocciolo e il trattamento delle sanse che, con l'acqua, venivano lasciate a fermentare in una vasca. Il composto poteva essere molito successivamente e, con mezzi meccanici, veniva effettuata la separazione della polpa dai frammenti del nocciolo. Le sanse erano successivamente trasferite in una serie di vasche, a più livelli, in cui scorreva dell'acqua. Ivi, i pezzettini di nocciolo cadevano sul fondo e la polpa affiorava in superficie. La polpa veniva così raccolta e sottoposta al processo di pressione. L'olio estratto poteva essere utilizzato per uso non alimentare, mentre i frammenti di nocciolo che si trovavano in fondo alla vasca potevano essere impiegati per la produzione di combustibile.

La tecnica tradizionale di produzione dell'olio comportava lunghi tempi di lavorazione, disomogeneità della pasta di olive e conseguente perdita di una quantità non trascurabile di olio residuo dalle sanse, difficoltà di controllo della pressione di spremitura e presenza di acque di vegetazione nell'olio prodotto. Inoltre, spesso il processo produttivo si svolgeva in condizioni di scarsa igiene, per la presenza di animali all'interno dei locali, per la difficoltà nel compiere le operazioni di pulizia dei locali, dei fiscoli e dei sottini tra un ciclo produttivo e il successivo e per l'intervento manuale degli operatori in tutte le fasi della lavorazione (Cascone & Lanteri, 1990).

Il ciclo tradizionale di estrazione dell'olio (Figura 89) può essere schematizzato come nell'immagine sottostante.

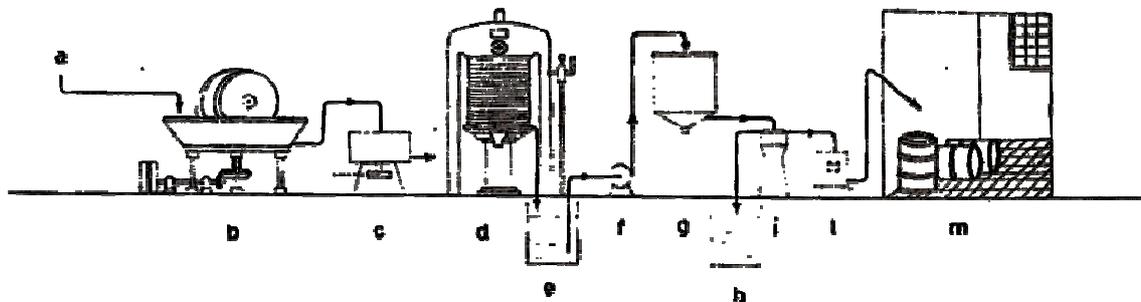


Figura 89 - Schema di lavorazione delle olive con estrazione per pressione unica secondo il ciclo tradizionale: a) alimentazione delle olive; b) frantoio a molazze; c) gramolatrice; d) superpressa; e) settino di raccolto dal mosto oleoso; f) pompa; g) vaschetta sopraelevata di alimentazione della centrifuga; h) acque di vegetazione; i) centrifuga; l) filtro; m) magazzino di conservazione, confezione e spedizione. Fonte: Cantarelli, 1983.

L'olio veniva conservato in un luogo a bassa temperatura (12° C - 15° C), al riparo dall'aria, dalla luce e dagli odori che facilmente poteva essere assorbiti. Ogni sei mesi venivano effettuavano più travasi per separare dall'olio le morchie che si accumulavano sul fondo dei contenitori. A seconda della durata del periodo di conservazione, gli oli si classificavano in *oli mosti* per i primi sei mesi di conservazione, *oli giovani* fino al primo anno, *oli vecchi* oltre questo periodo e *oli decrepiti* quelli conservati per un lungo periodo di tempo. Gli *oli giovani*, in genere, conservano il colore del frutto e sono opalescenti ma, in seguito, all'invecchiamento perdono progressivamente questi caratteri diventando incolore e limpidissimi.

I recipienti tradizionali per la conservazione dell'olio erano i vasi di terracotta, a forma spianciata detti *orci* o *ziri*. In questi contenitori, le morchie si raccoglievano sul fondo in una piccola superficie e la stretta imboccatura del vaso permetteva una ridotta esposizione all'aria. Questi recipienti vennero sostituiti da vasche di lamiera stagnata o in resine sintetiche. Nei grandi impianti erano utilizzate grandi vasche in cemento, rivestite al loro interno con mattonelle di grés o trattate con silicati o con resine sintetiche. I recipienti in vetro consentivano, invece, la distribuzione del prodotto al consumo.

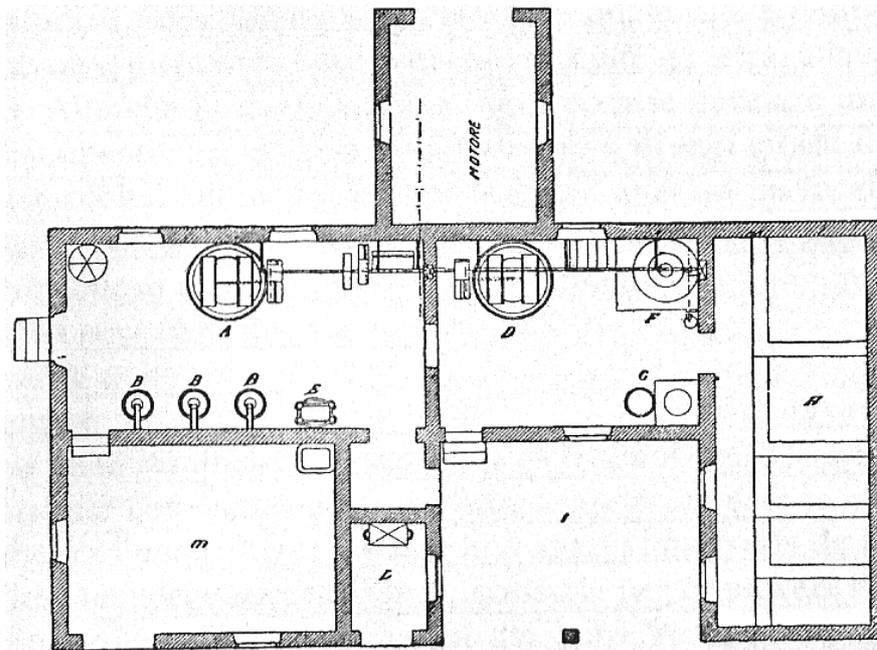
#### **4.1.4.g Le tipologie edilizie ed i materiali impiegati negli edifici per la produzione dell'olio di oliva.**

Tra l'ottocento e il novecento, nella progettazione planimetrica degli ambienti per la lavorazione dell'olio (Figura 90, Figura 91 e Figura 92), trovava spazio, in rapporto con l'ambiente esterno, l'olivaio, utile al deposito delle olive quando la lavorazione non poteva avvenire immediatamente dopo la raccolta. Qui le olive venivano depositate sul pavimento, in strati di ridotto spessore, o collocate in cassette con il fondo di canne intrecciate in un ambiente che, per evitare la putrefazione e facilitare la traspirazione dei frutti, doveva essere adeguatamente ventilato e possedere una temperatura mite. La conservazione non doveva prolungarsi di molto e superare i quindici giorni. L'olivaio, negli impianti edilizi realizzati a più livelli, si trovava nella zona più alta del fabbricato e da qui, tramite canalette e tramogge, le olive venivano versate direttamente nelle macchine che effettuavano la frangitura. In questo locale venivano effettuate anche le operazioni di mondatura, cernita e lavaggio. La mondatura era ritenuta necessaria quando fra le olive erano presenti notevoli quantità di foglie o altri corpi estranei; la cernita si effettuava a mano su appositi tavoli per l'eliminazione di frutti guasti. Fondamentale era l'operazione di lavaggio, specialmente ove veniva effettuata la raccattatura a terra delle olive al fine di eliminare le particelle di argilla che potevano causare un sgradevole sapore all'olio.

Il lavaggio delle olive che consentiva l'eliminazione della terra, delle foglie e di ogni altro tipo di corpo estraneo era eseguito a mano, immergendo in acqua le cassette, con l'impiego di molta manodopera e di cospicuo tempo. L'evoluzione tecnologica portò alla realizzazione delle lavatrici rotative costituite da più tamburi con le pareti forettate, suddivisi in scomparti e muniti di apposite pale. Le olive venivano introdotte dalla tramoggia, irrorate dall'acqua e convogliate negli appositi tamburi al fine di perdere progressivamente terriccio e foglie.

La sala di frangitura e di torchiatura era di notevoli dimensioni e ospitava le macchine di molitura e di torchiatura. Iva doveva essere mantenuta una temperatura di 15-20° C e rappresentava il locale principale dell'impianto. Esso doveva essere direttamente al di sotto o adiacente all'olivaio e in diretta comunicazione con i locali di conservazione della sansa e di centrifugazione del mosto oleoso. Il pavimento doveva essere facilmente lavabile e in materiale antiscivolo e le pareti rivestite o tinteggiate fino ad un'altezza di 1,5 m.

Accanto agli impianti di torchiatura si trovava una zona ove avveniva la separazione dell'olio dall'acqua di vegetazione. Infatti, l'olio estratto dal procedimento di pressatura sgrondava in una vasca (in appositi sottini) che, vicina alle presse, veniva riempita con dell'acqua di vegetazione (Cascone & Lanteri, 1990). L'olio, raccolto con un vassoio di zinco perché emergente in superficie, veniva successivamente versato nei contenitori per la conservazione. Tuttavia tale soluzione prevedeva l'interramento della vasca che comportava una maggiore fatica e un rilevante dispendio di tempo così, a partire dai primi del novecento si preferì collocare, in corrispondenza delle presse, delle zone a quota inferiore, a circa 1-1,50 m, dove posizionare i contenitori, in terracotta o latta, per la raccolta dell'olio.



**Figura 90 - Planimetria per la progettazione di un Frantoio. Fonte: Nuova Enciclopedia agraria Italiana, Utet, Torino 1912. A. Frantoio; B. Presse; C. Pompa Idraulica; D. Macello e frantoio per le sanse; E. Presse; F. Frullino; G. Caldaia; H. Bacini a gradinata; I. Deposito della sansa; L. Elevatore per le olive; M. Chiaritoio; N. locale della motrice.**

Accanto alla zona dove avveniva la frantumazione, nel caso di frantoi azionati con il traino degli animali, si poteva trovare un vano, adibito a maneggio e parzialmente chiuso, ove gli animali, collegati a un'asta orizzontale, muovendosi causavano il funzionamento della macchina. Tuttavia, nel caso in cui il frantoio fosse alimentato a gasolio, negli impianti era prevista una stanza apposita adiacente che ospitava il motore.

Negli oleifici specializzati era presente un locale di chiarificazione, detto chiaritoio, dove riporre l'olio a decantare dentro tini, giare di terracotta, fusti cilindrici di lamiera stagna o in vasche di muratura, su piani sfalsati, rivestite di piastrelle di vetro o di maiolica. Le vasche dovevano essere dimensionate proporzionalmente alla lavorazione giornaliera dell'olio e alle diverse qualità di olio prodotto. L'olio poteva restare per un periodo compreso tra sette e dieci giorni. Le centrifughe utilizzate nei periodi successivi venivano ubicate nella stessa zona dove erano state realizzate le vasche di decantazione.

Un altro vano ospitava il locale di conservazione, l'oliario, che era collocato a un livello più basso da quello di chiarificazione al fine di facilitare il trasferimento dell'olio per gravità attraverso canali e tubazioni che limitavano il contatto con l'aria. A volte, nei casi in cui l'olio non fosse venduto a terzi e poiché le condizioni termoigrometriche erano pressoché simili nei due ambienti (con la temperatura dell'aria compresa tra i 12 e i 16 °C), non vi era particolare distinzione tra il locale di chiarificazione e quello di stagionatura e conservazione. Tale zona, nel controllo passivo del microclima interno, era interrata, parzialmente o totalmente per sfruttare l'inerzia termica del terreno (Di Fazio, 2008). Nell'oliario, l'olio veniva conservato nei contenitori, uguali a quelli utilizzati nel chiaritoio, e subiva due o più travasi. Un primo travaso avveniva dopo 6-8 mesi e un altro dopo i successivi 4-6 mesi.

La Figura 93 illustra le piante e i prospetti di due edifici tradizionali a un unico livello adibiti a frantoi. I locali si presentano angusti e poco funzionali e, data la limitata superficie disponibile nel fabbricato, quali aree operative accessorie (l'olivaio ad esempio) venivano utilizzati gli spazi all'aperto, cortili o strade, adiacenti al fabbricato. Si può affermare che a questa tipologia di impianti appartengono tutti quegli oleifici di dimensioni assai modeste che sono molto diffusi nella provincia ennese (Failla *et al.*, 1997) e in tutto il territorio siciliano.

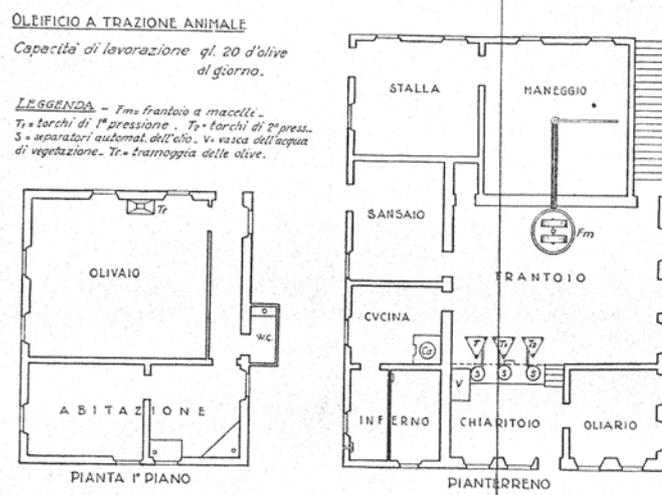


Figura 91 - Schema planimetrico per un frantoio a trazione animale dei primi del novecento. Fonte: Di Fazio, 2008.

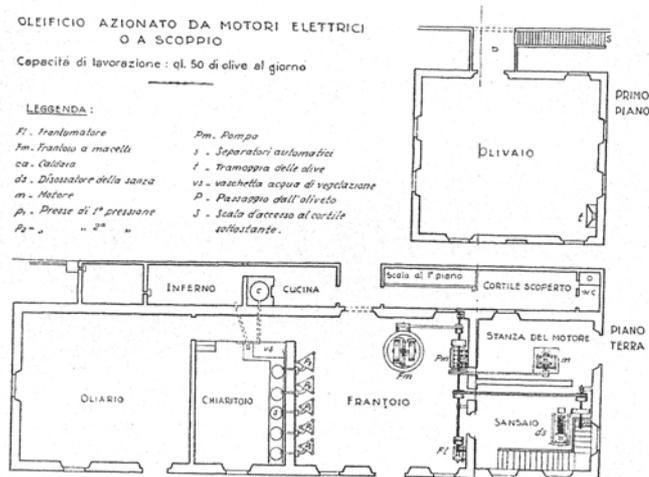


Figura 92 - Schema planimetrico per un frantoio azionato a motore dei primi del novecento. Fonte: Di Fazio, 2008.

Si potevano riscontrare nel territorio siciliano strutture edilizie, a due o più piani (Figura 94), costituite da un unico grande ambiente localizzato al piano terra del fabbricato che ospitava il ciclo produttivo dell'olio ed era realizzato con materiali e tecniche costruttive non proprio pertinenti alla funzione. Al primo piano del fabbricato trovavano collocazione l'olivaio o i vani a uso abitativo.

Invece, di notevoli dimensioni e con una maggiore produttività erano gli impianti gradonati (Figura 95) ove trovavano alloggio, nel piano superiore, i frantoi, i torchi e altri macchinari e accessori mentre al piano inferiore si trovavano le vasche per la lavatura della sansa nei vari livelli degradanti (Fichera *et al.*, 2001).

La necessità del controllo microclimatico influenzava l'organizzazione complessiva dell'impianto edilizio. Potevano essere sfruttate, se presenti nel territorio, grotte e cavità naturali o erano seguite le indicazioni dettate dalla letteratura tecnica che suggerivano l'esposizione a nord per l'olivaio e a sud per la sala di frangitura e di torchiatura e una localizzazione seminter-rata per il chiaritoio e per il locale di conservazione degli oli maturi.

Le murature venivano realizzate in calcare duro che, rozzamente squadrato o informe in base al periodo di costruzione del fabbricato, veniva estratto dalle cave locali. La muratura informe consentiva la realizzazione di paramenti variabili tra gli 80-120 cm di spessore ed era attuata di-

sponendo accuratamente, al fine di consentire l'assorbimento degli sforzi, pietre informi e malta. Invece, la muratura squadrata che permetteva la realizzazione di paramenti di 70 cm circa, era detta "a filari" perché consisteva nella posa in opera di ricorsi regolari di blocchi di pietrame sbazzati, di lunghezza e di profondità variabile ma che risultavano però tutti della stessa altezza. La muratura squadrata era attuata con l'alternanza di pietre disposte di "punta" e di "fianco" e saturando gli spazi di risulta con minutame di pietra o di laterizi. Dopo il posizionamento dei blocchi veniva effettuata la rasatura del ricorso con malta, sovrabbondante in modo da provocare l'emissione laterale sotto il carico dei blocchi del ricorso superiore. Ciò determinava l'uniformazione dei carichi distribuiti che altrimenti, data la irregolarità delle superfici, sarebbe risultata concentrata in alcuni punti di contatto. Tuttavia, lo spessore della malta utilizzata veniva ridotto al minimo per limitare il fenomeno della fessurazione dovuta al ritiro della malta e per conferire maggiore solidità al manufatto.

Lo sbazzamento del pietrame permetteva una migliore organizzazione della muratura, migliori ammorsamenti e una più elevata resistenza. In questo caso i muri venivano efficacemente ammorsati negli incroci e nei cantonali con blocchi appositamente dimensionati.

L'intonaco, generalmente presente nei locali interni per garantire migliori condizioni igieniche, poteva presentare una finitura liscia o stollata. La copertura era a una falda o a due falde, nel caso di edifici di modeste o di grandi dimensioni. Il tetto era strutturato con puntoni, arcarecci e incannucciato o tavolato o veniva realizzato con arcarecci, listelli e incannucciato o tavolato. Nel caso di fabbricati di notevoli dimensioni (8-10 m di larghezza) potevano essere presenti capriate lignee e nel caso di fabbricati a due elevazioni la copertura era fornita dalla struttura portante l'orizzontamento del secondo piano, frequentemente costituita da volte in muratura o in laterizi o, raramente, solai lignei a semplice o doppia orditura. Il manto di copertura era realizzato in coppi e canali. Le aperture erano riquadrate da cornici in calcare tenero, perfettamente squadrate ad intradosso rettilineo o curvilineo in base alla dimensione della luce. Nella porta esterna principale di accesso, così come accadeva per gli edifici rurali che ospitavano la cantina e il palmento, veniva scolpita la data di realizzazione della fabbrica. La pavimentazione era realizzata con lastre di pietra di calcare duro sostituite, nei tempi più recenti, dal battuto di cemento. Gli spazi interni dovevano consentire la collocazione delle macchine e la migliore agibilità per i lavoratori.

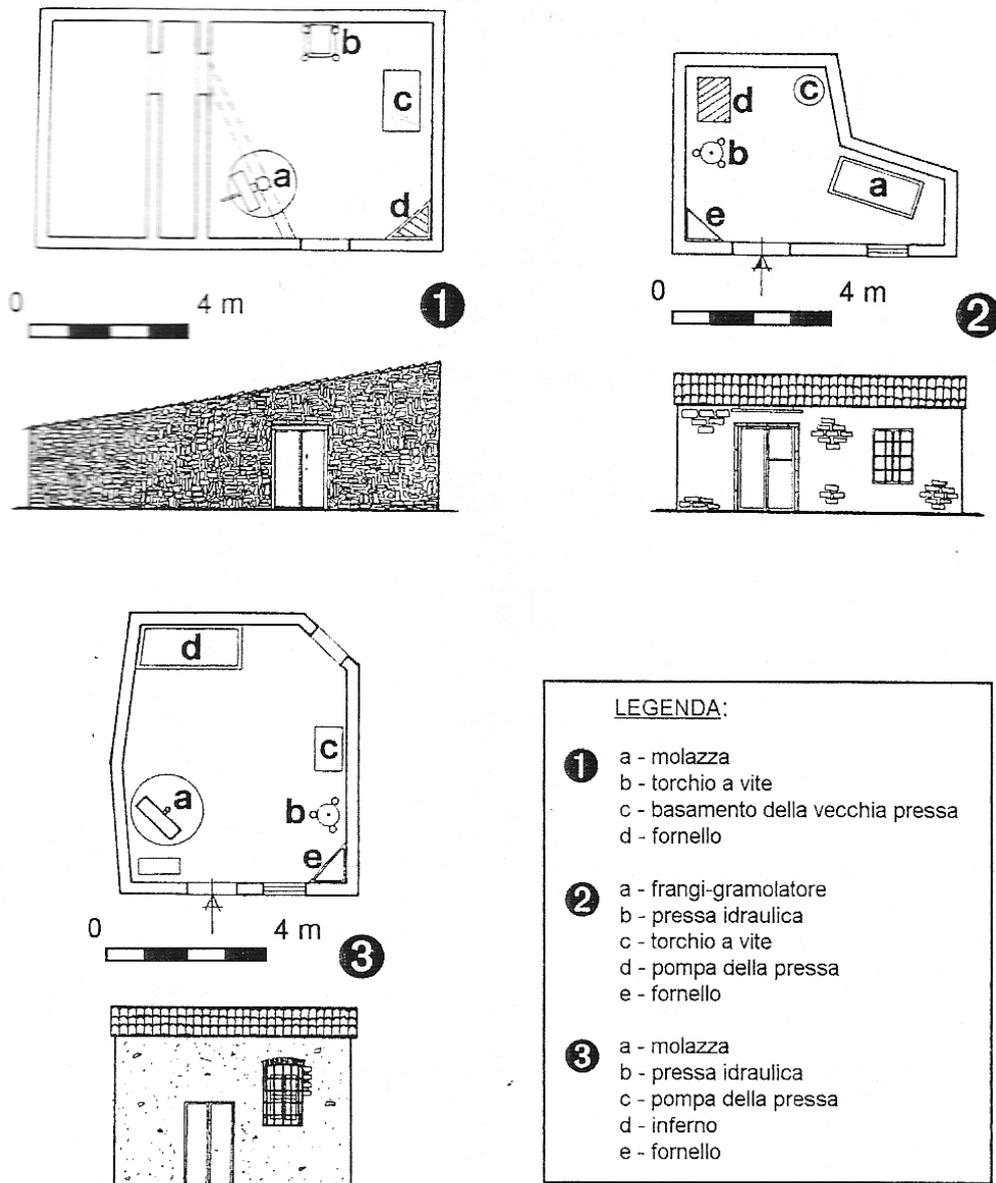


Figura 93 - Oleifici nel Montiferru. Fonte: Denti *et al.*, 1994.

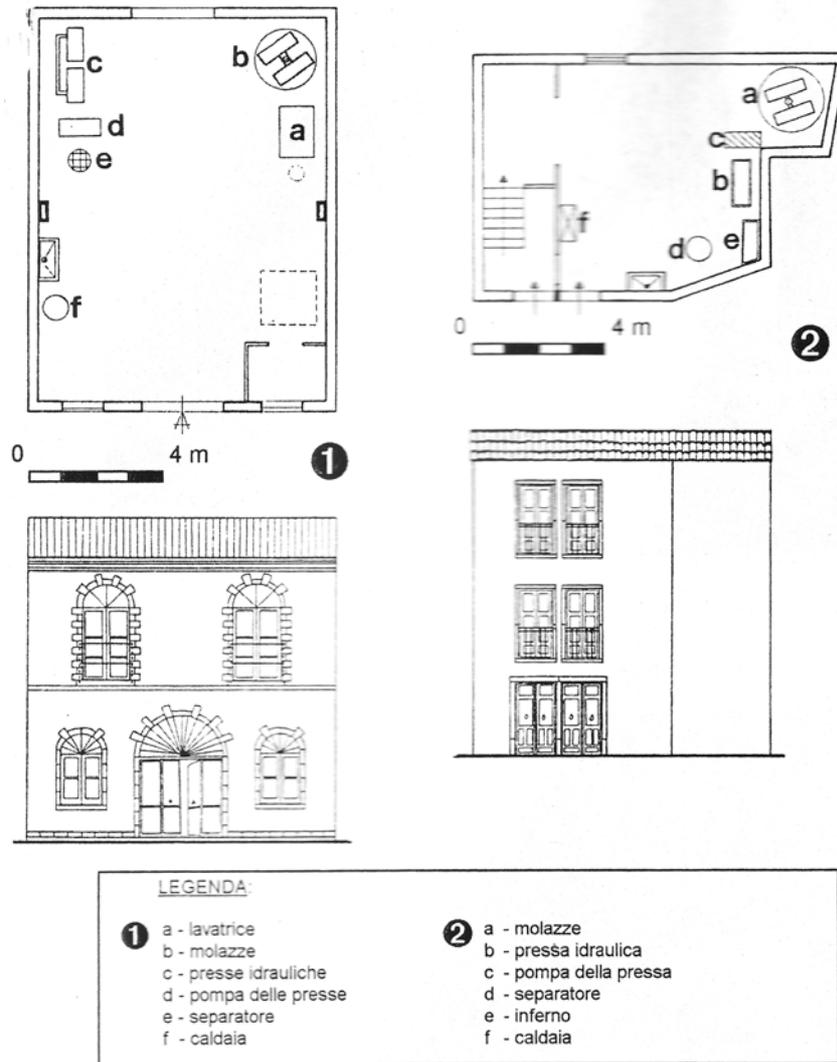


Figura 94 - Oleifici nel Motiferru. Fonte: Denti *et al.*, 1994. Il piano terra era utilizzato per il ciclo produttivo, il primo piano era destinato all'olivaio. Nello stesso fabbricato, i piani superiori erano a uso abitativo.

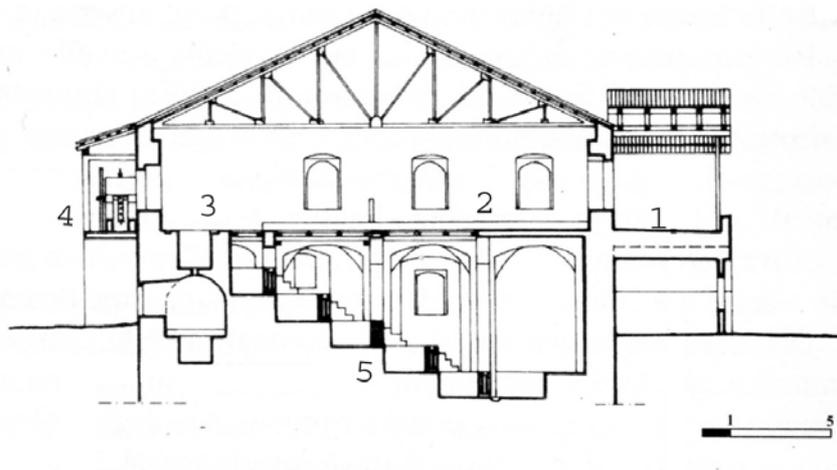


Figura 95 - Stabilimento oleario nel territorio di Rizzoconi in provincia di Reggio Calabria (Fichera *et al.*, 2001). 1. Area di carico; 2. Olivaio; 3. Area di frangitura e pressatura; 4 ruota idraulica; 5. Area di chiarificazione con vasche di decantazione.

## 4.2 DESCRIZIONE DEL COMPLESSO EDILIZIO FEGOTTO

### 4.2.1 Distribuzione planimetrica del complesso edilizio

Nel territorio di Chiaromonte Gulfi, a circa quindici chilometri a nord dalla cittadina, è situato il complesso edilizio Fegotto, in un punto di convergenza delle strade che collegano il territorio ibleo con il comprensorio calatino e con quello catanese. Il complesso edilizio del Fegotto si trova su una collina che dolcemente degrada verso un torrente, fonte di irrigazione per i terreni del Feudo, ed è edificato in luogo elevato da dove era possibile il controllo di una vasta porzione di Feudo, di cui diventava polo figurativo ed amministrativo. La ristrutturazione ottocentesca ne ha ridisegnato i volumi e gli spazi e ha prodotto un risultato complessivo che, al di là della non sempre eccellente qualità architettonica delle singole parti, ha conferito al complesso edilizio grande pregio e fascino (Lauretta, 2006).

Il complesso edilizio (Figura 96), espressione del latifondismo, si può classificare come una grande masseria poiché realizzata su una vasta superficie e costituita da un edificio principale, a pianta rettangolare, localizzato in una posizione centrale nell'impianto e da altri fabbricati che disposti attorno alle corti ospitavano le abitazioni dei salariati, la chiesa, il frantoio, il palmento, la cantina e gli annessi rustici (cioè stalle, magazzini fienili, granai, locali per la produzione e conservazione dei formaggi) (Figura 97).

Una strada in direzione est-ovest che rappresenta l'asse principale della viabilità interna del complesso edilizio, taglia la tenuta e attraversa la corte principale, ossia il baglio ove si affaccia la casa padronale. L'impianto planimetrico è delimitato da due assi incidenti alla strada principale che ne circoscrivono la parte nord del complesso edilizio, a est e a ovest mentre la parte sud del complesso edilizio viene confinata a est da uno slargo prossimo alla concimaia e a ovest dalla stradina di accesso all'ex edificio scolastico (data di realizzazione del fabbricato 1908).

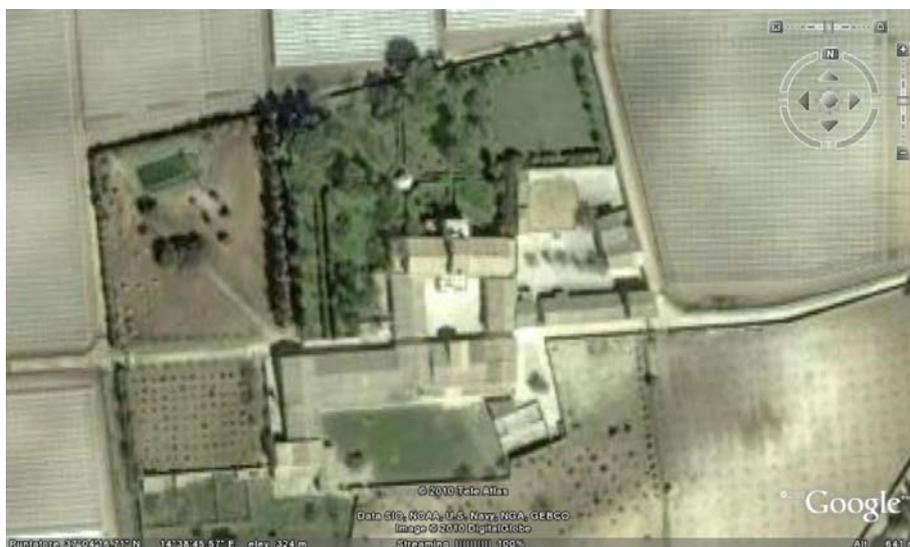


Figura 96 - Visione del complesso edilizio dal satellite

Percorrendo la viabilità principale in direzione da est a ovest si trova localizzato sulla destra il grande portale recentemente recuperato che dà accesso alla corte degli ulivi, denominata in tale maniera perché ivi sono collocati al centro cinque grandi ulivi secolari. Il cortile è in selciato di pietra calcarea e presenta nella zona centrale un abbeveratoio circolare in calcare duro e una zona recintata in terra battuta destinata alla monta dei cavalli. In questo baglio si affacciavano: la falegnameria che provvedeva ai lavori di restauro delle botti e di tutti i manufatti di legno; la selleria che si occupava della riparazione dei finimenti per gli animali; la fucina che provvedeva alla marchiatura del bestiame e alla ferratura dei cavalli e dei muli, alla forgiatura dei vomeri e alla riparazione degli attrezzi utilizzati per le varie attività bucoliche e delle realiz-

zazioni e/o riparazione di tutte quelle opere in ferro battuto presenti nei fabbricati. Tuttavia non si può affermare con esattezza l'esatta collocazione planimetrica dei locali adibiti a falegnameria e a selleria. Due ambienti appaiati, adiacenti al muro di recinzione sul versante est, erano destinati alle stalle e ai fienili. Il corpo di fabbrica rivolto a ovest ospitava, invece, i locali della panetteria e i magazzini. I soppalchi presenti nei fabbricati erano spesso utilizzati per il deposito del foraggio.

Il centro del complesso edilizio, sulla direttrice est-ovest, è rappresentato dalla corte principale che, in ciottolato di pietra calcarea, serviva come punto di ritrovo e di socializzazione di uomini e donne che, anche di diverse estrazioni sociali, svolgevano differenti mansioni nel Feudo. Sulla corte si affacciano la casa padronale, corpi di fabbrica simmetrici a una elevazione ove vivevano i massalori, gli annalori, gli addetti alle attività produttive del complesso e il curato che ogni domenica officiava la Santa Messa nella chiesetta situata frontalmente alla casa padronale. La chiesa, a un'unica navata edificata per rispondere alle *“esigenze della Comunità che operava al Feutto”*, presenta una facciata in stile neoclassico con due coppie di paraste per lato, tra le quali sono incastonate delle edicole dove sono collocate le statue in pietra calcarea, opera di artisti locali e di notevole fattura, dei patroni di Chiaromonte Gulfi, San Vito e la Madonna di Gulfi. L'intervento progettuale degli anni settanta dell'ottocento determinò, in facciata, il ricordo dei cantonali ai fabbricati adiacenti tramite volute. Internamente l'edificio si presenta molto semplice. La copertura, realizzata con una volta a botte ribassata e le pareti sono intonacate. La pavimentazione è in mattonelle di pietra pece.

La casa padronale si sviluppa su due elevazioni e su circa 1000 m<sup>2</sup>. Il piano terra è pavimentato in pietra calcarea e presenta volte a crociera in calcare tenero e oggi è adibito nella parte ovest a frantoio e nella parte est a magazzini per lo stoccaggio dell'olio e per il deposito della olive. Al piano primo, piano nobile adibito all'abitazione del padrone, si effettua l'accesso tramite uno scalone posto sulla corte principale a due rampe contrapposte che convergono sotto un loggiato (denominato terrazzino del caffè) di colonne in stile dorico. Delle tre terrazze al primo piano del fabbricato, due si affacciano sul giardino e una sulla corte degli ulivi. Il secondo piano è caratterizzato da una loggetta a tre luci che prospetta su un terrazzino *“belvedere”*, utile al controllo della tenuta.

Nel prospetto principale è presente una campana che, posta in una celletta, scandiva gli orari dei lavoratori e presenta, ai lati, delle pigne scolpite in calcare tenero.

Il parco, organizzato secondo gli schemi del giardino romantico dell'ottocento è posto nella parte a nord del complesso edilizio con accesso, dall'asse della viabilità est-ovest, tramite un cancello in ferro battuto sostenuto da due imponenti pilastri in calcare.

Il progetto del giardino con innumerevoli specie vegetali di notevole pregio è stato realizzato grazie alla collaborazione con l'orto botanico di Palermo. I sentieri in terra battuta sono delimitati da siepi di bosso e, disposti in direzione est-ovest e nord-sud, creano nelle intersezioni degli assi esedre e slarghi. Le specie vegetali presenti nel giardino sono: *Celtis australis* o bacolari; *Zizyphus vulgaris* o giuglioli; *Arbutus unedo* o corbezzoli; *Vitex agnus castus* o falso pepe; *Chorisia*; *Jacaranda mimosifolia*; *Cycas*; *Tiliaceae*; *Melaleuca thymifolia*; *Morus*; *Arecaceae*; Siepi di *Boxus sempervirens*.

L'alloggio del campiere, ampio e dotato di zona cottura, è posizionato nei pressi del cancello a ovest sull'asse principale, in un luogo strategico al controllo del Feudo e dei locali per la produzione del vino. Infatti, nelle murature perimetrali del ricovero erano presenti feritoie e spioncini i quali consentivano una buona visuale sulla cantina e sul palmento il cui accesso avveniva sulla sinistra dell'asse est - ovest. Invece sulla destra, a nord e di fronte ai locali della cantina e del palmento, si trova il pozzo e l'ingresso al parco.

La cantina, a una quota inferiore rispetto alla viabilità principale, è stata definita come una vera e propria *“cattedrale del vino”* per le dimensioni planimetriche, per l'articolazione dei volumi e per l'organizzazione funzionale. È, infatti, una delle più grandi e innovative cantine siciliane con un impianto a tre navate, pilastri rettangolari in calcare completi di basamento e di capitelli sui quali si impostano le arcate a tutto sesto in muratura che sostengono la copertura lignea. Una canaletta, in pietra sostenuta da mensole lapidee, corre lungo le pareti della cantina ed era utilizzata per convogliare il vino nelle grandi botti. Le botti, il cui numero e dimensione te-

stimonia la grande produzione vinicola della proprietà, erano disposte: quelle di medie dimensioni nelle navate laterali invece quelle più grandi in quella centrale. L'accesso alla cantina avviene dal palmento, grazie a una gradinata in calcare duro finemente scolpito. Sul fondo della cantina, nella navata principale e in posizione opposta alle scale di accesso si trova un affresco raffigurante un Bacco a cavallo di una botte (si tratta di Don Evangelista Rizza, ex proprietario del complesso edilizio). Nella stessa parete, ma in basso rispetto al dipinto, si apre una porticina per l'accesso a un piccolo ambiente, coperto da volte a crociera, ove avveniva l'invecchiamento del vino più pregiato, mentre un'altra zona la bottigliera che assolveva alla stessa funzione era ubicata nel sottoscala.

Addossati alla cantina, si trovano dei vani che erano adibiti al ricovero del bestiame e avevano accesso dalla corte rurale che, realizzata parte in basole di calcare e parte sterrata, fungeva da zona di esercizio per gli animali. Su questa corte si affacciano altri ricoveri per bovini, l'abitazione dei pastori, il deposito dei foraggi e la porcilaia che era un esempio di notevole importanza per mole e razionalità per la presenza di zone funzionali ove avveniva la monta, il parto, l'allattamento dei piccoli e l'ingrasso.

Il palmento, orientato ortogonalmente alla cantina, è stato progettato specificatamente per espletare la funzione di vinificazione e per rispondere alle esigenze di una grande produzione. L'impianto, in un unico corpo di fabbrica, è suddiviso in due grandi aree, a differente quota e di epoche realizzative differenti, e in entrambe venivano effettuate la pigiatura, la fermentazione e la torchiatura. Due sono, infatti, le piste per la pigiatura delle uve, entrambe rettangolari, di 23 m<sup>2</sup> e di 32 m<sup>2</sup> e pavimentate in pietra pece. I tini, intonacati con malta di calce aerea, sono quattro con superficie di forma ellittica (6,50 m<sup>3</sup> ciascuno) e cinque con superficie di forma quadrangolare (5,50 m<sup>3</sup> ciascuno) con gli angoli smussati. Inoltre, un tinello di svinatura di piccole dimensioni 2,80 m<sup>2</sup> × 1,5 m è realizzato in una modesta superfetazione del fabbricato accessibile dal piano di torchiatura tramite cinque gradini.

Alla torchiatura delle uve sono destinate zone apposite ove venivano allocati i torchi "a canizzo" e i torchi a bilancia, quest'ultimi realizzati con tronchi in pino marino ottenuti da alberi messi a dimora alla fine del seicento. In particolare, il torchio a bilancia che, nel primo decennio dell'Ottocento, si trovava, in un ambiente successivamente trasformato per accogliere l'Ufficio Postale, era stato costruito con un tronco, ricavato da un albero plurisecolare, di 9,5 m di lunghezza e di 1,80 m di sezione.

Sette finestre consentono l'aerazione al locale e, di queste, cinque possiedono la classica mensola idonea all'appoggio dei cesti per lo scarico dell'uva. Due grandi portoni, uno posizionato sull'asse est-ovest e l'altro nella corte del bestiame a sud del complesso edilizio, consentono l'accesso al palmento.

#### **4.2.2 I materiali e le caratteristiche costruttive del palmento, della cantina e del frantoio.**

##### **4.2.2.a Le murature**

"Le murature esterne di un edificio possiedono anzitutto caratteristiche statico-protettive, cioè devono resistere alle forze applicate (funzione statica), agli agenti atmosferici transitori (funzione protettiva) e a quelli a lungo termine o ciclici (funzione di persistenza o di durata); inoltre devono rispondere a criteri estetici d'insieme (funzione/vocazione architettonica) e di dettaglio"<sup>89</sup>.

Le murature dei fabbricati che ospitano il frantoio e il palmento sono state realizzate con pietrame calcareo informe<sup>90</sup> e malta, di calce e sabbia, quale materiale di collegamento fra i conci; capace di indurire, aderire al materiale e presentare una adeguata resistenza agli sforzi (Figura 98, Figura 99 e Figura 100). Gli elementi lapidei che le costituiscono sono posti in opera con

---

<sup>89</sup> L.Margani, *Le murature antiche*, Edizioni Lussografica, Caltanissetta, 2006.

<sup>90</sup> Così come proviene dal luogo di estrazione senza alcuna lavorazione preliminare

una organizzazione poco accurata e gli spazi di risulta tra i blocchi sono stati saturati con malta di calce e minutame lapideo.



Figura 97 - Planimetria del complesso edilizio con indicazione delle funzioni.

L'inconveniente dovuto alla variabile dimensione delle pietre determina, pertanto, filari non orizzontali, minime superfici di contatto tra gli elementi, disuniformità delle sollecitazioni e inevitabile formazione di punti di minore resistenza. Tuttavia, per aumentare la omogeneità e la regolarità del manufatto, a volte, si è soliti spianare la muratura ogni due o tre ricorsi, mediante l'uso di pietre opportunamente scelte (Margani e Salemi, 1998).

Le ammorsature tra i muri sono realizzate con i "cannarozzoni", ossia grosse pietre disposte con la dimensione maggiore ortogonalmente ai paramenti e pari allo spessore del muro. In questo caso e nella realizzazione di parti della struttura di rilevanza statica le pietre venivano squadrate, per adattarle alla posizione che avrebbero occupato in opera. L'Alberti scriveva: "*ciascun angolo in realtà corrisponde a metà dell'intero edificio, giacché la lesione in un angolo provoca la rovina di due lati della costruzione*"<sup>91</sup>. Ciò evidenziava la maggiore cura necessaria nella realizzazione degli incastri.

Nei paramenti in muratura, la superficie delle aperture è sempre percentualmente inferiore rispetto alla continuità delle facciate e ciò contribuisce alla statica delle murature e accentua quella tipica sensazione di solidità evocata dall'impiego della pietra a vista.

Le murature perimetrali possiedono nel frantoio uno spessore di 80 cm circa, nel palmento di 90 cm circa e nella cantina di 80 cm circa. Le tramezzature portanti, nel frantoio e nei locali per la produzione del vino, sono realizzate in muratura informe con la stessa fattura della muratura perimetrale e presentano uno spessore di 60-70 cm nel frantoio, di 80 cm circa nella cantina e di circa 40 cm nei muri del palmento che servivano da imposta alle volte a botte.



Figura 98 - Prospetto est del Palmento



Figura 99 - Prospetto nord della Cantina



Figura 100 - Particolare della muratura informe

---

<sup>91</sup> L.B. Alberti, *De re edificatoria*, Roma, 1485.

#### 4.2.2.b L'intonaco

L'intonaco è “un rivestimento murale, costituito da un sistema di strati di malta applicati in un'unica sequenza realizzativa, atto ad assolvere, a indurimento avvenuto, funzioni di protezione e di finitura superficiali”<sup>92</sup>. Tale componente edilizio è inteso come “superficie di sacrificio” in quanto subisce l'azione distruttiva esercitata all'interfaccia dall'atmosfera e dai fattori ambientali di deterioramento (sbalzi termici, acqua, acidi, sali, gelo, ecc.) e protegge da essi la struttura muraria.

La malta per intonaco è una miscela di uno o più leganti inorganici, aggregati, acqua ed eventualmente additivi e/o aggiunte<sup>93</sup> che realizza una finitura delle strutture sia esterne sia interne, di gradevole aspetto, igienicamente corretta, regolare, complanare e priva di sporgenze. Una superficie con queste caratteristiche crea le condizioni ideali per ricevere a sua volta ulteriori sistemi di finitura che possono conferire più accentuate e specifiche caratteristiche estetiche e prestazionali (tinteggiature, decorazioni, tessere o mosaici di ceramica o quarzite, ecc.).

Il rivestimento a intonaco, se applicato in ambienti interni asciutti, ben aerati ed eseguito a regola d'arte su supporti stabili e “sani”, ha una durata che può eguagliare l'arco di vita dell'edificio. Utilizzato, invece, su pareti esterne protette con sporti, nelle stesse condizioni di supporto e di esecuzione, normalmente fornisce prestazioni accettabili per 20-30 anni. Tuttavia una volta innescato un qualunque processo di degrado (infiltrazioni di umidità, distacco dal supporto interno, reazioni chimiche anomale, ecc.), se progredisce in maniera estremamente rapida, porta estese porzioni di intonaco alla completa inefficienza prestazionale.

Gli intonaci esterni di tutto il complesso edilizio, sono eseguiti con una successione di strati di malta, composti da un impasto di calce (aerea<sup>94</sup>, idraulica<sup>95</sup> o una combinazione delle due) e aggregati in materiale calcareo. La cromia dell'intonaco è determinata dal colore dell'aggregato calcareo che conferisce un aspetto gradevole alla facciata e stabilisce un legame visivo di tipo cromatico fra natura e costruito. La malta per gli intonaci esterni del complesso edilizio è stata probabilmente realizzata nel rapporto, utilizzato spesso per gli intonaci tradizionali, aggregato/legante 3:1 o 4:1.

Il palmento e la cantina sono rifiniti internamente con una tonachina successivamente tinteg



Figura 101 – Immagini della finitura a intonaco del prospetto sud del frantoio.



Figura 102 - Immagine dei locali interni del frantoio.

<sup>92</sup> Cfr. UNI EN 10924, Malte per elementi costruttivi e decorativi, Febbraio 2001.

<sup>93</sup> UNI EN 998-1, Specifiche per malte per opere murarie, Malte per intonaci interni ed esterni, Marzo 2004.

<sup>94</sup> Le calci aeree si ottengono dopo le fasi di calcinazione, spegnimento e carbonatazione della pietra calcarea con  $\text{CaCO}_3$  superiore al 95%. E' il principale legante utilizzato nelle fabbriche tradizionali per il confezionamento della malta per muratura e della malta per intonaci. Anticamente si preparava la calce in recipienti di legno detti “bagnoli”. Le zolle di calce viva irrorate d'acqua in seguito al calore sviluppato nella fase di idratazione si fessuravano polverizzandosi e si trasformavano in un impasto chiamato “grassello” (idrossido di calcio). Tuttavia la calce oltre a risultare permeabile all'acqua viene da essa dilavata e trasformata in carbonati e bicarbonato. L'inquinamento atmosferico da anidride solforosa ha notevolmente aggravato il fenomeno trasformando la calce in gesso.

<sup>95</sup> Per idraulica si intende quel tipo di calce capace di indurire e di fare presa anche in presenza di acqua. E' il pro-



Figura 103 - Immagine dei locali interni del palmento.

giata al fine di garantire agli ambienti migliori condizioni igieniche ed esternamente si presentano in pietrame informe a vista.

Il frantoio è esternamente rifinito in intonaco di cemento e aggregati calcarei (Figura 101) e internamente presenta la parte basamentale rifinita a fratazzo con malta di cemento e aggregati

calcarei. Le pareti superiormente ai 2 m circa sono tinteggiate (Figura 102).

Gli intonaci esterni a base di calce sono stati probabilmente realizzati in due strati:

- il primo, detto di *aderenza o rinza*, contiene maggiore grassello di calce, possiede uno spessore di 3-5 mm e ha il compito di legare meccanicamente il supporto agli strati successivi;
- il secondo strato, *strato di finitura*, contiene poco legante, presenta uno spessore di 3-5 mm e aggregati di granulometria idonea alla finitura a fratazzo.

Invece, negli intonaci dei locali della cantine e del palmento (Figura 103) veniva applicata la scialbatura in latte di calce<sup>96</sup> sostituita, in tempi più recenti, da un velo di tinteggiatura<sup>97</sup>.

Gli intonaci a base di calce si presentano traspiranti<sup>98</sup>, offrono una elevata permeabilità al vapore, sopportano bene le sollecitazioni termiche ma sono porosi. Le malte realizzate con la calce aerea, possedendo una giusta consistenza plastica che ne facilitava la posa sulle superfici verticali, garantiscono la dovuta aderenza al sottofondo ed evitano, grazie a un indurimento lento e progressivo, pericolosi fenomeni di fessurazione. Ovviamente le proprietà della malta per intonaco sono determinate dalle diverse proporzioni esistenti tra l'aggregato e il legante, dalle temperature e dalle condizioni di messa in opera.

Tuttavia, le malte realizzate con la calce aerea presentano una resistenza molto limitata, un indurimento lento, soprattutto per grandi spessori, e una grande sensibilità agli attacchi del gelo e degli inquinanti atmosferici aggressivi. Invece, le malte realizzate con calce idraulica hanno, a parità di aggregato, resistenza meccanica più elevata delle malte a calce aerea e reagiscono meglio all'azione dell'acqua. Esse sono dotate di ottima coesione e di potere adesivo e la struttura finemente porosa conferisce loro un certo potere termoisolante.

---

*dotto della cottura dei calcari impuri per l'argilla presente in proporzioni del 15-20%.*<sup>95</sup>

<sup>96</sup> Il materiale base di una scialbatura è il latte di calce al quale vengono aggiunti pigmenti inorganici naturali a base di terre coloranti, carbonati od ossidi di ferro, compatibili con la forte basicità della calce. I pigmenti, in genere, vengono miscelati a secco e poi messi in bagno in una certa quantità di acqua pari a circa il doppio del loro volume ma prima di essere aggiunti al latte di calce sono accuratamente setacciati per evitare la formazione di grumi. La semicoprenza e la semitrasparenza della scialbatura era determinata dalla diluizione del composto e dalla natura del pigmento stesso.

<sup>97</sup> Le tinteggiature a base di latte di calcio sono state progressivamente sostituite dagli anni '60 del '900 con le idropitture che presentano una elevata resistenza agli agenti atmosferici inquinanti ma che risultano decisamente coprenti. Tuttavia il loro utilizzo è sconsigliato per l'incompatibilità di tipo chimico-fisico creatasi tra supporto (intonaco) e la finitura (la tinta).

<sup>98</sup> Pertanto il componente è molto idoneo all'applicazione su muratura tradizionale.

#### 4.2.2.c *Le finiture in pietra*

Le soglie e i davanzali, i cornicioni e le modanature, gli stipiti e i piedritti<sup>99</sup> dei vani di apertura, che assolvono alla duplice funzione di sopportare la parte sovrastante della parete di prospetto e di delimitare o coronare i vani stessi, sono realizzati in pietra calcarea tenera.

Nei muri perimetrali, le superfici piene prevalgono su quelle vuote e le porte e le finestre sono ridotte al minimo indispensabile per non indebolire la struttura e garantire sufficienti condizioni di illuminazione e di ventilazione.

Le cornici delle aperture, composte da una soglia, due spallette e un architrave, sono realizzate in pietra da taglio calcarea. L'architrave si presenta suddiviso in due elementi paralleli, uno interno allo spessore murario e uno esterno. Quello esterno è posizionato all'interno del muro per un terzo del suo spessore. Nei restanti due terzi dell'apparato murario è alloggiato l'architrave interno che è stato realizzato, per le aperture più grandi, in pietra e, per quelle più piccole, in legno.

L'architrave esterno è stato costruito in relazione alla luce del vano: per luci grandi, comprese tra 100 e 160 cm, è stato costruito secondo un arco che, a tutto sesto o a sesto ribassato, tramite un numero variabile di conci di pietra, scarica lateralmente il peso della muratura sovrastante; per luci di dimensioni più modeste è stato utilizzato l'architrave a intradosso rettilineo, la cui realizzazione prevedeva il semplice accostamento di due o più conci di pietre; per le aperture di piccole dimensioni si è ricorso a un unico concio che da solo ha coperto la luce dell'intera apertura. La costruzione delle spallette è stata realizzata in pietra seguendo due possibili modalità costruttive che prevedevano, rispettivamente, la disposizione della dimensione dominante del concio in modo ortogonale e/o parallelo alla faccia del muro. I conci impiegati sono ben squadri, di dimensione consistente o della stessa dimensione dei quelli utilizzati per la realizzazione della muratura e assicurano una buona resistenza e aderenza alla muratura adiacente.

Il portone del prospetto rivolto a nord (1.85 × 3.70 m) del palmento (Figura 104) presenta un architrave impostato su due blocchi in pietra calcarea e costituito da un arco a tutto sesto composto da dieci conci più la chiave di volta. Le spallette sono realizzate con nove - dieci grandi blocchi di pietra calcarea orientate con la dimensione dominante parallela al muro. L'architrave interno è realizzato in murature ed è a sesto ribassato.

Il vano del portone sul prospetto rivolto a est (2.54 × 4.00 m) del palmento (Figura 105) è realizzato con un arco a sesto ribassato ottenuto dall'accostamento dei vari conci lapidei tagliati secondo le regole della stereotomia e le spallette sono realizzate con la dimensione dominante dei conci parallela al piano del paramento murario.

Le finestre della cantina (1.00 × 1.80 circa) (Figura 106) possiedono un unico architrave esterno rettilineo inserito nella fascia lapidea di coronamento del fabbricato e nove blocchi lapidei per la creazione delle spallette disposti con la dimensione dominante parallela al muro. Il davanzale è realizzato con l'accostamento di due file di conci ben squadri che danno complessivamente lo stesso spessore dell'architrave inserito nella cornice di coronamento del fabbricato. L'architrave interno è realizzato in pietra ed è a sesto ribassato.

Le finestre e le porte finestre del palmento (1.00 × 1.50 m) (Figura 107) possiedono un architrave esterno orizzontale realizzato con un unico blocco di pietra calcarea. Le spallette sono realizzate con sette conci ben squadri di dimensioni simili a quelli utilizzati nella muratura e il davanzale presenta in cinque casi, una superficie a semicerchio, utile all'appoggio delle ceste contenenti l'uva. In questo caso sopra all'architrave rettilineo esterno si mostra in facciata l'architrave interno a sesto ribassato che, costituito da conci lapidei posti di taglio, concorre alla funzione di scarico del peso della struttura sovrastante.

Le porte-finestre (1.25 × 2.20 m) e le finestre del frantoio (0.90 × 1.20 m e 0.90 × 1.00 m) (Figura 108) hanno architravi interni ed esterni a sesto ribassato realizzati con conci opportunamente sagomati. Le spallette dal vano di allocazione della porta-finestra sono costruite con conci disposti alternativamente con la dimensione dominante ortogonale o parallela alla faccia del

---

<sup>99</sup> Piedritti o spalle sono i sostegni di un architrave.

muro. Il davanzale delle finestre è realizzato grazie all'accostamento di tre blocchi di pietra calcarea.

Tutte le finestre del piano terra della casa signorile che si affacciano sul parco, sia quelle del frantoio che quelle dei magazzini, sono schermate da grate in ferro battuto.



Figura 104 - Portone del Prospetto nord del Palmento.



Figura 105 - Portone del prospetto est del Palmento.



Figura 106 - Finestra della cantina.



Figura 107 - Finestre del palmento.



Figura 108 - Finestra e portone del Frantoio.

#### 4.2.2.d Le volte

Le volte in pietra, nei tempi passati, erano impiegate in edifici di semplice qualità architettonica per la copertura di vani con modeste funzioni. Frequentemente venivano utilizzate per le coperture dei piani terra o degli interrati e, prima dell'avvento delle strutture in ferro e in cemento armato, erano impiegate in opere di grande mole soggette a forti carichi (ponti, gallerie, ecc.).

La costruzione di queste volte avveniva disponendo i tagli<sup>100</sup> perpendicolari alla superficie di intradosso e le superfici di giacitura<sup>101</sup> ortogonali ai piani dei tagli.

Le volte presenti nel frantoio e nel palmento sono a crociera su pianta quadrangolare (Figura 110) e a botte, a tutto sesto o a sesto ribassato, con o senza lunette, su pianta rettangolare (Figura 109). Sono state realizzate in pietra sbazzata ed eseguite con conci giuntati secondo gli stessi principi delle murature e tagliati secondo precise forme a cuneo, in base alle regole della stereotomia. La malta, disposta tra i conci lapidei, è realizzata in gesso e presenta spessore minimo compreso tra i 6-8 mm. Essa uniforma la superficie, possiede una funzione statica in quanto collabora alla resistenza dei conci e contribuisce alla ripartizione delle pressioni.



Figura 109 - Volta a botte lunettata presente a copertura dei locali del frantoio.



Figura 110 - Volta a crociera presente a copertura dei locali del frantoio.

Il rinfiacco, riempimento che si dispone nello spazio tra l'estradosso della volta, il piano di calpestio e i muri perimetrali, per un'altezza all'imposta compresa tra  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{3}$  della monta in adiacenza al muro probabilmente è stato realizzato con rottami di laterizi, vasi di terracotta, gusci vegetali, ecc. Esso è molto influente sull'equilibrio statico della volta in quanto, aggiungendosi con il proprio spessore e peso, consente che la risultante delle forze dell'intera opera muraria ricada all'interno del nocciolo centrale di inerzia<sup>102</sup>. Su di esso sono stati disposti degli elementi necessari alla formazione del piano di calpestio quali il massetto, la malta e la pavimentazione in pietra calcarea o pece.

Fondamentale è l'apparecchio della volta che è la disposizione dei conci nella struttura in muratura, la cui scelta è correlata a esigenze di natura statica (trasmissione degli sforzi), geometrica (connessioni degli elementi tra di loro) e realizzativa (economia nell'esecuzione dei sostegni provvisori, economia nel taglio e/o lavorazione degli elementi). In generale, i tipi di appa-

<sup>100</sup> I tagli sono i piani di connessione tra i conci dello stesso filare.

<sup>101</sup> Per giaciture si definiscono le superfici di connessione tra i filari.

<sup>102</sup> Per nocciolo centrale di inerzia si intende il luogo geometrico dei punti affinché l'asse neutro sia esterno o tangente alla sezione, pertanto è la zona in cui deve cadere il carico per avere sollecitazioni di tipo omogeneo affinché la sezione risulti o tutta compressa o tutta tesa.

recchi più diffusi sono: a filari longitudinali, a filari trasversali, a spina di pesce, a filari diagonali e ad anelli concentrici (Caleca, 2000).

Nelle volte a botte (Figura 109) del frantoio e del palmento è stata utilizzata un'apparecchiatura a filari longitudinali, realizzata con l'uso della centina continua disponendo i filari di pietre longitudinalmente alla linea della generatrice. Le volte presentano uno spessore in chiave di circa 20 cm e una luce max di 5 m circa. Le volte a botte presenti nel frantoio coprono una superficie di 28 m<sup>2</sup> circa. Invece, delle cinque nel palmento, due coprono una superficie di 20 m<sup>2</sup> e fungono da copertura dei tini di fermentazione e le altre due si intersecano con la quinta disposta ortogonalmente alle precedenti che copre una superficie di 40 m<sup>2</sup>.

In genere, l'apparecchiatura della volte composte, ossia delle volte a crociera, delle volte a specchio e a cielo di carrozza è un po' più laboriosa. I conci che appartengono contemporaneamente alle due volte che si intersecano venivano tagliati secondo le regole della stereotomia, curando lo sfalsamento dei giunti ed evitando gli angoli acuti.

Le volte a crociera (Figura 110) presenti nel frantoio e nella cantina, in cui lo spessore in chiave è di 20 cm, presentano filari normali alle linee di perimetro, paralleli alle generatrici in modo da portare le azioni sui piedritti direttamente e mediante gli archi longitudinali. Le volte a crociera presenti nel frantoio sono intonacate e coprono una superficie di 30 m<sup>2</sup> circa. Invece quelle presenti nella cantina sono tre e coprono una superficie di 24,50 m<sup>2</sup>.

La costruzione di tali volte in muratura iniziava, così come si faceva per la realizzazione degli archi, dai piani di imposta procedendo verso la sommità. Per dare ai sostegni il peso necessario per la loro stabilità, la volta veniva spesso costruita dopo che i muri erano stati elevati oltre il loro piano di imposta predisponendo ad adeguata quota i nascenti della volta, i quali potevano essere sporgenti oppure in aggetto sul paramento interno del muro. Le centine della carpenteria utilizzate nella fase di costruzione della volta venivano rinforzate con puntelli di legname (Caleca, 1987).

#### 4.2.2.e La pavimentazione

Nel palmento, nell'impianto a nord (zona di pigiatura, zona di torchiatura e superfici di passaggio) la pavimentazione è realizzata con lastre bocciardate, non lucidate e antisdrucchiolo, in pietra pece di 40 cm × 40 cm, dello spessore di 3 ÷ 4 centimetri e a bordi grezzi. Nell'impianto a sud, la pavimentazione è realizzata con mattonelle in pietra pece di dimensione quadrata con lato di circa 38 cm. Le mattonelle sono unite con malta e messe in opera su un sottofondo spianato.



Figura 111 - Pavimentazione del palmento.



Figura 112 - Pavimentazione del frantoio.

Il locale della cantina è privo di pavimentazione e presenta un suolo in terra battuta che ha il compito di regolare le condizioni termo-igrometriche dell'ambiente.

Nel frantoio, la pavimentazione è realizzata in pietra calcarea non lucidata e antisdrucchiolo della dimensione di 40 cm × 40 cm, a bordi grezzi e dello spessore di 3 ÷ 4 centimetri (Figura 112).

La pavimentazione in pietrame calcareo si presenta molto resistente all'usura, sopporta bene i carichi concentrati, resiste agli acidi, non è assorbente ed è facilmente pulibile se lucidata, al-

trimenti presenta piccole connesure difficili da pulire. In genere, la pietra calcarea e quella pece sono molto dure e poco logorabili ma la pietra pece sembra presentare una migliore conservazione e una maggiore resistenza all'abrasione, un'attitudine superiore a non subire asportazioni superficiali e perforazioni.

#### 4.2.2.f *Gli Infissi*

Gli infissi costituiscono una parte molto importante del manufatto edilizio perché sono gli elementi di collegamento diretto visivo tra interno ed esterno e assolvono ad almeno tre esigenze fondamentali: la sicurezza dell'edificio, l'illuminazione e la ventilazione degli ambienti e l'armonia architettonica.

Il legno è il materiale base per la costruzione dei serramenti nelle fabbriche tradizionali, la preferenza che gli veniva accordata dipendeva dalla lavorabilità, dalla sua capacità di resistere agli agenti atmosferici e soprattutto dalla facilità di reperimento, in loco, di buone essenze. In genere, nella realizzazione di un serramento in legno veniva effettuata un'impregnatura con olio di lino cotto, un'operazione di stuccatura delle fessure e dei nodi mediante l'applicazione di biacca o colla e una successiva carteggiatura delle superfici fino a renderle lisce e pronte per la tinteggiatura da effettuare con vernici a base di olio di lino cotto, biacca, terre coloranti, copale e trementina. L'unione delle varie parti dei serramenti (montanti, traversi, specchiature) avveniva con incastri e colle. Per saturare i vuoti e per ottenere la perfetta coincidenza degli incastri era utilizzato del mastice. La protezione dagli agenti atmosferici era garantita dalla verniciatura delle superfici, in colori chiari per gli sportelli di oscuramento per favorire la riflessione di una parte della radiazione solare e in tonalità variabili dal verde al marrone per i telai delle ante vetrate.

Le finestre del frantoio sono realizzate a due ante in legno di abete<sup>103</sup>. Sono protette da grate e presentano scuri specchiati che garantiscono l'oscuramento degli interni e contribuiscono all'isolamento termico. Gli scuri adoperati nei fabbricati sono quelli "alla maltese", incernierati al telaio mobile e con dimensioni pressoché uguali a quelle del vano vetrato e si differiscono da quelli "alla palermitana" che sono direttamente incernierati al telaio fisso e offrono prestazioni migliori di tenuta all'aria, migliore resistenza termica e garantiscono il completo oscuramento dei locali interni (Cascone, 1996).

Il vetro, dello spessore di 2 mm, è inserito negli infissi con le cornicette ferma-vetro in legno, sagomate e fissate al telaio sul lato interno dell'infisso mediante chiodi. Le lastre sono collegate tra di loro con regoli in piombo con doppia scanalatura, di dimensioni molto ridotte per non creare grandi ostruzioni al passaggio della luce e in modo da farle apparire come se fossero uniche. Tasselli di sughero sono interposti tra la lastra e la cornice.

Le porte finestre e le finestre del palmento e della cantina sono in legno di abete a due ante, dogate e prive di vetrate. Il portone del palmento sul prospetto est presenta doghe in castagno<sup>104</sup> chiodate su un telaio realizzato con sette traverse e due montanti per anta. L'infisso è stato poi rivestito di lamiera fino a un'altezza di circa 2 metri a protezione da fenomeni atmosferici. Invece il portone sul prospetto nord, a due ante, sempre realizzato con tavole di castagno, presenta in un'anta un'ulteriore infisso mobile per un'apertura parziale dell'anta mobile.

---

<sup>103</sup> Il legno di abete è catalogabile tra i legnami resinosi i quali sono di grande resistenza, compatti, elastici e rispondenti bene alle intemperie. Per tale motivo la loro principale applicazione è riscontrata nell'industria dei serramenti. Essi mostrano una resistenza a flessione di circa 60-80 N/mm<sup>2</sup>, a trazione di circa 80-95 N/mm<sup>2</sup> e presentano una colorazione biancastra e giallognola (Caleca, 2000).

<sup>104</sup> Il legno di castagno era un materiale molto diffuso, in passato, perché facilmente reperibile e molto resistente. Esso fa parte dei legni duri, ha un'ottima resistenza a flessione (90-140 N/mm<sup>2</sup>), a trazione (80-140 N/mm<sup>2</sup>) e peso specifico elevato (80-140 Kg/m<sup>3</sup>). In ambiente umido, è molto stabile ma facilmente vulnerabile all'azione degli agenti patogeni. Generalmente i legni duri non sono adoperati nella serramentistica per la difficoltà operativa a sagomarli nella realizzazione delle battute e degli incastri. Tuttavia tali essenze sono utilizzate nella struttura portante dei tetti, nella realizzazione dei portoni di grandi dimensioni e per serramenti particolari. Il legno di castagno presenta una colorazione bruno-giallastra e una buona elasticità (Caleca, 2000).

I portoni del frantoio sono in legno di castagno, a due ante, realizzati con tavole baccellate, ossia doghe di legno di notevole spessore connesse tra di loro con l'ausilio di bandelle chiodate e collegate al telaio realizzato da sei traverse e due montanti per anta. Le ante mobili sono poi connesse al telaio fisso con cerniere e staffe di ferro. Le ferramenta di movimento hanno la funzione di consentire l'apertura delle parti mobili degli infissi. Nelle finestre, nelle porte-finestre e nei portoni la ferramenta che permette la movimentazione dell'anta mobile è del tipo *bandelle ad ali* ed è costituita da due parti: una collegata al telaio fisso e l'altra collegata al telaio mobile. Le bandelle sono costituite da quattro pezzi: due pelette, di norma simmetriche, con occhiello cilindrico e due perni cilindrici. Di questi, uno più lungo viene fissato rigidamente all'occhiello della bandella inferiore mentre l'altro, più corto, viene lasciato libero di ruotare dentro l'occhiello superiore.

Nelle finestre e nei portoni è impiegato il *saliscendi* per bloccare la parte inferiore di ciascuna anta, mentre la *spagnoletta*, asta cilindrica posta verticalmente sul telaio mobile, fissata con due anelli e regolata da una maniglia, blocca la parte superiore.

#### 4.2.2.g Le Coperture

I fabbricati adibiti alla cantina e al palmento presentano corpi di fabbrica con copertura a due falde inclinate e manto in coppi e canali<sup>105</sup>.

Nel caso della cantina (Figura 113), la copertura a due falde con pendenza del 35%, è realizzata tramite una serie di arcate a sesto ribassato in muratura dello spessore di 40 cm circa poste con un interasse di circa 5.85-6 m, sulle quali sono impostati gli arcarecci (di dimensioni 10 cm × 10 cm) in tondame, le canne disposte a puntoni e l'incannucciato. I correntini collocati sull'incannucciato consentono il posizionamento del manto in coppi e canali.

La copertura del palmento (Figura 114), con pendenza del 35%, è realizzata con capriate palladiane<sup>106</sup> in legno di abete che, coprendo una luce di 12.30 m circa e disposte a interasse di circa 2.50 m, sono sorrette da mensole agli appoggi e hanno il compito di scaricare il peso soltanto sui muri portanti laterali della costruzione. Ortogonalmente ai puntoni, sono disposte le terzere (di dimensioni 0.10 m × 0.10 m) chiodate sulla capriata, le quali sorreggono le canne disposte a puntoni, l'incannucciato e i correntini sui quali è collocato il manto in coppi e canali. Le capriate sono così realizzate: i tiranti sono di dimensioni 12.60 m x 0.20 m x 0.18 m, i puntoni di dimensioni 6.40 m × 0.20 m × 0.18 m, le saette di dimensioni 1.40 m x 0.18 m x 0.18 m e il monaco di dimensione 1.95 m × 0.18 m × 0.18 m.

#### 4.2.2.h Il Sistema di Raccolta e smaltimento delle acque pluviali

Lo smaltimento dell'acqua piovana non avviene con canalette e pluviali ma l'acqua scivola dalle coperture e finisce direttamente sul terreno limitrofo (Figura 115). Questa soluzione risulta, in alcuni contesti, inadeguata e ciò è dimostrato dalla presenza di patologie da umidità (alterazione cromatica<sup>107</sup>, patine biologiche<sup>108</sup>, disgregazione e distacchi dell'intonaco), causate da tracimazioni e versamenti localizzati. Ove confluiscono più falde, lungo la linea di intersezione

---

<sup>105</sup> Si definiscono "tegole curve" o "coppi e canali" a forma di mezzi tronchi di cono che si dispongono in due strati: un primo strato si ottiene collocando le tegole con la concavità rivolta superiormente e la base maggiore in alto e l'altro, sovrastante al primo, si realizza ponendo la concavità rivolta inferiormente e la base maggiore in basso. Le tegole così disposte si sovrappongono di circa 10-12 cm. I coppi, in genere, si poggiano su correntini di legno situati secondo le linee di max pendenza. Il manto che si ottiene è pesante e pendente del 35%.

<sup>106</sup> La capriata palladiana risulta composta da due puntoni, una catena, un monaco e due saette.

I puntoni sono travi inclinate come le falde del tetto; la catena è una trave orizzontale che ha la funzione di assorbire gli sforzi di trazione esercitati dai puntoni in corrispondenza della testa dei muri; il monaco è un elemento verticale posto tra i puntoni che ha il compito di limitare la flessione della catena nonché di garantire la complanarità della struttura; le saette scaricano sul monaco la forza di compressione derivante dal collegamento con i puntoni (Caleca, 2000).

<sup>107</sup> Alterazione che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata sulla superficie per strati di polvere o deposito di grassi, per dilavamento o attacchi chimici.

<sup>108</sup> Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio, ecc. (definizione Normal 1/88).

dei piani di copertura viene realizzata una canaletta che attraverso un bocchettone in terracotta (Figura 116), sporgente dal prospetto, consente lo sgrondo diretto sul terreno.



Figura 113 - Struttura della copertura della cantina.



Figura 114 Struttura della copertura del palmento.



Figura 115 - Smaltimento a sgrondo diretto.



Figura 116 - Bocchettoni per lo smaltimento dell'acqua piovana.

### 4.3 MATERIALI E METODI

Nel presente paragrafo viene illustrata la metodologia adottata per la realizzazione di un museo virtuale all'interno del complesso edilizio Fegotto, sito nel territorio di Chiaromonte Gultfi.

Innanzitutto, è stata effettuata la modellazione tridimensionale degli edifici affinché essi costituiscano lo scenario del museo virtuale, realizzato al fine di incrementare la conoscenza delle caratteristiche architettoniche e tecnico-costruttive del complesso in esame e renderle fruibili ad un ampio bacino di utenti.

L'esposizione museale è stata ambientata all'esterno di tutto il complesso edilizio e all'interno del frantoio, della cantina e del palmento. Gli oggetti per il collegamento alle schede illustrative sono collocati all'esterno degli edifici e all'interno dei locali di produzione del vino e dell'olio. Gli ambienti di lavorazione sono stati ricostruiti fedelmente e con gli attrezzi che originariamente venivano utilizzati per la produzione tradizionale del vino e dell'olio nel complesso edilizio Fegotto: macine, presse, torchi, contenitori, botti, ecc.

La ricostruzione tridimensionale del complesso edilizio è stata curata in tutti i particolari architettonici e il processo di *texture mapping*, che ha consentito una visualizzazione fotorealistica del complesso edilizio, è stato attuato mediante l'uso delle immagini *raster* dei materiali reali e dei componenti edilizi tradizionali. La navigazione è stata realizzata in maniera interattiva al fine di coinvolgere maggiormente l'utente, spingendolo ad inoltrarsi all'interno del complesso edilizio, nei percorsi e nelle corti ove si è trovato, dopo avere cliccato con il mouse, su oggetti preposti ad ampliare la conoscenza e la scoperta della masseria.

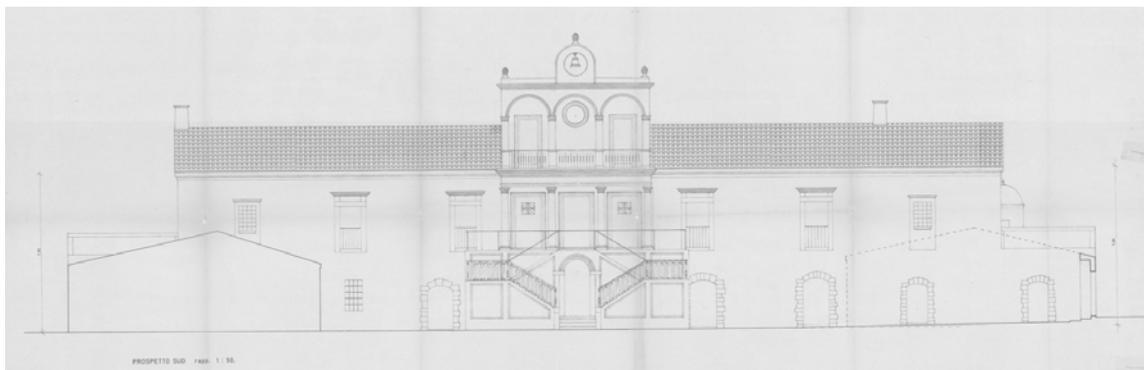
Per la realizzazione del museo virtuale all'esterno del complesso edilizio e al fine di consentire la navigazione all'interno dell'ambientazione 3D è stata applicata la seguente metodologia:

- verifica e integrazione delle tavole grafiche di un rilievo edilizio messo a disposizione dal proprietario del complesso edilizio;
- raddrizzamento monoscopico non convenzionale di alcuni prospetti;
- rilievo topografico del terreno emodellazione tridimensionale del terreno;
- modellazione tridimensionale dei corpi di fabbrica;
- selezione dei corpi di fabbrica ove effettuare la navigazione negli ambienti interni e rilievi strumentali di questi;
- modellazione tridimensionale degli oggetti cliccabili (pannelli e bandierine) e degli elementi di arredo delle corti (pozzi, panche, ecc.);
- realizzazione delle schede illustrative che, rese fruibili con un click del mouse su oggetti preposti alla funzione, contengono informazioni sui materiali, sulle tecniche costruttive adoperate nella cantina, nel palmento e nel frantoio e sui cicli di produzione dell'olio e del vino;
- rilievo della cromia dei materiali (pietra calcarea, ferro, ecc.) e dei componenti edilizi (intonaci, pavimentazioni, murature, ecc.) per il bilanciamento cromatico delle *texture*.
- applicazione delle procedure di *texture mapping* e di *rendering*;
- valutazione dei metodi di presentazione degli spazi espositivi;
- realizzazione dei tour visuali;
- valutazione dei metodi di interazione;
- progettazione dei meccanismi di interazione;
- esportazione del file in formato VRML.

Per effettuare la ricostruzione tridimensionale è stato utilizzato un rilievo realizzato alcuni anni or sono allo scopo di effettuare lavori di recupero nel complesso edilizio. Gli elaborati grafici di tale rilievo sono disegnati a mano, con il tecnigrafo, lucidati a china e poi eliografati (Figura 117 e Figura 118). Le piante e i prospetti sono stati verificati adottando metodi di rilevamento diretto. I paramenti che presentavano maggiore complessità dal punto di vista compositivo e numerosi particolari architettonici (modanature, mostre, cornici, ecc.) sono stati rilevati attraverso la fotogrammetria monoscopica non convenzionale, allo scopo di ottenere una rappresentazione obiettiva delle superfici architettoniche, rendendo così possibile la loro riconoscibilità percettiva e metrica.



**Figura 117 - Tavola di rilievo degli edifici che si affacciano sul lato sud della corte principale.**



**Figura 118 - Tavola di rilievo degli edifici che si affacciano sul lato nord della corte principale.**

Le fotografie utili al raddrizzamento sono state scattate per ciascun prospetto garantendo il loro parallelismo con la facciata da vettorializzare. Tale condizione risultava necessaria al fine di effettuare il raddrizzamento in ambiente CAD.

Ciascuna fotografia digitale è stata, quindi, importata in ambiente CAD (il software utilizzato è stato Autocad 2010 dell'Autodesk) e, dopo avere effettuato la creazione di tre layer (rispettivamente dal nome: foto, 3D, disegno), sono state individuate, attraverso due linee orizzontali e due linee verticali, le fughe  $f_x$  (fuga delle rette orizzontali) e  $f_y$  (fuga delle rette verticali). Una serie di costruzioni geometriche ha portato alla determinazione della fuga  $f_z$  e, quindi, del centro di proiezione. Da tale centro di proiezione è stata generata una vista che ha consentito di scalare e ruotare il contorno della fotografia affinché le due linee verticali e quelle orizzontali, precedentemente selezionate, risultassero correttamente parallele tra di loro. Successivamente, è stata realizzata una *mesh*, cioè superficie 3D (con il comando *3D face*) sui punti di contorno della fotografia alla quale è stato applicato il procedimento di *texture mapping* con la fotografia scattata in campo. Le impostazioni per il *processo di rendering* sono state selezionate al fine di ottenere un'immagine di buona risoluzione, nitida e non sfuocata per il processo di vettorializzazione, al fine di ottenere la risoluzione ottimale per la visualizzazione dei particolari architettonici presenti in facciata. Eseguito il processo di *rendering*, l'immagine creata è stata ritagliata tramite un programma di fotoritocco (Adobe Photoshop 7.0) e convertita in formato Jpg con il 2% di compressione per ottenere dimensioni accettabili per le successive operazioni di vettorializzazione 2D in ambiente CAD.

I corpi di fabbrica relativi al frantoio, al palmento e alla cantina sono stati rilevati impiegando un distanziometro laser e altri strumenti (metri rigidi, rulline e paline) normalmente impiegati per i rilievi metrici. Il rilievo in dotazione è stato verificato, corretto e integrato delle parti mancanti nonché arricchito con numerosi particolari costruttivi.

Il rilievo del terreno è stato realizzato con l'impiego di una strumentazione GPS. I risultati di tale rilievo sono stati inseriti nella planimetria dell'intero complesso edilizio del rilievo in dotazione che non presentava le quote altimetriche. Inoltre, tale rilievo è stato necessario per collocare gli edifici ricostruiti tridimensionalmente nella loro esatta posizione.

Con questo tipo di strumentazione è possibile stimare le coordinate tridimensionali dei punti sulla base dell'ausilio di 24 satelliti (per ottenere un dato con un basso livello di errore sono indispensabili almeno quattro satelliti: l'ausilio di più satelliti consentirebbe maggiore precisione e affidabilità del dato). Il dato se corretto può avere una precisione centimetrica e millimetrica.

È stato possibile rilevare con la strumentazione GPS buona parte del complesso edilizio ma è stato necessario evitare le zone d'ombra e quelle influenzate da elementi metallici. Infatti, le sporgenze degli edifici, le alberature, gli oggetti metallici quali ringhiere, grate e cancelli, influenzano il segnale e determinano imprecisioni nel rilievo del dato. In questi casi, i punti ricavati mediante la strumentazione GPS non sono stati tenuti in considerazione ai fini della ricostruzione tridimensionale del terreno ma essi sono stati rilevati, con il metodo della triangolazione e mediante l'ausilio di rulline e di paline.

La stazione ricevente del GPS è costituita da un antenna e da un elaboratore di dati che traduce il segnale del satellite in coordinate. Le misure dei punti sulla terra si determinano tramite trilaterazione tra la stazione ricevente sulla terra e almeno due satelliti.

Il sistema GPS adottato è dotato di una base fissa (Figura 119) e di un rover (Figura 120). Il rover è la strumentazione che acquisisce i punti. Esso è dotato di radio modem per la comunicazione in modalità wireless con la base. Invece, la base viene generalmente posizionata, nel caso in cui si intendesse sfruttare il sistema di coordinate globali, in un punto di coordinate note o in un qualsiasi punto per la realizzazione di un sistema di coordinate relative.

Caratteristiche della base e del rover della Leica usati nella sperimentazione:

- la base: smart antenna modello ATX1230+ GNSS, ricevitore geodetico GNSS per RX1250, 120 canali doppia frequenza L1/L2 e in grado di tracciare le costellazioni Gps, Glonass, Galileo e Compass. Funzionalità Bluetooth.



Figura 119 - Base della Leica.



Figura 120 - Rover della Leica. Fonte:  
<http://www.termocamere.com>

- il rover: RX 1250Xc, controller Wince-Bluetooth con display grafico a colori retro-illuminato, touch screen, tastiera alfanumerica Qwerty, slot per CF card. Tasti programmabili definiti dall'utente e sistema operativo in lingua italiana.

Con la funzione "Direct.dxf", i dati sono stati salvati in formato .dxf e acquisiti dal un programma CAD senza nessuna fase intermedia.

Il modello tridimensionale del terreno è stato realizzato unendo i punti rilevati con il GPS e già disposti in sistema spaziale tramite superfici 3D (comando 3D face) che sono state successivamente estruse e convertite in solidi.

Sono stati modellati esternamente tutti i corpi di fabbrica presenti nel complesso edilizio attraverso Autocad 2010. Ogni edificio è stato ricostruito estrudendo polilinee chiuse e/o impiegando geometrie elementari (sfere, cilindri, cubi, ecc.) modellate con operatori booleani di estrusione, unione e intersezione. In particolare, sono state realizzate oltre ai paramenti perimetrali e alla copertura, le cornici, i cantonali, le fasce di marcapiano e di completamento dei fabbricati, ove presenti, e la varie modanature, la zoccolatura, le soglie, gli infissi, le ringhiere e le grate.

Ciascun fabbricato è stato riprodotto in 3D, assemblando i risultati ottenuti dalla modellazione tridimensionale di ciascun prospetto. In particolare, per ciascun fabbricato sono state realizzate, oltre alle aperture e agli infissi, le cornici e le zoccolature.

Il modello tridimensionale di ciascun fabbricato è stato salvato in un apposito file e collocato spazialmente nella corretta posizione individuata tramite il rilievo del terreno unitamente alla ricostruzione tridimensionale delle coperture.

La ricostruzione tridimensionale delle coperture è stata realizzata mediante l'ausilio di *mesh*, ossia superfici 3D che, supportate meglio dai file VRML usati nell'interazione, rappresentano le falde delle coperture e mediante superfici di Coons, ossia superfici rigate generate a partire da due curve direttrici, utili alla creazione dei coppi e dei canali al fine di ottenere un maggiore effetto realistico nei render.

I coppi e i canali sono stati realizzati con le superfici di Coons prima singolarmente e poi in moduli (Figura 121) e copiati rapidamente nel modello, seguendo le pendenze dei tetti tramite il comando serie che consente in Autocad di ottenere file e righe, istantaneamente, fornendo le sole misure degli interassi tra le righe e tra le colonne.

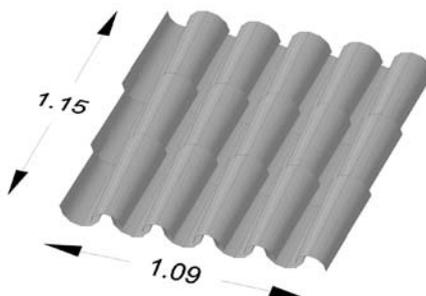


Figura 121 - Coppi e canali nella modellazione 3D

Inoltre sono stati modellati alcuni elementi di arredo esterno dei cortili quali cancelli, pozzi, vasche, panche, ecc.

Il modello finale tridimensionale creato possiede un elevato numero di geometrie che ne hanno determinato una notevole ma gestibile dimensione del file .dwg.

I corpi di fabbrica del palmento, della cantina e del frantoio sono stati modellati anche internamente in Autocad 2010 al fine di ospitare il museo virtuale del vino e dell'olio.

I macchinari e le strumentazioni presenti nella cantina, nel palmento e nel frantoio sono stati ricostruiti in ambiente CAD sulla base di rilievi diretti e fotogrammetrici. Sono stati modellati quasi tutti i macchinari presenti e tutti quelli ritenuti indispensabili all'esposizione del ciclo produttivo dell'olio e del vino. I macchinari sono stati successivamente collocati nella loro attuale posizione che occupavano in passato nel processo di lavorazione del prodotto. Infatti, nei periodi di inattività degli impianti i macchinari non sono stati spostati dalla loro collocazione originaria.

Sono stati modellati e inseriti lungo il percorso alcuni pannelli che, cliccabili con il mouse, hanno consentito i collegamenti con le schede descrittive. Ai macchinari e ad alcuni oggetti di arredo sono state accoppiate delle bandierine che ne hanno consentito il collegamento alle schede illustrative (Figura 122).

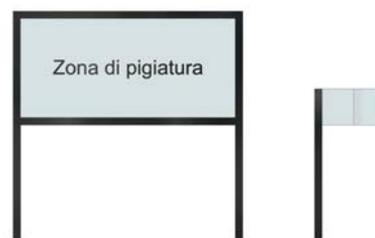


Figura 122 - Pannelli e bandiere che, cliccabili con il mouse, consentono il collegamento a schede illustrative sulle zone funzionali e sui macchinari.

Le schede illustrative sui materiali, sulle tecniche costruttive usate nel complesso edilizio e sui cicli di produzione dell'olio e del vino sono state realizzate in Power point impostando la dimensione della pagina con la risoluzione idonea e compatibile a quella di un comune browser. Le schede sono state poi esportate in formato .html e collegate ai pannelli.

Nella fase di esportazione del modello CAD in 3DS Max sono stati impostati alcuni parametri sulla geometria utilizzata nella fase di modellazione, sui layer e sulle opzioni di *spline rendering*. Le opzioni di *spline rendering* sono state settate per rendere visibili gli oggetti curvilinei nei render. Inoltre, prima dell'esportazione, in tutti i file .dwg, per ottenere una migliore visualizzazione in 3DS, mediante il comando *Facestres*, è stato aumentato il numero di spezzate che costituiscono le superfici curve.

Nel passaggio da un *software* e all'altro è stato fondamentale l'inserimento in scala del disegno e l'attivazione dell'opzione *Combine Objectes by layer* al fine di creare una corrispondenza tra i layer di Autocad e i layer di 3DS Max.

La vegetazione è stata inserita direttamente in 3DS Max, attraverso immagini raster in formato .jpg relative a piante e ad alberi presenti nel complesso edilizio combinate con le stesse in canale alfa.

Per effettuare il processo di *texture mapping* è stato scattato un numero adeguato di fotografie sia ai materiali (la pietra calcarea utilizzata per le cornici e le modanature; il ferro per le ringhiere, le grate e i cancelli; la terra battuta e la ghiaia per le strade; l'erba per il prato, ecc.) sia ai componenti costituenti la fabbrica (le murature, gli intonaci, la pavimentazione, il manto di copertura, ecc.).

Tuttavia, le fotografie dalla quali acquisire la tessitura di un componente edilizio e la cromia del materiale sono, in genere, influenzate da differenti fattori quali: le caratteristiche della macchina fotografica, le condizioni di illuminamento dell'oggetto fotografato, la presenza di materiali riflettenti nelle zone circostanti, ecc. Per ovviare a questo problema spesso si fotografa il materiale unitamente alla *banda control color patches* e, attraverso l'uso di *software* di ritocco fotografico, si effettua il bilanciamento del bianco e dei valori RGB (Red-Green-Blue). Un altro metodo consiste nell'acquisire le cromie dei materiali tramite un colorimetro tristimolo e nell'effettuare successivamente il bilanciamento cromatico sulle relative fotografie dei materiali rilevati mediante un programma di fotoritocco.

Per l'impossibilità di reperire la *banda originale Kodak*, la banda è stata riprodotta in nove colori (blu, ciano, verde, giallo, rosso, magenta, bianco, grigio (128,128,128) e nero) ed è stata stampata con un plotter accuratamente calibrato su una carta di adeguato spessore e non lucida. L'uso della *banda control color patches* è giustificato perché consente di determinare via *software*, attraverso il bilanciamento delle dominanti, la temperatura del colore. Tuttavia essa è molto soggetta alle condizioni di illuminazione dei materiali. Pertanto, le condizioni di esposizione e di illuminazione idonee all'uso della *banda control color patches* sono state precedentemente definite effettuando una prova su un intonaco generico scattando fotogrammi con il cielo nuvoloso e il paramento illuminato, con il cielo sereno e il paramento illuminato e in condizioni di cielo sereno e con il paramento in ombra ed effettuando, attraverso un *software* di ritocco fotografico, il bilanciamento del bianco e delle componenti RGB.

Da questa prova generica è emerso che si evidenziava una cromia molto simile a quella reale intonaco effettuando il bilanciamento del bianco e bilanciando le componenti dominanti su una fotografia scattata con il cielo sereno e il paramento illuminato. Tuttavia, la cromia prodotta dal bilanciamento si presentava, ad un confronto visivo, molto simile ma non identica a quella originale. Pertanto si è deciso di effettuare il rilievo cromatico mediante il colorimetro tristimolo che garantiva dati oggettivi e non influenzati dalle condizioni atmosferiche.

Il rilievo del colore, effettuato con il colorimetro tristimolo, è normato dalla UNI 8941-1/87, UNI 8941-2/87, UNI 8941-3/87, che definiscono i principi per la misura del colore e il calcolo delle differenze di colore nelle superfici colorate, e dalla Norma 43/93 (misure colorimetriche di superfici opache). In questo studio, il rilievo del colore è stato effettuato con l'uso del colorimetro tristimolo Minolta CR-310 (Figura 123).

Prima di procedere alla misura, è stata effettuata la taratura dello strumento, eseguendo le istruzioni suggerite dal costruttore dello strumento, tramite una piastra in dotazione che riproduce un campione di bianco.

Durante la fase di rilievo del colore è stato indispensabile effettuare più volte la misura su una zona, al fine di ridurre al minimo le possibilità di errore. Ogni misura è stata elaborata come media di tre acquisizioni. L'area di misura della strumentazione è di 50 mm di diametro e lo strumento ha permesso un'individuazione estremamente rapida e oggettiva del colore dei materiali. Sei fotocellule al silicone consentono di misurare la sorgente luminosa di origine allo xeno e dall'analisi della luce riflessa si ottengono le coordinate cromatiche del materiale.



Figura 123 - Colorimetro Minolta CR 310. Fonte: <http://www.konicaminolta.com>

Il colorimetro utilizzato consente l'uso dell'illuminante C e dell'illuminante D65 e indica il colore della superficie secondo i sistemi cromatici CIE Yxy, Lab, Lch, XYZ. Durante la fase di rilievo è stata adottata la sorgente luminosa D65 che ha consentito l'individuazione del colore tramite le coordinate CIELab ossia L, a\*, b\*.

La differenza quadratica di colore tra le zone rilevate nello stesso materiale è stata calcolata, nello spazio CIELab, attraverso la seguente formula (Uni 8941-3/87):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

dove:

$$\Delta L = \max \{L_1, L_2, L_3\} - \min \{L_1, L_2, L_3\}$$

$$\Delta a = \max \{a_1^*, a_2^*, a_3^*\} - \min \{a_1^*, a_2^*, a_3^*\}$$

$$\Delta b = \max \{b_1^*, b_2^*, b_3^*\} - \min \{b_1^*, b_2^*, b_3^*\}$$

Le procedure adoperate per il rilievo del colore sono state le seguenti:

- selezione visiva delle zone ove effettuare il rilievo;
- indicazione della zona da rilevare per effettuare le tre misure;
- scatto delle fotografie sul materiale ove è stato effettuato il rilievo.

Il rilievo con il colorimetro (Figura 124) è stato preceduto dalla selezione visiva delle zone dove doveva essere effettuata la misura, al fine di scartare quelle che presentavano fenomeni di degrado come macchie, patine biologiche o alterazioni cromatiche varie, generate da fenomeni chimici o biologici che inevitabilmente avrebbero inficiato il dato.

Pertanto, le zone scelte per effettuare il rilievo della cromia sono state selezionate sulla base dei seguenti requisiti:

- minima incertezza;
- riproducibilità;
- facile accessibilità per ulteriori misurazioni.

La zona oggetto di rilievo cromatico è stata contrassegnata mediante un gessetto e fotografata. La fotografia acquisita è stata raddrizzata e bilanciata, attraverso un programma di ritocco fotografico, in maniera tale da imporre al colore del materiale fotografato il valore cromatico rilevato.

Inoltre, è stato utile analizzare le differenze di colore  $\Delta E$  tra le varie zone della stessa cromia per stabilire se queste variazioni potessero essere notate da un occhio umano e al fine di scartare i valori difforni ed errati.

Sono stati applicati al modello, dopo il bilanciamento cromatico, le *texture* delle murature, degli intonaci, della pietra calcarea per le cornici e le modanature, del ferro battuto, del manto di copertura, del legno, del vetro, del ghiaietto, dell'erba e della pavimentazione del cortile, dei marciapiedi, dei terrazzi, ecc.

Nell'operazione di *texture mapping* è stata impostata la dimensione della *texture* e la sua ripetizione e, ove risultasse necessario, sono state caricate, nella procedura di *texture mapping*, le *texture* che generavano l'effetto *bump* e l'effetto *displacement*. Le *texture normal*, *displacement*, *bump* e *specular* sono state realizzate dalle fotografie originali dei vari materiali mediante il software Crazy Bump Demo version 1.1 e utilizzate nella procedura di *texture mapping* per la creazione di alcuni fenomeni.



Figura 124 - Rilievo del colore con il colorimetro Minolta CR-310.

L'effetto *bump* e quello *displacement* sono stati applicati per realizzare l'effetto arrotondato dei bordi della pietra calcarea presente nelle cornici di porte e di finestre e del ciottolato costituente la pavimentazione dei cortili esterni, per creare l'effetto arrotondato dei blocchi di calcare utilizzati nella pavimentazione della zona del pozzo, per la realizzazione dell'effetto ondulato del manto di copertura (applicato alle superfici 3D utilizzate nel VRML) e per simulare la rotondità delle pietre nella muratura informe e dei ciottoli nel ghiaietto presente nei viali.

L'effetto fratazzato dell'intonaco dell'edificio scolastico, sottostante la scialbatura in calce ormai dilavata dalle intemperie, è stato realizzato, invece, con Photoshop. Ovviamente, non è stato apportato alcun ritocco alle superfici che si presentavano più o meno lisce quali gli intonaci esterni dei fabbricati, gli infissi, i metalli, ecc.

Per la creazione dei render, l'illuminazione del modello è stata realizzata mediante l'opzione *daylight* che ha permesso la simulazione dell'illuminazione reale del complesso edilizio attraverso l'impostazione della data, del luogo e della localizzazione (latitudine, longitudine e altitudine).

Il *rendering* è stato effettuato impiegando Mentalray come motore di *rendering* che, incluso nei *software*, è aggiornato con le tecnologie più attuali e possiede gli algoritmi *ray tracing* e *global illumination*. La qualità delle immagini generate è risultata di buon livello ma è stato necessario l'ausilio di computer veloci per ridurre i tempi di *rendering*.

Il computer utilizzato per la modellazione, il processo di *texture mapping* e di *rendering* e per l'esportazione in VRML presenta le seguenti caratteristiche:

- processore Intel® Core i7-720 QM da 1,6 GHz con Turbo Boost fino a 2,8 GHz;
- unità disco rigido da 500 GB;
- 4096 MB DDR3 SDRAM
- nVidia GeForce GT 230 M CON 1024 MB di memoria grafica dedicata DDR3
- Windows 7 Home Premium (64 bit)
- batteria al litio a 6 celle.

- schermo BrightView widescreen ad alta definizione a LED diagonale 15,6''.

Il *rendering* è stato effettuato allo scopo di generare immagini *raster* relative alla ricostruzione virtuale del complesso edilizio che potessero essere inserite nei pannelli descrittivi ubicati lungo il percorso.

Dopo avere definito l'illuminazione del cielo in funzione della localizzazione geografica del sito, è stata impostata la funzione *Exposure value* per aumentare o diminuire la luminosità nelle scene e settata l'intensità delle zone luminose, delle zone di grigi medi e delle ombre. Non è stata modificata la temperatura cromatica dell'immagine perché si presentava a 6500 K uguale alla temperatura del colore che simula il colorimetro e non era pertanto necessario renderla più calda o più fredda.

Le immagini della ricostruzione virtuale del complesso edilizio sono state realizzate ad alta qualità e a una risoluzione di  $1600 \times 1200$  *pixel* e salvate in formato Jpg.

Per i pannelli descrittivi posti lungo il percorso virtuale è stato effettuato il processo di *texture mapping* affinché essi si presentassero come se fossero realizzati con l'intelaiatura in acciaio e la superficie contenuta nell'intelaiatura in vetro. Una descrizione sintetica dei contenuti del pannello è stata applicata sulle parti in vetro impiegando delle scritte tridimensionali realizzate in acciaio.

Accanto ai macchinari, nel museo del vino e in quello dell'olio, sono state disposte delle bandierine che, realizzate anch'esse in acciaio e vetro, consentono l'accesso alle schede informative e descrittive dei macchinari.

La navigazione interattiva è resa possibile, in 3DS Max, attraverso l'esportazione del modello tridimensionale in formato VRML che è reso navigabile con l'installazione di un *Plug-in* (in questo studio Cortona3D Viewer) dotato di una barra di comandi che consente al visitatore di muoversi nello spazio virtuale.

Prima dell'esportazione in VRML e al fine di realizzare una ricostruzione tridimensionale renderizzabile in real time, non lenta e non pesante, è stata effettuata la verifica del numero dei poligoni per scena, i quali non dovevano essere superiori ai 3000.

In 3DS, prima di effettuare l'esportazione in VRML, sono state inserite un numero adeguato di luci<sup>109</sup> del tipo omni. È stata selezionata l'opzione *Headlight* al fine di impostare una luce per l'illuminazione del percorso innanzi all'*avatar*. Inoltre, le camere sono state posizionate a 2 m dal suolo e sono state contrassegnate da un nome che ha permesso l'identificazione dei punti di ripresa.

Nel file interattivo, è stata impostata la modalità *walk*<sup>110</sup> che consente all'utente di navigare liberamente in tutto il complesso edilizio e all'interno della cantina, del palmento e del frantoio e le dimensioni dell'*avatar* ossia l'altezza del punto di vista, la distanza dagli oggetti che consente di evitare la collisione con questi e il cambio di quota massimo ammissibile dall'*avatar*.

I meccanismi di interazione sono stati progettati impiegando l'elenco di *helper objects* del *software* 3DS mostrati nella figura successiva (Figura 125).

Il comando *Anchor* è stato utilizzato per collegare alle bandiere e ai pannelli, le schede illustrative e descrittive. Il touch sensor ha consentito, abbinato al comando *Anchor*, l'apertura delle schede illustrative e descrittive mediante un click del mouse.

I comandi *Sound e Audio clip* hanno consentito l'inserimento nel file VRML di file audio.

Il *ProxSensor* è stato applicato nella zona della corte principale affinché in questa area si udisse un file audio.

Attraverso l'opzione *NavInfo* è stata impostata la modalità di visualizzazione *walk*, è stata attivata l'opzione che consente l'illuminazione di ciò che si trovava davanti all'*avatar* e sono state stabilite le dimensioni dell'*avatar* (punto di osservazione a 2 m di altezza, distanza di sicurezza

---

<sup>109</sup> Le luci inserite e supportate da un file VRML possono essere del tipo *Omni, direct e spot* e la camere possono essere *free o target*.

<sup>110</sup> La modalità *walk* simula il cammino di un utente che, di altezza media, può muoversi con il punto di osservazione che si aggiorna ad ogni cambio di quota e evitando di urtare con i muri e con gli oggetti.

che consente di evitare la collisione a 50 cm, massimo dislivello che può essere superato dall'*avatar* pari a 3 m).

Il *Background* è stato realizzato attraverso l'uso di bitmap per la rappresentazione del cielo, del suolo e delle varie viste panoramiche.

L'effetto nebbia, *Fog*, non è stato preso in considerazione e l'effetto *LOD* ha consentito man mano che l'utente si avvicinava agli oggetti una migliore risoluzione degli stessi.

Non sono stati utilizzati nel presente studio i comandi *TimeSensor*, *billboard* e *InLine*.

Sono stati creati tre file VRML: uno che consente la navigazione all'esterno dei fabbricati, uno che permette l'accesso e la navigazione all'interno della cantina e del palmento e un altro che garantisce la navigazione all'interno del frantoio. I file in VRML che consentono la navigazione nei due musei sono stati collegati attraverso un *helper object* al file di consentire una navigazione continua tra uno spazio espositivo e un altro.

Durante la fase di esportazione da 3DS Max a VRML, sono state attivate le opzioni *Indentation* e *Primitive* (Figura 126). Nei tre file da creare, i poligoni relativi alle superfici tridimensionali sono stati esportati come maglie triangolari, sono state impostate le camere per la prima vista di accesso all'ambiente, i parametri di navigazione, le immagini utilizzate per il background e il livello di dettaglio per la visualizzazione degli oggetti tridimensionali.

Le immagini raster dei materiali utilizzate per il processo di *texture mapping* e le schede illustrative collegate ai pannelli contenute all'interno di file con estensione .html sono stati collocati nella stessa directory di creazione del file VRML e, in questo caso, non è stato necessario attivare l'opzione *Prefix*.

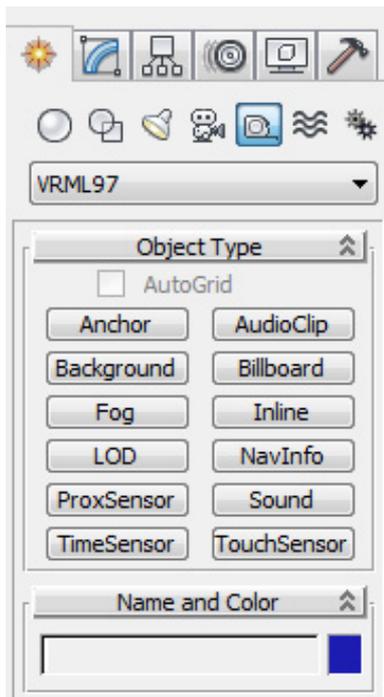


Figura 125 - Parametri da settare per l'esportazione in VRML.

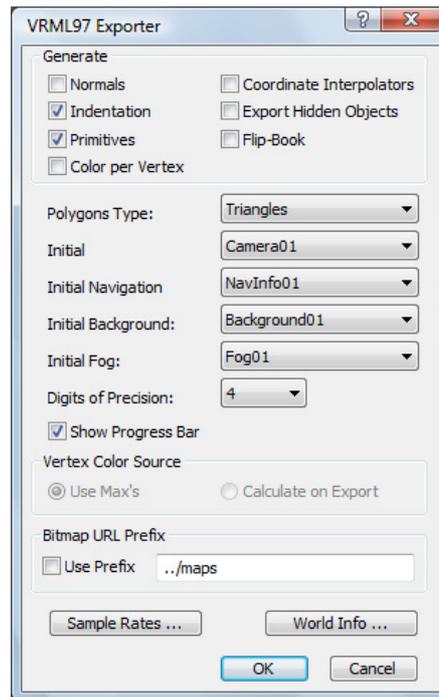


Figura 126 - Configurazioni per l'esportazione in VRML.

## 5 RISULTATI

### 5.1 RADDRIZZAMENTO FOTOGRAFICO

Al fine di modellare i particolari architettonici dei fabbricati costituenti il complesso edilizio in esame, il raddrizzamento monoscopico (Figura 127, Figura 128, Figura 129) è stato applicato a dodici paramenti e la restituzione vettoriale è stata realizzata con Autocad 2010 attraverso polilinee e linee (Figura 130).

### 5.2 RILIEVO E MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DEL TERRENO

Per la ricostruzione tridimensionale del terreno sono stati rilevati 291 punti e di questi 20 sono stati scartati perché presentavano un errore di circa 50 cm. I punti restituiti dal *software* della strumentazione, rappresentati in coordinate spaziali locali (x,y,z), sono stati importati in Autocad 2010.

Il modello tridimensionale del terreno è stato realizzato unendo i punti rilevati con il GPS mediante superfici tridimensionali (comando *3D face*) che sono state successivamente estruse, convertite in solidi ed unite fra loro al fine di ottenere, mediante il processo di *rendering*, il disegno a scacchiera del ciottolato presente nelle corti del complesso edilizio.

### 5.3 MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI CORPI DI FABBRICA

Poiché lo scopo del museo virtuale è quello di mostrare e documentare, attraverso percorsi virtuali, i materiali e le tecniche costruttive dei locali della cantina e del frantoio, nonché i processi tradizionali di produzione dell'olio e del vino, si è scelto di modellare il complesso edilizio in tutti i suoi particolari e dettagli architettonici. Infatti, una modellazione semplificata, ottenibile ad esempio esclusivamente mediante *tecniche di image based rendering*, non avrebbe consentito di conseguire il livello di dettaglio di informazione idoneo allo scopo del presente lavoro.

La modellazione tridimensionale è stata effettuata in Autocad 2010 ed è stata eseguita per diciannove corpi di fabbrica (Figura 131, Figura 132 e Figura 133), ciascuno di essi è stato salvato su un file a sé stante. Inoltre, sono stati vettorializzati, modellati tridimensionalmente e renderizzati, tredici cancelli (Figura 134) e i seguenti arredi presenti nelle corti: quattro pozzi e quattro panchine in ferro battuto. Il file di Autocad contenente la modellazione tridimensionale dell'intero complesso edilizio è stato successivamente ottenuto posizionando sul modello digitale del terreno ciascun corpo di fabbrica, i cancelli e gli elementi di arredo. Le coperture realizzate con coppi e canali tramite le superfici di Coons non sono state importate nel file di unione perché ciò avrebbe appesantito eccessivamente il file.

Il file di unione e il file contenente la modellazione delle coperture è stato successivamente importato in 3DS Max. Qui il modello è risultato molto gestibile e non ha causato il rallentamento delle operazioni di *texture mapping* e di *rendering*. Le specie vegetali presenti nel giardino della casa padronale sono state inserite in 3DS Max quali rappresentazioni 2D accoppiate a immagini raster in canale alfa.

Al fine di documentare il ciclo tradizionale di produzione dell'olio e del vino i fabbricati della cantina, del palmento e del frantoio sono stati modellati anche internamente.

In particolare, all'interno del frantoio sono state ricostruite le volte a crociera e a botte, i muri interni, le arcate e la struttura di orizzontamento in legno dell'olivaio. Nel palmento è stata realizzata la copertura con capriate palladiane, gli arcarecci, le canne disposte a puntoni, l'incannucciato e il manto di copertura. Nella cantina sono stati realizzati i pilastri, le arcate, le volte a crociera della zona di deposito posta sotto l'alloggio del custode, la struttura di copertura (arcarecci, incannucciato) e il manto. Sono state ricostruite le cinque volte a botte dell'antico impianto del palmento, i tini di fermentazione, le varie zone funzionali e le scale che, dotate di ringhiere, consentono il collegamento tra i vari livelli del palmento e l'accesso alla cantina.

Per una migliore gestione dei volumi e per evitare il rallentamento delle operazioni di *texture mapping* e di *rendering*, il file relativo alla ricostruzione tridimensionale dell'intero complesso edilizio non è stato appesantito dalla presenza delle informazioni relative agli interni del fran-

toio, del palmento e della cantina. Tali ambienti interni sono stati modellati in due file separati insieme a esigue porzioni di terreno circostante e solo con i fabbricati confinanti, al fine di ricreare un minimo inserimento nel contesto.



**Figura 127 - Raddrizzamenti delle immagini raster del prospetto della chiesa a sud della corte principale, dei fabbricati a est e a ovest della corte principale e dei magazzini adiacenti alla chiesa disposti a sud della corte principale. A sinistra sono mostrate le fotografie originali e a destra le fotografie dopo il processo di raddrizzamento.**



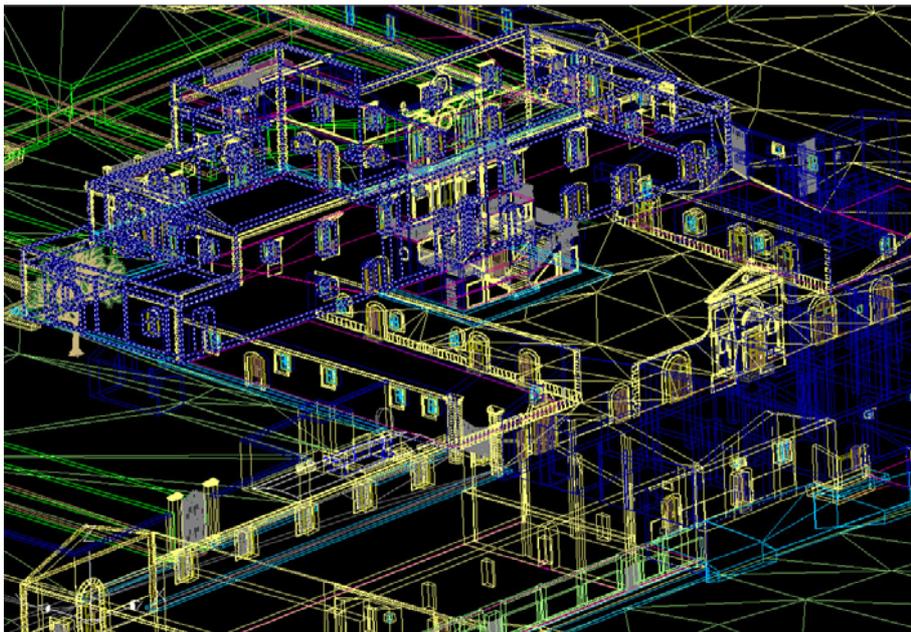
Figura 128 - Raddrizzamenti delle immagini raster di fabbricati disposti a nord della corte rurale. A sinistra sono mostrate le fotografie originali e a destra le fotografie dopo il processo di raddrizzamento.



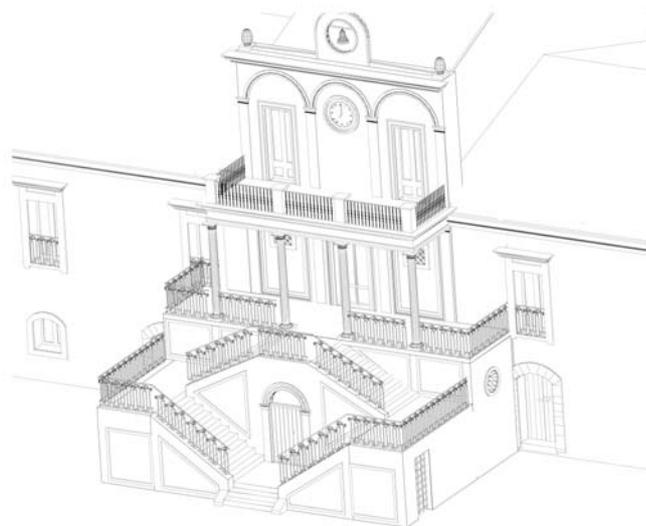
Figura 129 - Raddrizzamenti di immagini raster della casa padronale: prospetti sud ed est. A sinistra sono mostrate le fotografie originali e a destra le fotografie dopo il processo di raddrizzamento.



**Figura 130 – Vettorializzazione delle immagini raster**



**Figura 131 - Ricostruzione tridimensionale del complesso edilizio effettuata in Autocad 2010.**



**Figura 132 - Ricostruzione tridimensionale della casa padronale**



**Figura 133 - Ricostruzione tridimensionale della chiesa e dei magazzini adiacenti.**

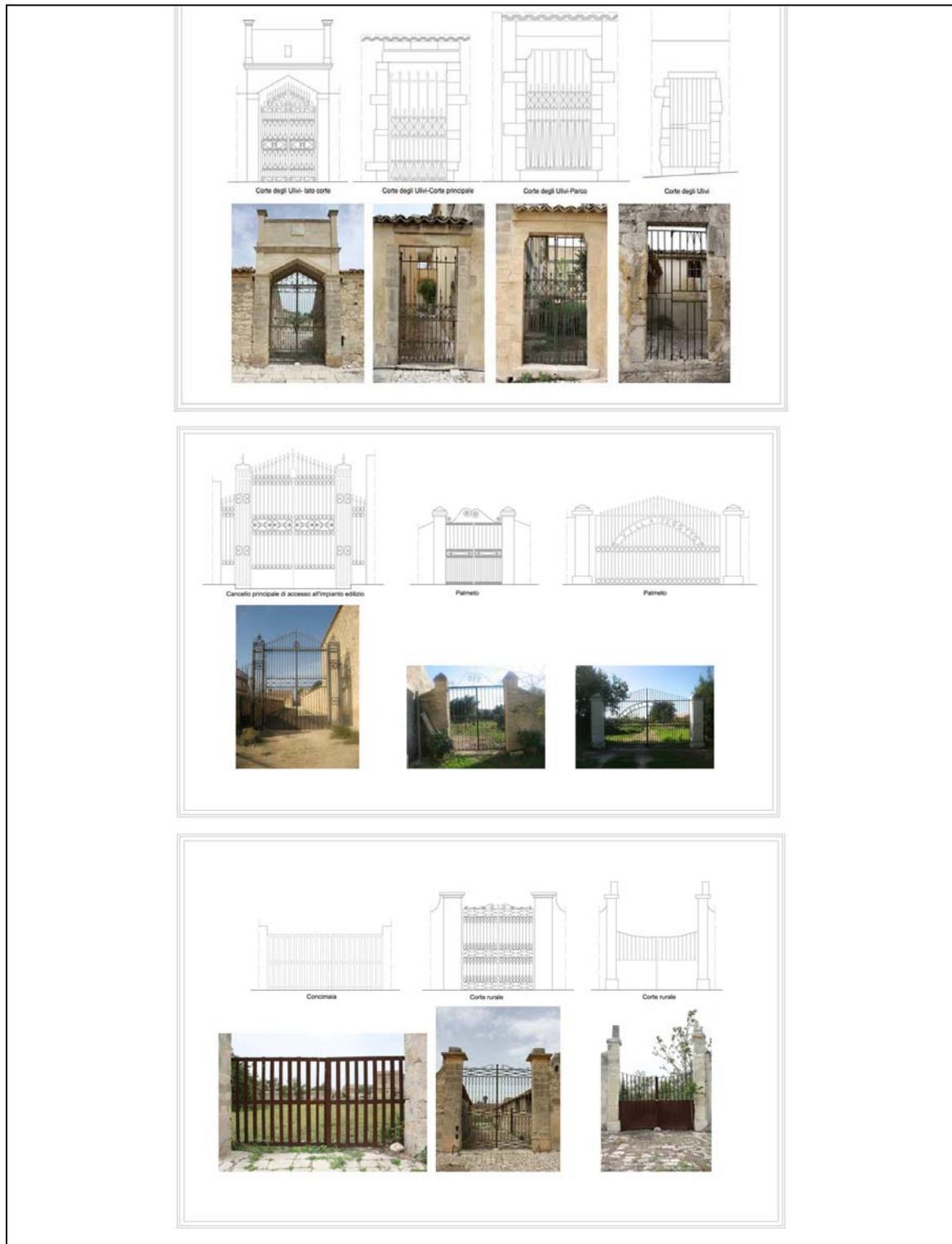


Figura 134 - Cancelli presenti nel complesso edilizio

#### 5.4 RILIEVO DELLA CROMIA DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI EDILIZI

Per effettuare il processo di *texture mapping* è stata rilevata la cromia di sedici materiali. Nei materiali in cui erano evidenti aree caratterizzate da differenze cromatiche a causa della natura dei materiali stessi, il rilievo del colore è stato effettuato nelle zone che visivamente presentava-

no cromie più omogenee. Per ogni zona rilevata sono stati effettuati almeno tre misurazioni affinché si verificasse l'attendibilità del dato.

La Figura 135 illustra nel dettaglio i valori Lab, i punti rilevati e la differenza di colore tra le varie misurazioni.

	Materiale	Immagine del materiale	Zone rilevate	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
1	Pietra calcarea della zoccolatura degli edifici	6047 fuji	1	75,45	1,84	14,22	3,66	0,79	1,81	13,37	0,63	3,28	4,16	76,90	1,83	14,03
			2	76,15	2,23	14,84										
			3	79,11	1,43	13,03										
2	Pietra calcarea delle cornici	6060-61 fuji	Punti	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	67,31	2,28	13,79	3,47	0,26	0,76	12,04	0,07	0,58	3,56	67,31	2,28	13,79
			2	70,78	2,54	14,55										
3	73,04	2,26	16,35													
3	Pietra calcarea dei marciapiedi	6058 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	73,04	2,26	16,35	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	73,04	2,26	16,35	
			2	70,78	2,54	14,55										
3	73,04	2,26	16,35													
4	Ciottolato della corte principale	6057 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	65,88	2,42	12,95	6,62	0,34	1,21	43,87	0,11	1,47	4,16	69,20	2,26	12,35
			2	72,51	2,09	11,74										
3	71,28	0,87	8,40													
5	Ciottolato della zona del pozzo adiacente al giardino	6112 canon	Punto	L	a	b	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L^2$	$\Delta a^2$	$\Delta b^2$	$\Delta E$	L_media	a_media	b_media
			1	70,49	0,76	6,99	3,00	0,11	1,41	9,00	0,01	1,99	3,32	71,75	0,82	7,62
			2	73,49	0,84	7,46										
3	71,28	0,87	8,40													
6	Pavimentazione del pianerottolo della scalinata di ingresso	6062 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	64,60	1,56	8,37	1,09	0,20	1,19	1,19	0,04	1,41	1,62	65,15	1,46	7,77
			2	65,69	1,36	7,18										
3	65,69	1,36	7,18													
7	Pavimentazione in pietra pece dei locali interni	6071 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	29,51	1,36	3,39	2,64	0,92	2,62	6,97	0,85	6,85	3,83	30,83	1,82	4,70
			2	32,15	2,28	6,00										
3	32,15	2,28	6,00													
8	Pavimentazione in pietra calcarea dei locali interni	6074 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	62,39	1,98	10,03	2,06	0,57	1,57	4,24	0,32	2,46	2,65	62,44	2,15	10,52
			2	61,49	2,43	11,60										
3	63,55	2,55	11,42													
9	Intonaco dei muri interni del frantoio	6080 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	55,91	2,92	12,23	2,45	0,34	0,97	6,00	0,12	0,94	2,66	55,76	2,97	12,15
			2	56,91	3,16	12,60										
3	54,46	2,82	11,63													
10	Intonaco esterno	6043 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	82,27	3,07	20,46	0,68	0,47	0,63	0,47	0,22	0,40	1,04	82,15	3,33	20,12
			2	82,44	3,38	19,83										
3	81,75	3,54	20,08													
11	Intonaco esterno dell'edificio scolastico	6384 canon - Generica raster	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	60,56	14,69	21,65	8,95	2,49	4,37	80,10	6,20	19,10	10,27	64,14	13,94	23,88
			2	62,64	12,41	24,36										
			3	63,84	14,90	26,02										
4	69,51	13,74	23,48													
12	Scalatura dell'intonaco esterno dell'edificio scolastico	Generica raster	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	77,57	6,85	8,12							77,57	6,85	8,12	
13	Muratura informe	6094 fuji	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	76,06	2,46	16,09	5,18	1,15	4,54	26,83	1,32	20,61	6,98	75,68	2,07	13,48
			2	72,82	2,42	14,05										
			3	74,95	2,05	12,76										
			4	76,57	1,31	11,55										
5	78,00	2,10	12,93													
14	Muratura in mattoni di cemento	6311 canon	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	69,82	3,22	15,85	3,24	1,79	4,37	10,50	3,20	19,10	5,73	69,37	2,35	13,79
			2	69,27	2,22	13,48										
			3	69,71	2,81	14,88										
			4	70,94	2,96	15,43										
			5	68,79	1,43	11,48										
6	67,70	1,44	11,62													
15	Muratura squadata	6318 canon	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	64,90	1,99	18,16	5,71	1,31	2,26	32,60	1,72	5,11	6,28	65,55	2,10	17,90
			2	64,11	1,97	18,82										
			3	63,97	1,52	18,96										
			4	69,68	2,83	16,70										
			5	65,17	2,68	16,70										
6	65,47	1,61	18,04													
16	Tinteggiatura degli infissi	Generica raster	Punto	L	a+	b+	$\Delta L$	$\Delta a+$	$\Delta b+$	$\Delta L^2$	$\Delta a+^2$	$\Delta b+^2$	$\Delta E$	L_media	a+_media	b+_media
			1	74,03	4,42	29,66	0,10	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,11	74,03	4,42	29,66

Figura 135 – Dati sul rilievo della cromia dei materiali

Per i materiali rilevati risultano le seguenti differenze cromatiche:

- $\Delta E < 0,2$  nelle misure effettuate sulla pietra calcarea utilizzata per la realizzazione dei marciapiedi e nel rilievo del colore della tinteggiatura degli infissi. In questi casi, le differenze di cromia risultano impercettibili e quindi per ciascun materiale il valore cromatico è stato definito sulla base della media dei valori rilevati.
- $0,5 < \Delta E < 2$  nell'intonaco in calce e aggregati calcarei realizzato nei prospetti esterni degli edifici e nella pavimentazione del pianerottolo della scalinata di accesso alla casa padronale. Ciò è determinato da una variazione cromatica distinguibile tra le varie misurazioni dovuta ad alterazioni cromatiche non visibili a occhio umano probabilmente dovute a vari fenomeni di

degrado. Tuttavia, poiché la differenza di colore può considerarsi piccola, il valore utilizzato è stato assunto pari alla media dei valori rilevati.

- $2 < \Delta E < 3$  esiste una variazione di colore distinguibile nelle misure effettuate per il rilievo del colore della pietra calcarea utilizzata all'interno dei locali e dell'intonaco realizzato per la parte basamentale dei paramenti interni del frantoio. La fotografia del materiale evidenzia tale differenza cromatica. Tuttavia il bilanciamento è stato effettuato sulla base dei valori medi poiché tale operazione non alterava radicalmente la cromia delle zone.
- $3 < \Delta E < 6$  nella misura della cromia della pietra calcarea della zoccolatura degli edifici, nella pietra calcarea delle cornici, del ciottolato delle corti e del pozzo, nella pavimentazione in pietra pece lucidata di alcuni locali interni, nella muratura realizzata con mattoni di cemento tinteggiati. In questo caso, il rilievo dei valori cromatici mostra una differenza evidente tra le varie misurazioni, determinata dalla natura intrinseca del materiale che ha portato alla scelta di effettuare i bilanciamenti puntualmente sulla base dei singoli valori acquisiti<sup>111</sup>.
- $6 < \Delta E < 10$  e quindi una forte differenza di colore tra i punti rilevati nell'intonaco rosato dell'edificio scolastico ( $\Delta E=10$ ). Ciò probabilmente è dovuto ai residui di scialbatura ancora presenti sullo strato di arriccio e non completamente dilavati dalle intemperie. Inoltre, non è stato possibile effettuare numerose misurazioni sul paramento poiché esso presentava ampie zone alterate cromaticamente, patine biologiche e strati di velatura di calce. Pertanto, si è stabilito di utilizzare nella fase del bilanciamento, i valori cromatici medi di quelle aree che apparivano meno influenzate dalle condizioni di degrado. In questo *range* sono state classificate anche la muratura informe e quella squadrata le cui *texture* sono state bilanciate puntualmente e realizzate di notevoli dimensioni al fine di evitare l'effetto chiaro-scuro nel processo di *rendering*.

La Figura 136 mostra le immagini raster e gli stralci di quelle realizzate di notevoli dimensioni bilanciate in base ai rilievi cromatici e utilizzate per il processo di *texture mapping* nel modello tridimensionale.

## 5.5 PROCEDURA DI TEXTURE MAPPING E DI RENDERING

Il processo di *rendering* ha consentito la realizzazione di immagini foto-realistiche del complesso edilizio (Figura 137). Le condizioni di illuminazione sono state impostate sulla base delle coordinate geografiche del sito. Le *texture* dei materiali sono state bilanciate con la cromia rilevata mediante il colorimetro. Le immagini, elaborate con il processo di *rendering*, illustrano i corpi di fabbrica privi di forme di degrado e/o dissesto. Tuttavia, tali condizioni dei materiali e delle strutture emergono dalle foto presenti nei pannelli dislocati nei percorsi virtuali.

Le condizioni di degrado degli edifici sarebbero potute emergere nel percorso interattivo virtuale modellando i fabbricati con semplici elementi di geometria elementare (parallelepipedi, cubi, ecc.) e applicando su di essi, mediante la procedura di *texture mapping*, le foto raddrizzate. In tal caso, si sarebbe ottenuta una visione assolutamente foto-realistica del complesso edilizio ma si sarebbero perse alcune informazioni relative ai numerosi dettagli architettonici presenti. Inoltre, utilizzando tale metodologia, sarebbe stato necessario effettuare il raddrizzamento monoscopico non convenzionale delle foto relative a tutte le facciate del complesso edilizio che, in

---

<sup>111</sup> Tale metodologia avrebbe determinato nella texture campione effetti chiaro-scuro che si sarebbero potuti evidenziare nella ripetizione di questa in oggetti di notevoli dimensioni quali murature, grandi pavimentazioni, ecc.). Tuttavia le texture che necessitavano della correzione cromatica puntuale e che dovevano essere applicati su oggetti molto grandi sono state realizzate di notevoli dimensioni (ad esempio di dimensioni  $4\text{ m} \times 10\text{ m}$ ) consentendo pertanto la non attivazione dell'opzione che consentiva la ripetizione dell'immagine.

generale, a causa della presenza di ostacoli (alberature, pozzi, ecc.) e delle caratteristiche dimensionali delle corti e dei viali, non risultano fotografabili per intero. Inoltre, poiché il tour virtuale interattivo è effettuato a breve distanza dai fabbricati, le foto avrebbero dovuto avere altissima risoluzione al fine di ottenere una buona visualizzazione dei materiali e delle modanature. Inoltre, le fotografie raddrizzate utili al processo di *texture mapping* sarebbero state influenzate dalle condizioni di luminosità che avrebbero inevitabilmente modificato la cromia dei materiali originali. Pertanto, si sarebbe dovuto provvedere al bilanciamento di ogni singola fotografia secondo il colore del materiale predominante nella foto, con un software di ritocco fotografico, sulla base del valore cromatico acquisito dal colorimetro ma tale bilanciamento avrebbe alterato inevitabilmente la cromia degli altri materiali presenti. Oppure si sarebbe dovuto bilanciare puntualmente ogni materiale secondo le sue reali caratteristiche cromatiche mediante un notevole lavoro di ritocco fotografico. Il procedimento appena descritto, avrebbe previsto un maggiore lavoro di *texture mapping* a scapito di una minore precisione della modellazione e il risultato sarebbe stato una visione maggiormente foto-realistica del complesso edilizio, determinata dalla veridicità del rilievo fotogrammetrico, ma una conseguente perdita di dati riguardanti le forme dei manufatti edilizi.

Per tali motivi si è preferito effettuare un accurato lavoro di modellazione e un procedimento di *texture mapping* basato su “materiali campione” che mostrano però le tessiture e le cromie dei materiali originali. Tale scelta di impostazione del lavoro ha condotto a un giusto equilibrio tra il livello di modellazione e quello di realismo prodotto grazie all’operazione di *texture mapping* (Figura 137, Figura 138, Figura 139).

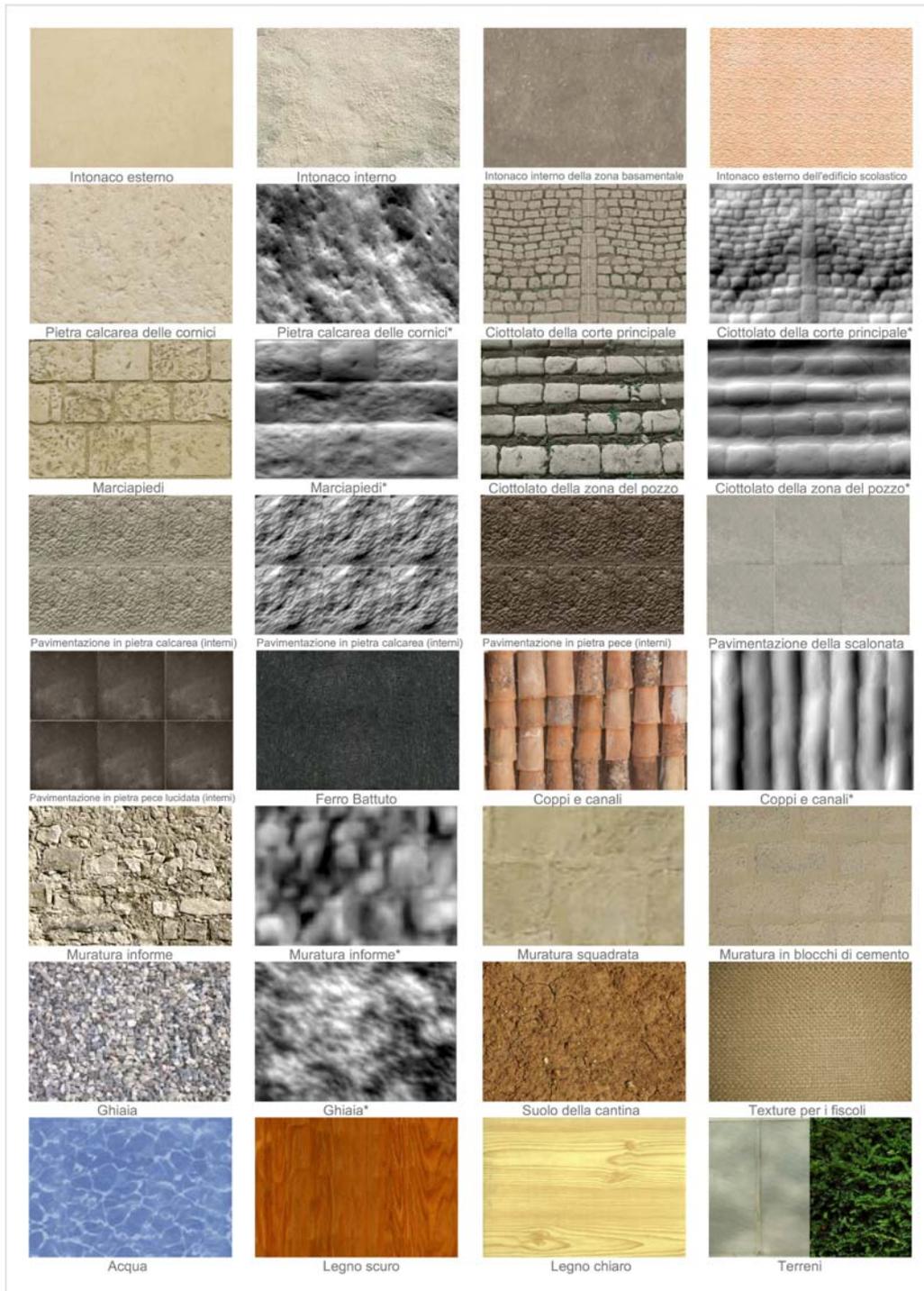


Figura 136 - Immagini raster utilizzate per il processo di texture mapping. Con \* si indica la texture in versione in scala di grigi.



Figura 137 - Render della ricostruzione tridimensionale del complesso edilizio.

## 5.6 PANNELLI, BANDIERINE E SCHEDE ILLUSTRATIVE

Al fine di rendere fruibili i contenuti del museo virtuale lungo i percorsi progettati sono stati disposti pannelli e bandierine che consentono il collegamento a schede illustrative. I pannelli collocati lungo il percorso virtuale esterno permettono mediante il collegamento a schede illustrative la visualizzazione delle immagini reali e virtuali del complesso edilizio e contengono la descrizione dei materiali e delle tecniche costruttive utilizzate nei fabbricati per la produzione dell'olio e del vino. Invece, quelli disposti all'interno del frantoio, nella cantina e nel palmento illustrano le zone funzionali del processo produttivo unitamente al ciclo di produzione dei prodotti. Accanto ai macchinari e ai cancelli in ferro battuto sono collocate della bandierine che illustrano le caratteristiche.

Attraverso i pannelli e le bandierine, l'utente può accedere alle seguenti informazioni:

- planimetrie del complesso edilizio con l'indicazione delle destinazioni d'uso di tutti i corpi di fabbrica;
- tour visuali interattivi delle tre corti;
- fotografie del complesso edilizio;
- fotografie del giardino e delle specie vegetali;
- immagini della ricostruzione tridimensionale foto-realistica del complesso edilizio;
- schede tecniche sui materiali da costruzione utilizzati nei fabbricati che ospitano il frantoio, la cantina e il palmento;



**Figura 138 - Render della ricostruzione tridimensionale del frantoio**



**Figura 139 - Render della ricostruzione tridimensionale del palmento e della cantina**

- schede tecniche sulle murature;
- schede tecniche sugli intonaci;
- schede tecniche sulle volte;
- schede tecniche sulla struttura portante di copertura;
- schede tecniche sulle pavimentazioni dei locali interni;
- schede tecniche sulla descrizione del ciclo di produzione dell'olio e del vino e sui macchinari utilizzati.

Le schede sugli argomenti precedentemente elencati sono state realizzate mediante il *software* Power Point ed esportate in formato .html. Esse sono state collegate agli oggetti ricostruiti tridimensionalmente che, cliccati con il mouse, ne consentono la visualizzazione in un'altra pagina del browser rispetto a quella destinata alla navigazione in VRML.

Inoltre, alcuni pannelli disposti nelle corti consentono il collegamento con tour visuali realizzati mediante la tecnica dell'*image based rendering*. Tali tour visuali sono stati elaborati mediante la seguente procedura:

- acquisizione delle fotografie;
- ricerca dei punti omologhi per l'unione delle fotografie tramite *software* di *stiching*;
- realizzazione dei tour visuali con il *software* Pano2VR 2.3.2 64 Bit, versione Demo.

Le fotografie sono state acquisite montando il corpo macchina su un treppiedi e facendo ruotare l'obiettivo della camera di 180° o di 360°. L'uso di un treppiedi ha consentito di ruotare l'angolo azimutale della camera mantenendo inalterato il suo asse verticale. Ulteriore precisione nell'acquisizione delle foto è stata conseguita impiegando una griglia, resa disponibile dal *software* della macchina fotografica utilizzata (Fuji Finepix s9500). La massima profondità di campo è stata ottenuta impiegando una lunghezza focale pari a 28 mm. Inoltre, al fine di poter unire le foto in sequenza panoramica, è stata garantita una sovrapposizione del 30% sull'inquadratura precedente. In questo lavoro, le fotografie sono state unite mediante un comune programma di *stiching* che ha consentito, velocemente, la determinazione dei punti omologhi tra una immagine e la successiva. Le foto panoramiche, così realizzate, sono state rese navigabili grazie al *software* Pano2VR 2.3.2 64Bit ove sono stati precisati alcuni parametri come la rotazione e l'angolo di visuale, i dati dell'utente e il formato di output (Quicktime).

La metodologia di navigazione attraverso tour visuali è stata utilizzata per la visualizzazione interattiva delle tre corti presenti nel complesso edilizio (corte principale (Figura 140 e Figura 141), corte rurale (Figura 142) e corte degli ulivi (Figura 143)), e consente al visitatore di percepire la spazialità e lo stato di fatto dei luoghi (ad esempio delle condizioni di degrado dei materiali che non sono state riportate nei file interattivi delle ricostruzioni tridimensionali).

Nella corte principale (Figura 144) sono stati realizzati due tour visuali: uno mostra i fabbricati rivolti a sud e l'altro quelli rivolti a nord. Essi sono stati realizzati a 180° a causa dell'assenza di un punto di ripresa centrale alla corte che avrebbe consentito di riprendere integralmente tutti i fabbricati che su di essa si affacciano ruotando l'obiettivo a 360°.

Per la corte degli ulivi il tour è stato effettuato a 360°, ma la presenza degli ulivi e la presenza di corpi di fabbrica non allineati hanno ostacolato la visualizzazione esaustiva di ogni parte del cortile. Inoltre, la posizione del punto di ripresa, non baricentrico alla corte, ha causato distanze dai punti di mira differenti (alcuni prospetti si presentano più vicini e altri più lontani).

## 5.7 PROGETTAZIONE DELL'INTERAZIONE CON L'UTENTE

Nella realizzazione dei percorsi virtuali in VRML, l'interazione tra l'utente e l'ambiente virtuale è fondata sul tatto, sulla vista e sull'udito. Il visitatore può, infatti, navigare liberamente e, mediante la vista, ispezionare l'ambiente, a proprio piacimento, non essendo né vincolato né guidato nel percorso e può udire, attraverso le varie fonti sonore dislocate lungo il tragitto, suoni e musiche che evocano tempi e tradizioni del passato. Inoltre, cliccando sugli oggetti e quindi tramite il tatto può accedere alle schede informative.

I percorsi virtuali, navigabili con la tastiera del computer o con il mouse, si presentano veloci e questo è un dato importante in quanto, in una ambientazione VR, la velocità del sistema è indi-

spensabile per il coinvolgimento emozionale dell'utente. Inoltre, la barra di navigazione del *plug-in* installato consente una facile navigazione e i comandi permettono di modificare il punto di vista del visitatore lungo l'asse verticale e di effettuare la rotazione a 360° della vista panoramica. È possibile, cliccando su un oggetto tridimensionale mediante un comando, effettuare rapidamente l'allineamento dell'*avatar* all'oggetto stesso, cambiare la camera di osservazione, la velocità di navigazione e la risoluzione della vista di osservazione.

Durante la navigazione non si riscontrano particolari problemi di collisione con i muri, con le attrezzature e con gli oggetti di arredo delle corti in quanto i percorsi sono abbastanza ampi e non sono presenti bruschi restringimenti. Tutto il complesso edilizio è navigabile esternamente. L'*avatar* non è obbligato a un percorso prestabilito o alla visualizzazione sequenziale di pannelli ma esso può muoversi all'esterno dei fabbricati a proprio piacimento, selezionare e ottenere l'informazione dal pannello desiderato. Inoltre, il visitatore che si trova all'interno del palmento, nella cantina o nel frantoio e sta visionando il ciclo produttivo del vino o dell'olio può, in qualsiasi momento, abbandonare l'esposizione museale e proiettarsi all'esterno dei fabbricati per proseguire il tour esterno. L'utente accede al museo virtuale interattivo cliccando sul file VRML che grazie ad un *plug-in* si avvia in una pagina del *browser*. L'*avatar* ha accesso alla navigazione all'esterno degli edifici e durante la navigazione l'utente può, cliccando su un oggetto preposto all'azione e adiacente all'ingresso dei fabbricati (palmento-cantina e frantoio), entrare all'interno e visualizzare i pannelli descrittivi. I file in VRML che consentono la navigazione all'interno dei locali della cantina, del palmento e del frantoio sono stati collegati attraverso un *helper object* al VRML che permette la navigazione all'esterno dei fabbricati, ma garantendo una continuità tra gli spazi espositivi.



Figura 140 - Veduta nord a 180° della corte principale.



Figura 141 - Veduta sud a 180° della corte principale



Figura 142 - Veduta a 360° della corte rurale.



Figura 143 - Veduta a 360° della corte degli ulivi.



Figura 144 – Schermata iniziale relativa al tour visuale in QuickTimeVR della corte principale.

L'utente può accedere, quindi, al tour virtuale mediante un unico file VRML. Una pagina html sul Web o un chiosco multimediale presente in un qualsiasi ente per lo sviluppo turistico o in un museo locale potranno consentirne la divulgazione. Nel primo caso sarà indispensabile effettuare in una pagina html il collegamento al file .wrl, nel secondo caso la navigazione potrà avvenire cliccando da una postazione multimediale direttamente sul file.

### 5.8 PERCORSO VIRTUALE ALL'ESTERNO DEL COMPLESSO EDILIZIO

L'utente accede alla realtà virtuale nelle vicinanze del cancello di ingresso al complesso edilizio (Figura 145, Figura 146) e navigando all'esterno dei fabbricati dopo avere percorso una cinquantina di metri avvista: frontalmente il cancello di entrata alla corte principale, alla sua destra il cancello che dà accesso alla corte degli ulivi e alla sua sinistra un percorso che conduce alla corte rurale. Accanto al cancello di accesso alla corte principale dell'impianto è stato collocato un primo pannello che fornisce informazioni al visitatore sulla distribuzione planimetrica dell'impianto, sugli usi dei vari corpi di fabbrica, e sulla dislocazione, lungo i percorsi, dei pannelli e della bandierine. Le planimetrie dell'impianto sono realizzate e collocate all'inizio del percorso per dare un senso di orientamento all'utente che si appresta alla navigazione nel complesso edilizio.

Altri due pannelli, attigui al primo, forniscono le foto dello stato attuale dei fabbricati e le immagini sulla ricostruzione foto-realistica tridimensionale del complesso edilizio affinché l'utente, immerso nella VR, possa confrontare la ricostruzione virtuale con lo stato attuale dei luoghi.

Dopo avere ottenuto queste informazioni, il visitatore può entrare nella corte degli ulivi, situata a nord del complesso edilizio, e accedere tramite un pannello collocato al centro dello spazio esterno, al tour visuale a 360° del cortile; oppure seguendo il percorso sulla sua sinistra può entrare nella corte rurale localizzata a sud dell'impianto, visualizzare il tour visuale e muoversi liberamente.

In alternativa ai due percorsi precedentemente descritti, l'*avatar* potrà dirigersi verso la corte principale, che rappresenta il cuore del complesso edilizio, oltrepassando il cancello di ingresso per continuare a visionare l'esposizione museale. Tutti i cancelli del complesso edilizio, compresi quelli che danno accesso alle corti, sono muniti di una bandierina che permette all'utente di visualizzare le loro fotografie e la loro rappresentazione in 2D.

Nella corte principale e lungo l'asse est-ovest dell'impianto, l'*avatar* può, mediante pannelli situati a ridosso dei fabbricati, ottenere informazioni sui materiali da costruzione e sulle tecniche costruttive utilizzate per la realizzazione degli edifici che ospitano la cantina, il palmento e il frantoio. In particolare, nelle vicinanze del cancello di ingresso alla corte principale, un pannello collocato sulla sinistra dell'*avatar*, fornisce informazioni sui materiali da costruzione: sulla pietra calcarea, sulla pietra pece e sulla calce aerea, legante maggiormente utilizzato nella realizzazione degli intonaci tradizionali.

Due pannelli sono predisposti per consentire l'accesso ai tour visuali a 180° della corte principale. Quello che consente la visualizzazione della corte principale a nord è situato in prossimità della scalinata di accesso alla casa padronale e l'altro che consente la visualizzazione della corte a sud è collocato di fianco al portone di ingresso alla chiesa.

Nella corte principale, oltre ai vari oggetti di arredo (panche, pozzi, ecc.), l'*avatar* può osservare la scalinata di accesso alla casa padronale, le cornici, le modanature, i particolari architettonici sia dell'abitazione principale che della chiesa ricostruiti minuziosamente.

Nella corte principale adiacente ai corpi ad una elevazione situati ad ovest, è collocato un pannello preposto per fornire informazioni sugli intonaci realizzati nel complesso edilizio. In particolare, si forniscono dati riguardanti gli intonaci esterni realizzati in calce e aggregati calcei e gli intonaci dei locali di produzione dell'olio e del vino che sono tinteggiati per migliorare le condizioni igieniche degli ambienti. La disposizione di questo pannello non è casuale ma concede al visitatore di confrontare, tramite la scheda illustrativa, la *texture* dell'intonaco esterno bilanciata cromaticamente con la rappresentazione virtuale del materiale.

In questa fase, l'utente può decidere se entrare nel frantoio per visualizzare i macchinari presenti e il ciclo produttivo dell'olio, visitare, se non lo ha fatto in precedenza, la corte degli ulivi o dirigersi verso i locali del palmento e della cantina.

Lungo il percorso che conduce alla cantina e al palmento è possibile ottenere informazioni sulle murature del complesso edilizio e, in particolare, sulla muratura informale utilizzata nei locali di produzione. Le schede contengono fotografie della muratura, disegni 2D e assonometrie. La muratura informale illustrata in questo pannello è immediatamente visualizzabile dall'*avatar* nei paramenti della cantina e del palmento. Proseguendo nella stessa direzione sempre a ridosso della muratura perimetrale della cantina, è possibile ottenere informazioni sulle finiture in pietra della cantina, del palmento e del frantoio. In particolare sugli architravi, sulle spallette e sui davanzali dei vani di apertura dei locali della cantina, del palmento e del frantoio.

Pannelli posizionati accanto al cancello di ingresso al parco illustrano l'architettura e le specie vegetali presenti.

L'utente può, dopo avere superato l'accesso al parco che si trova alla sua sinistra, entrare nei locali della cantina (situati a destra del visitatore) ed effettuare, all'interno, il tour virtuale oppure esso può svoltare a sinistra dopo il portone di ingresso alla cantina percorrere la rampa che conduce alla scuola e qui osservare le finestre che consentivano lo scarico dell'uva per la pigiatura. In questa zona è inoltre possibile visualizzare pannelli descrittivi sulle finestre del frantoio, sulle caratteristiche costruttive dei portoni del frantoio e delle finestre e dei portoni della cantina e del palmento.

Un pannello collocato in prossimità della scuola permette la visualizzazione dei locali scolastici e delle carte informative, ancora attaccate alle pareti della scuola, sulla geografia, sulla flora, sulla fauna e sulle suppellettili usate nelle abitazioni nel periodo compreso tra la fine dell'800 e gli inizi del 900.

Dopo la visualizzazione di quest'ultimo pannello, l'*avatar* accedendo dall'ingresso situato sotto l'edificio scolastico, può giungere alla corte dell'allevamento o ripercorrere il tour effettuandolo secondo il verso contrario, ripercorrendo l'esposizione museale o entrando negli ambienti interni per visualizzare le altre esposizioni.

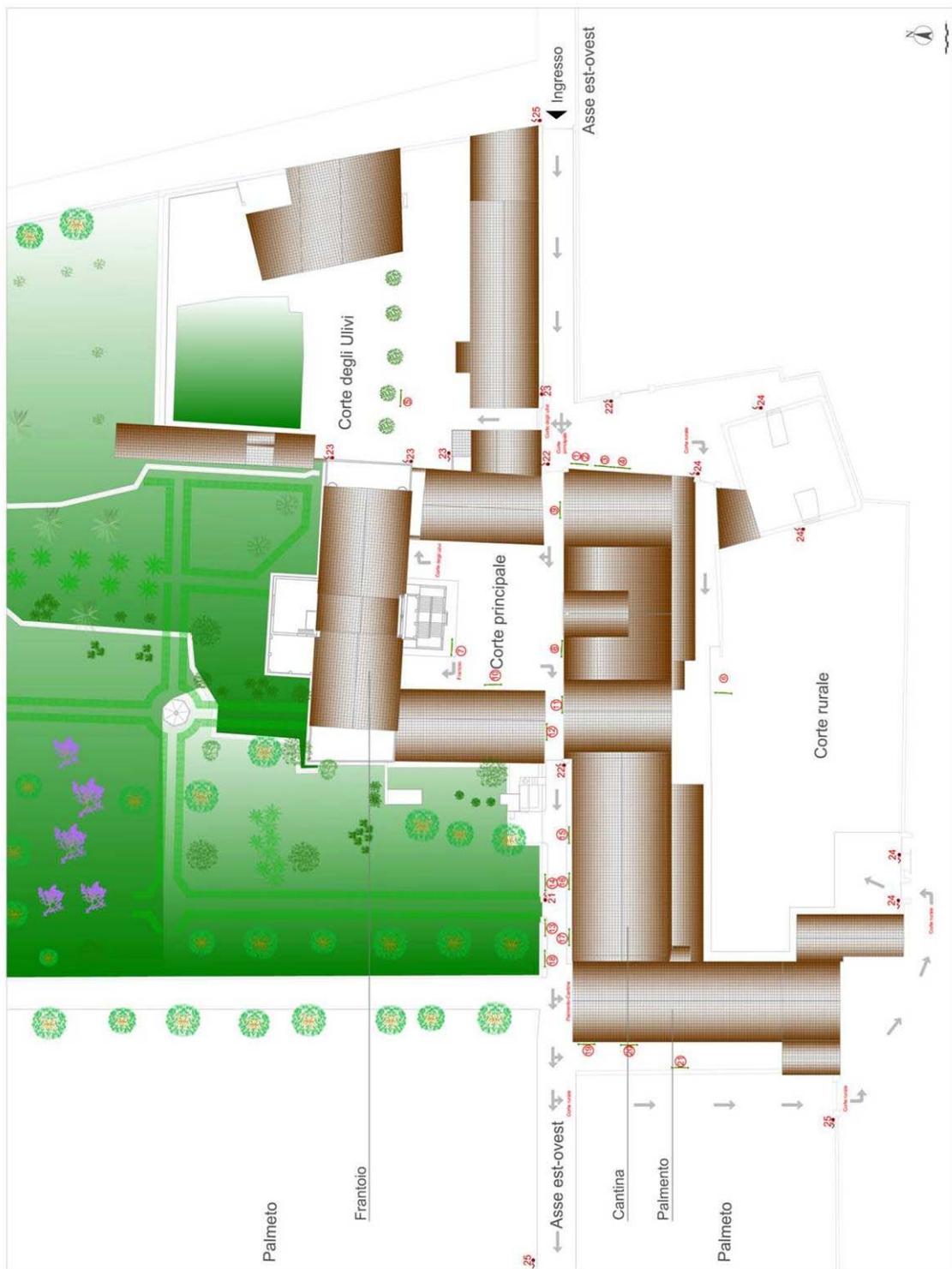
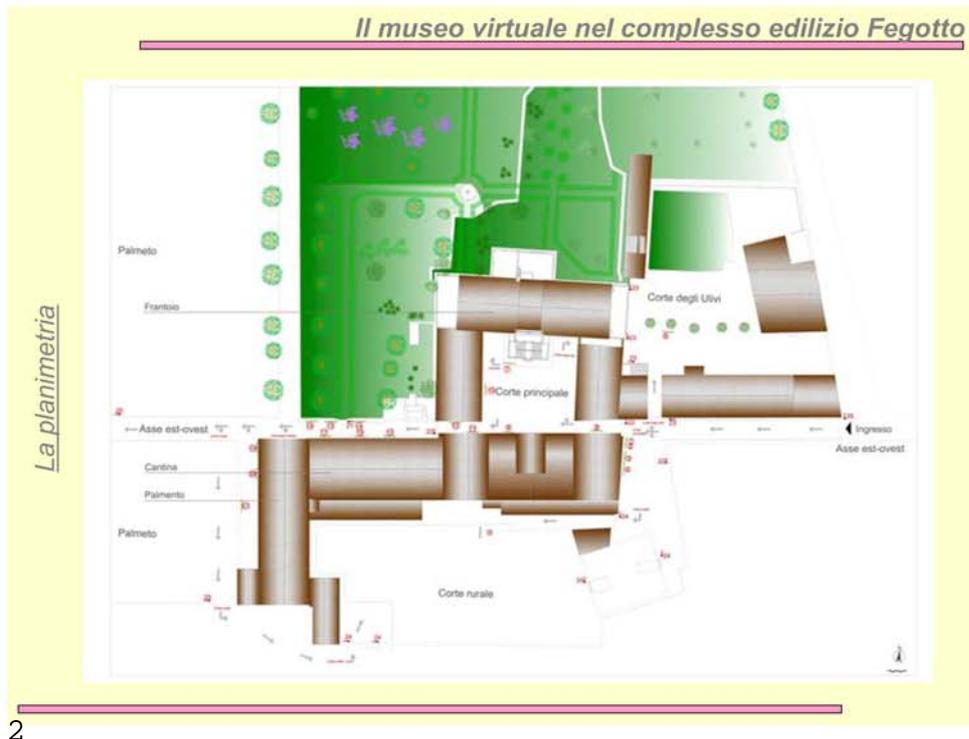


Figura 145 - Planimetria del tour esterno con la localizzazione degli elementi cliccabili

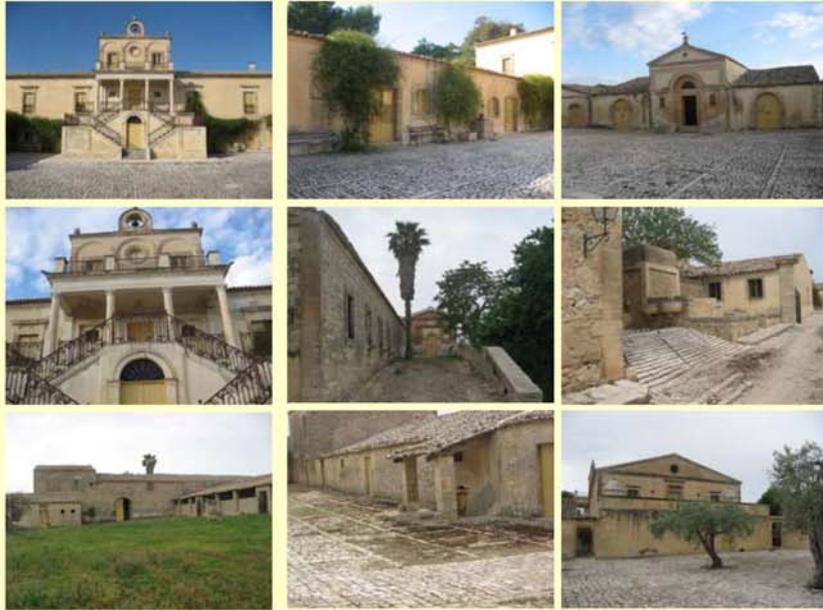


Figura 146 - Immagini del museo virtuale in VRML ambientato all'esterno degli edifici



*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

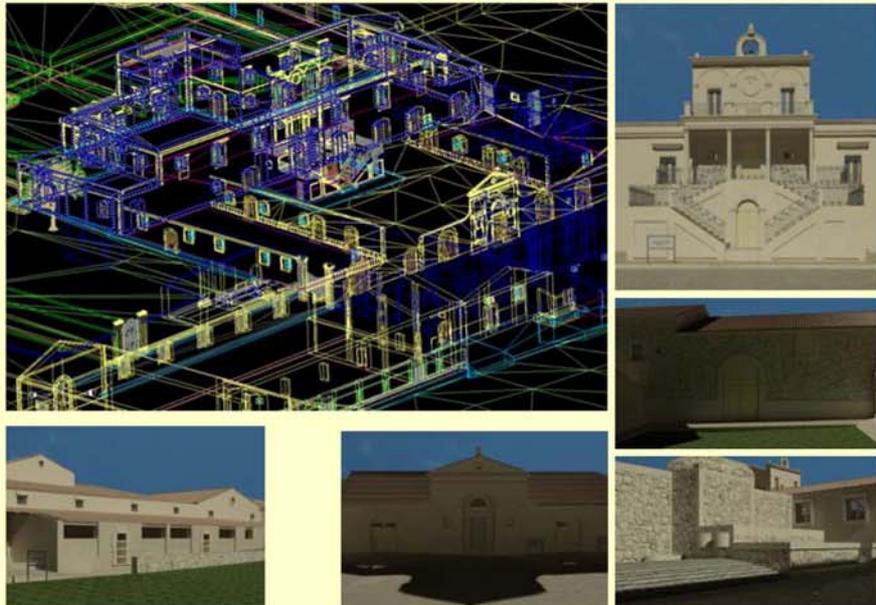
*Il complesso edilizio*



3

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

*La ricostruzione tridimensionale del complesso edilizio*



4

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

Il tour visuale - La corte degli Ulivi



Clicca sull'immagine per accedere al tour visuale a 360° della corte degli ulivi

5

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

Il tour visuale - La corte dell'allevamento



Clicca sull'immagine per accedere al tour visuale a 360° della corte rurale

6

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

*Il tour visuale - La corte principale*



Clicca sull'immagine per accedere al tour visuale a 180° della corte principale

7

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

*Il tour visuale - La corte principale*



Clicca sull'immagine per accedere al tour visuale a 180° della corte principale

8

### Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto

I materiali da costruzione: la pietra calcarea, la pietra pece, la calce.

Il territorio ragusano è costituito da altopiani calcarei dai quali è estratto un materiale lapideo, la **pietra calcarea**, utilizzato per elementi di zoccolatura, per basamenti, per pavimentazioni esterne e interne e per tutti quegli elementi che, non richiedevano una lavorazione molto sagomata, data la sua durezza.

Il calcare degli iblei si distingue in due varietà, Pietra di Modica e Pietra di Comiso, l'una differente dall'altra per caratteristiche mineralogiche e di tessitura.

**La pietra pece** si origina da spinte telluriche che hanno provocato la risalita degli idrocarburi e il loro progressivo assorbimento da parte dei sedimenti calcarei, i quali però negli strati a contatto con l'aria e con l'acqua mantengono l'originario colore bianco del calcare. Nella pratica costruttiva vengono distinti due diversi tipi di calcare bituminoso a seconda della maggiore o minore impregnazione di bitume.

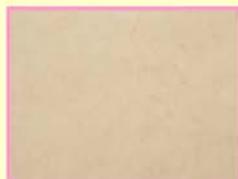
**La calce aerea** si ottiene dopo le fasi di calcinazione, spegnimento e carbonatazione della pietra calcarea con  $\text{CaCO}_3$  superiore al 95%. È il principale legante utilizzato nelle fabbriche tradizionali per il confezionamento della malta per muratura e della malta per intonaci. Anticamente si preparava la calce in recipienti di legno detti "bagnoli". Le zolle di calce viva irrorate d'acqua, in seguito al calore sviluppato nella fase di idratazione, si fessuravano polverizzandosi e si trasformavano in un impasto chiamato "grassello" (idrossido di calcio). La calce oltre a risultare permeabile all'acqua viene da essa dilavata e trasformata in carbonati e bicarbonato. L'inquinamento atmosferico da anidride solforosa ha notevolmente aggravato il fenomeno causando la trasformazione della calce in gesso.



9

### Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto

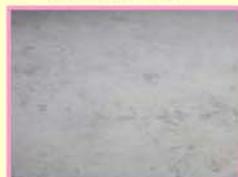
Gli intonaci



Intonaco esterno



Intonaci interni

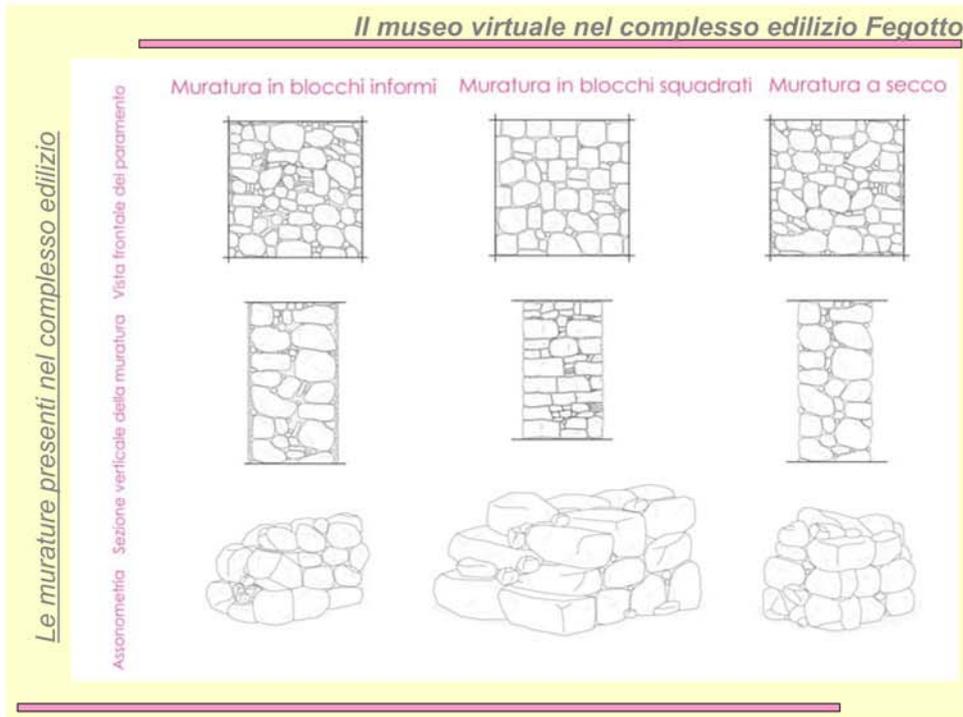


"L'intonaco è "un rivestimento murale, costituito da un sistema di strati di malta applicati in un'unica sequenza realizzativa, atto ad assolvere, a indurimento avvenuto, funzioni di protezione e di finitura superficiali". Tale componente edilizio è inteso come "superficie di sacrificio" in quanto subisce l'azione distruttiva esercitata all'interfaccia dall'atmosfera e dai fattori ambientali di deterioramento (sbalzi termici, acqua, acidi, sali, gelo) e protegge da essi la struttura muraria.

La malta per intonaco è una miscela di uno o più leganti inorganici, aggregati, acqua ed eventualmente additivi e/o aggiunte. Essa realizza una finitura delle strutture sia esterne sia interne, di gradevole aspetto, igienicamente corretta e assicura una superficie sufficientemente regolare, complanare e priva di sporgenze. Inoltre una superficie con queste caratteristiche crea le condizioni ideali per ricevere a sua volta eventuali, ulteriori, sistemi di finitura che conferiscono più accentuate e specifiche caratteristiche estetiche e prestazionali (tinteggiature, decorazioni, tesserine o mosaici di ceramica o quarzite, ecc.).

Gli intonaci esterni di tutto il complesso edilizio sono eseguiti con una successione di strati di malta, principalmente di calce (aerea, idraulica o una combinazione delle due) e aggregato in materiale calcareo. La malta per intonaco è probabilmente realizzata nel rapporto aggregato/legante 3:1 o 4:1. Il frantoio, localizzato al piano terra della casa padronale è rifinito esternamente con intonaco di calce e aggregati calcarei che danno la cromia in pasta e internamente è realizzato in cemento e aggregati calcarei ed è tinteggiato al fine di migliorare le condizioni igieniche degli ambienti nelle pareti, superiormente ai 2 m, e nelle volte. I locali che ospitano la cantina e il palmento si presentano esternamente in pietrame informe a vista mentre internamente sono rifiniti con un intonaco tinteggiato realizzato con calce e aggregati calcarei.

10



11

**Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto**




*“Le murature esterne di un edificio possiedono anzitutto caratteristiche statico-protettive, cioè devono resistere alle forze applicate (funzione statica), agli agenti atmosferici transitori (funzione protettiva) e a quelli a lungo termine o ciclici (funzione di persistenza o di durata); inoltre devono rispondere a criteri estetici d'insieme (funzione/vocazione architettonica) e di dettaglio”.*

Le murature dei fabbricati che ospitano il frantoio e il palmento sono realizzate con pietrame calcareo informe e malta di calce e sabbia quale materiale di collegamento fra i conci, che presenta un'adeguata resistenza agli sforzi. Gli elementi lapidei che le costituiscono sono posti in opera con una organizzazione poco accurata e gli spazi di risulta tra i blocchi sono stati saturati con malta di calce e minutame lapideo.

L'inconveniente dovuto alla variabile dimensione delle pietre determina filari non orizzontali, minime superfici di contatto tra gli elementi, disuniformità delle sollecitazioni e inevitabile formazione di punti di minore resistenza. Tuttavia per aumentare la omogeneità e la regolarità del manufatto, a volte, la muratura ogni due o tre ricorsi veniva spianata mediante l'uso di pietre opportunamente scelte.

Lo spessore dei paramenti esterni del frantoio è di circa 80 cm. Le murature perimetrali del palmento sono di circa 90 cm e della cantina di circa 80 cm.

Le ammorsature tra i muri sono realizzate con i "cannarozzoni", ossia grosse pietre disposte con la dimensione maggiore ortogonalmente al paramento e pari allo spessore del muro





Le tramezzature portanti, nel frantoio e nei locali per la produzione del vino, sono realizzate in muratura informe con la stessa fattura della muratura esterna e presentano nel frantoio uno spessore di 60-70 cm e nella cantina di circa 80 cm.

12

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

Il giardino



13

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

Il giardino

**Alcune specie vegetali presenti nel giardino:**

- Celtis australis o baculari;
- Zizyphus vulgaris o giuglioli;
- Arbutus unedo o corbezzoli;
- Vitex agnus castus o falso pepe;
- Chorisia;
- Jacaranda mimosifolia;
- Cycas;
- Tiliaceae;
- Melaleuca thymifolia;
- Morus;
- Arecaceae;
- Siepi di Boxus sempervirens.



14

### Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto

Le finiture in pietra

Nei muri perimetrali, le superfici piene prevalgono su quelle vuote e le porte e le finestre sono ridotte al minimo indispensabile per non indebolire le strutture murarie garantendo nel contempo sufficienti condizioni di illuminazione e di ventilazione.

Le soglie e i davanzali, i cornicioni e le modanature, le cornici delle aperture composte da una soglia, due spallette e un architrave, sono realizzate in pietra calcarea da taglio. L'architrave delle aperture si presenta suddiviso in due elementi paralleli, uno interno allo spessore murario e uno esterno. Quello esterno è posizionato all'interno del muro per un terzo del suo spessore. Nei restanti due terzi dell'apparato murario è alloggiato l'architrave interno.

L'architrave esterno è realizzato in relazione alla luce del vano: per luci grandi, comprese tra 100 e 160 cm, è stato costruito secondo un arco che, a tutto sesto o a sesto ribassato, tramite un numero variabile di conci di pietra scarica lateralmente il peso della muratura sovrastante; nel caso di luci di dimensioni più modeste è presente un architrave a intradosso rettilineo, la cui realizzazione prevedeva il semplice accostamento di due o più conci di pietre; per le aperture di piccole dimensioni unico concio da solo copre la luce dell'intera apertura.

Le spallette, in pietra, sono realizzate seguendo due possibili modalità costruttive che prevedevano, rispettivamente, la disposizione della dimensione dominante del concio in modo ortogonale e/o parallelo alla faccia del muro. I conci impiegati sono ben squadri, di dimensione consistente o della stessa dimensione dei quelli utilizzati per la realizzazione della muratura, e assicurano una buona resistenza e aderenza alla muratura adiacente.

15

### Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto

Le finiture in pietra

Il portone (1.85 × 3.70 m) nel prospetto rivolto a nord del vano del palmento presenta un architrave impostato su due blocchi in pietra calcarea e costituito da un arco a tutto sesto composto da dieci conci più la chiave di volta. Le spallette sono realizzate con nove - dieci grandi blocchi di pietra calcarea orientati con la dimensione dominante parallela al muro. L'architrave interno è realizzato in muratura ed è a sesto ribassato.



Il vano del portone (2.54 × 4.00 m) sul prospetto rivolto a est del palmento è realizzato con un arco a sesto ribassato ottenuto dall'accostamento di conci lapidei tagliati secondo le regole della stereotomia. Le spallette sono realizzate con conci disposti con la dimensione dominante parallela al piano del paramento murario.

16

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

Le finiture in pietra

Le finestre (1.00 × 1.80 m) della cantina possiedono un unico architrave esterno rettilineo inserito nella fascia lapidea di coronamento del fabbricato e nove blocchi lapidei che formano le spallette disposti con la dimensione dominante parallela al muro. Il davanzale è realizzato con l'accostamento di due file di conci ben squadriati che danno complessivamente lo stesso spessore dell'architrave inserito nella cornice di coronamento del fabbricato. L'architrave interno è realizzato in pietra ed è a sesto ribassato.



Le finestre (1.00 × 1.50 m) e le porte finestre del palmento (1,20 × 2,25 m) possiedono un architrave esterno orizzontale realizzato con un unico blocco di pietra calcarea. Le spallette sono realizzate con sette conci ben squadriati di dimensioni simili a quelli utilizzati nella muratura. Il davanzale presenta in cinque casi, una superficie a semicerchio, utilizzata per appoggiare le ceste contenenti l'uva. In questo caso, sopra all'architrave rettilineo esterno si nota in facciata l'architrave interno a sesto ribassato che, costituito da conci lapidei posti di taglio, concorre alla funzione di scarico del peso della struttura sovrastante.

17

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*

Le finiture in pietra

Le porte-finestre (1.25 × 2.20 m) e le finestre (0.90 × 1.20 m e 0.90 × 1.00 m) del frantoio hanno architravi interni ed esterni a sesto ribassato realizzati con conci opportunamente sagomati. Le spallette dal vano di allocazione della porta-finestra sono costruite con conci disposti alternativamente con la dimensione dominante ortogonale o parallela alla faccia del muro. Il davanzale delle finestre è realizzato mediante all'accostamento di tre blocchi di pietra calcarea. Tutte le finestre del piano terra della casa signorile che si affacciano sul giardino, sia quelle del frantoio che quelle dei magazzini, sono protette da grate in ferro battuto.



18

### Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto

*Gli infissi costituiscono una parte molto importante del manufatto edilizio perché sono gli elementi di collegamento diretto tra interno ed esterno e assolvono ad almeno quattro esigenze fondamentali: la sicurezza dell'edificio, l'illuminazione e la ventilazione degli ambienti e l'armonia architettonica.*

Le finestre del frantoio sono realizzate a due ante in legno di abete. Sono protette da grate e presentano scuri specchiati che garantiscono l'oscuramento degli interni migliorandone l'isolamento termico. Gli scuri adoperati nei fabbricati sono quelli "alla maltese", incernierati al telaio mobile e con dimensioni pressoché uguali a quelle del vano vetrato. Essi differiscono da quelli "alla palermitana" che sono direttamente incernierati al telaio fisso e offrono prestazioni migliori di tenuta all'aria e migliore resistenza termica e garantiscono il completo oscuramento dei locali interni.

Il vetro, dello spessore di 2 mm, è inserito negli infissi con le cornicette ferma-vetro in legno, sagomate e fissate al telaio sul lato interno dell'infisso mediante chiodi. Le lastre sono collegate tra di loro con regoli in piombo con doppia scanalatura, di dimensioni molto ridotte per non creare grandi ostruzioni al passaggio della luce e in modo da farle apparire come se fossero uniche. Tasselli di sughero sono interposti tra la lastra e la cornice.



Gli infissi

19

### Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto



*Finestra della cantina*



*Portoni del frantoio*

Le porte-finestre e le finestre del palmento e della cantina sono in legno di abete a due ante, dogate e prive di vetrate. Il portone del palmento sul prospetto est presenta doghe in castagno chiodate su un telaio realizzato con sette traverse e due montanti per anta. L'infisso è stato poi rivestito di lamiera fino a un'altezza di circa 2 metri a protezione dalla pioggia. Invece il portone sul prospetto nord, a due ante, sempre realizzato con tavole di castagno, presenta in un'anta un'ulteriore infisso mobile per un'apertura parziale dell'anta mobile.

I portoni del frantoio sono in legno di castagno, a due ante, realizzati con doghe di legno di notevole spessore connesse tra di loro con l'ausilio di bandelle chiodate e collegate al telaio realizzato da sei traverse e due montanti per anta. Le ante mobili sono poi connesse al telaio fisso con cerniere e staffe di ferro.

Tutti gli infissi del complesso edilizio sono verniciati.

Gli infissi

20



21



22

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*



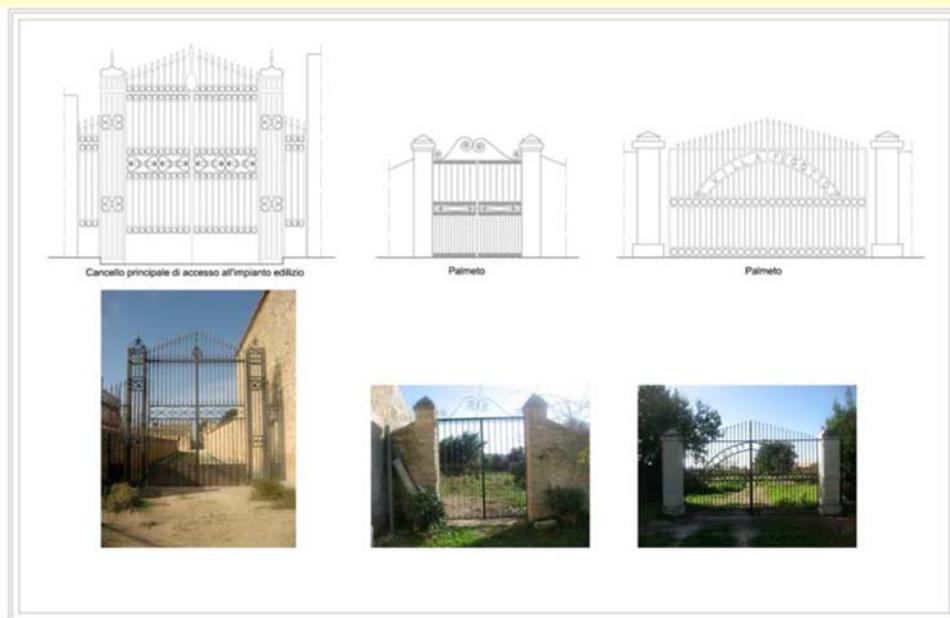
23

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Fegotto*



24

*Il museo virtuale nel complesso edilizio Pegotto*



25



## 5.9 PERCORSO VIRTUALE ALL'INTERNO DEL FRANTOIO

L'utente accede dalla corte principale ai locali del frantoio in corrispondenza della sala di molitura e di estrazione dell'olio (Figura 147, Figura 148). L'accesso all'esposizione museale del frantoio avviene dalla zona di molitura e di estrazione dell'olio e non dall'olivaio come invece dovrebbe accadere seguendo il ciclo di produzione dell'olio. Al fine di informare il visitatore sul processo di produzione dell'olio sono stati collocati, nelle vicinanze dell'accesso e prima di addentrarsi nei locali, alcuni pannelli illustrativi sulla coltivazione dell'ulivo, sulle fasi di produzione dell'olio, su quelle di estrazione dell'olio dalle sanse e sulla raffinazione degli olii non utilizzati a scopi alimentari. Inoltre, sempre in prossimità dell'ingresso, l'*avatar* può visionare, per muoversi meglio all'interno degli ambienti, la planimetria del frantoio con l'indicazione della localizzazione dei pannelli e delle bandierine.

L'*avatar* può osservare i prospetti dell'edificio che ospita il frantoio, i materiali e le caratteristiche costruttive utilizzate nel fabbricato. In particolare, sono state elaborate schede sulla pavimentazione dei locali realizzata in pietrame calcareo non lucidato e schede sulle modalità di realizzazione delle volte a botte e a crociera, in pietrame sbizzato esistenti a copertura dei locali.

I metodi tradizionali per la raccolta delle olive e l'operazione di pesatura vengono visualizzati cliccando su una bandierina collocata accanto alle bascule, ricostruite tridimensionalmente e posizionate nella loro localizzazione originaria ossia nella sala di molitura e di estrazione dell'olio.

Per visualizzare l'ambiente adibito a olivaio, ove sono state ricostruite tridimensionalmente le cassette con il fondo di canne intrecciate utilizzate per la conservazione delle olive, l'utente partendo dalla zona dove si trovano le bascule deve attraversare la sala di molitura e di estrazione dell'olio.

Un pannello posto accanto alla molazza illustra il processo di molitura e quello di estrazione dell'olio. In questo vano che rappresenta il locale principale dell'impianto sono stati ricostruiti tridimensionalmente la molazza utilizzata per trasformare il frutto in polpa; le superpresse, il torchio alla genovese (in uso al frantoio prima dell'impiego delle superpresse) che consentivano la separazione della frazione solida da quella liquida; la centrifuga e la pompa idraulica che serviva al funzionamento delle superpresse; il sistema di decantazione dell'olio che consentiva la separazione dell'olio dalle acque di vegetazione e il filtro dell'olio utilizzato quando era richiesta una rapida decantazione. I macchinari presenti nel frantoio, non sono stati mai spostati dalle posizioni che occupavano quando l'impianto era in lavorazione e, in questo studio, sono stati ricostruiti nella loro collocazione originaria e opportunamente descritti.

L'*avatar* deve, dopo avere visionato il processo di estrazione dell'olio, recarsi nuovamente nella zona ove ha effettuato l'accesso ai locali perché nelle vicinanze può visualizzare il processo di decantazione che permetteva la separazione dell'olio dalle acque di vegetazione prima dell'introduzione delle centrifughe.

L'oliario annesso al frantoio è costituito da due ambienti. Uno, in un vano attiguo al cortile, è raggiungibile dall'*avatar* oltrepassando la sala di molitura e di estrazione in direzione nord tramite una piccola strettoia tra la macchina per la molitura e il muro. L'altro è ubicato in un locale adiacente alle vasche di decantazione nei pressi dell'ingresso al frantoio dalla corte principale.

In un ambiente di passaggio, situato accanto ai locali in cui è ubicato l'oliario, è collocato un pannello che illustra gli schemi planimetrici di alcuni edifici per la produzione dell'olio realizzati nei primi del novecento.

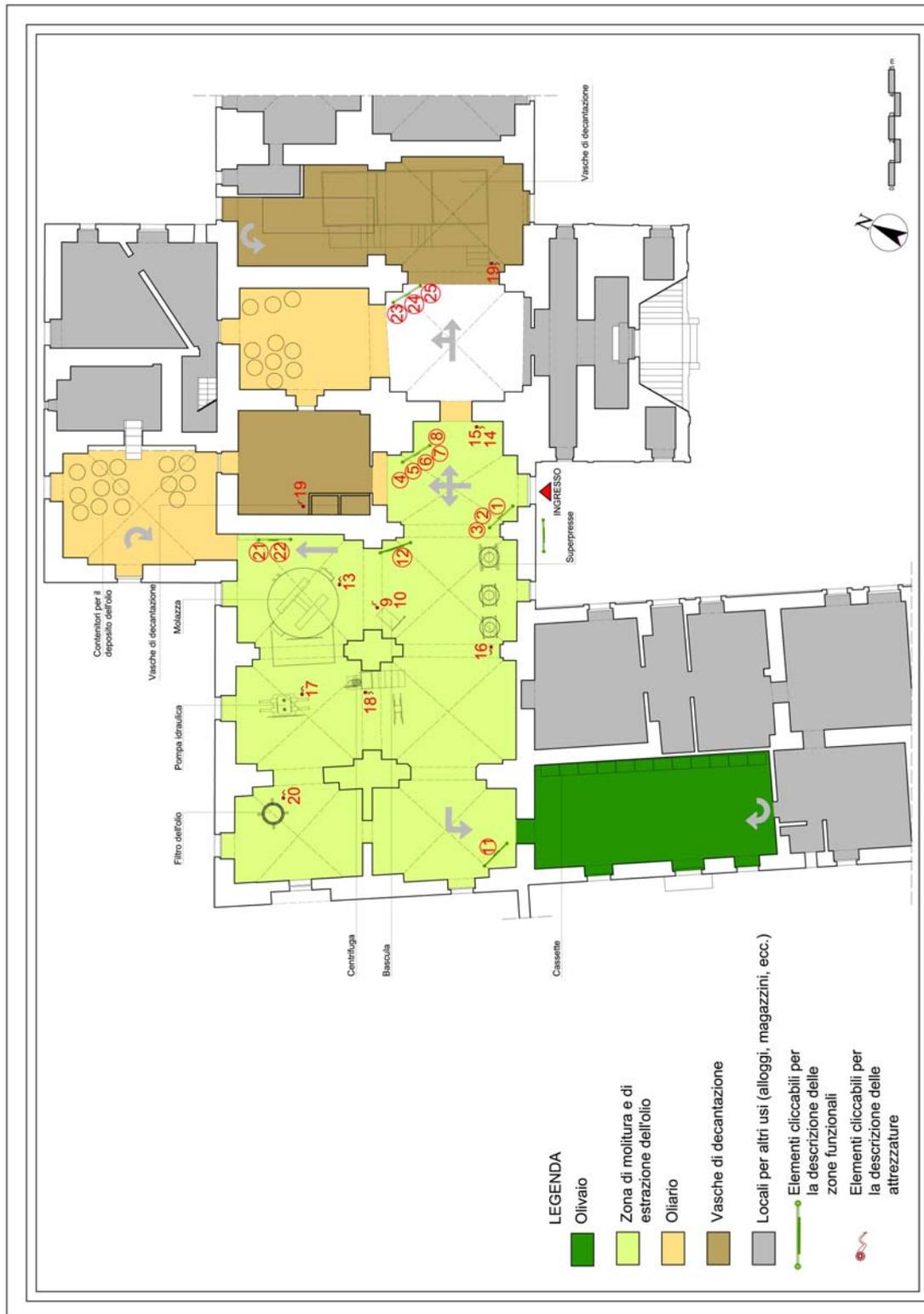


Figura 147 - Planimetria del frantoio con la localizzazione degli elementi cliccabili

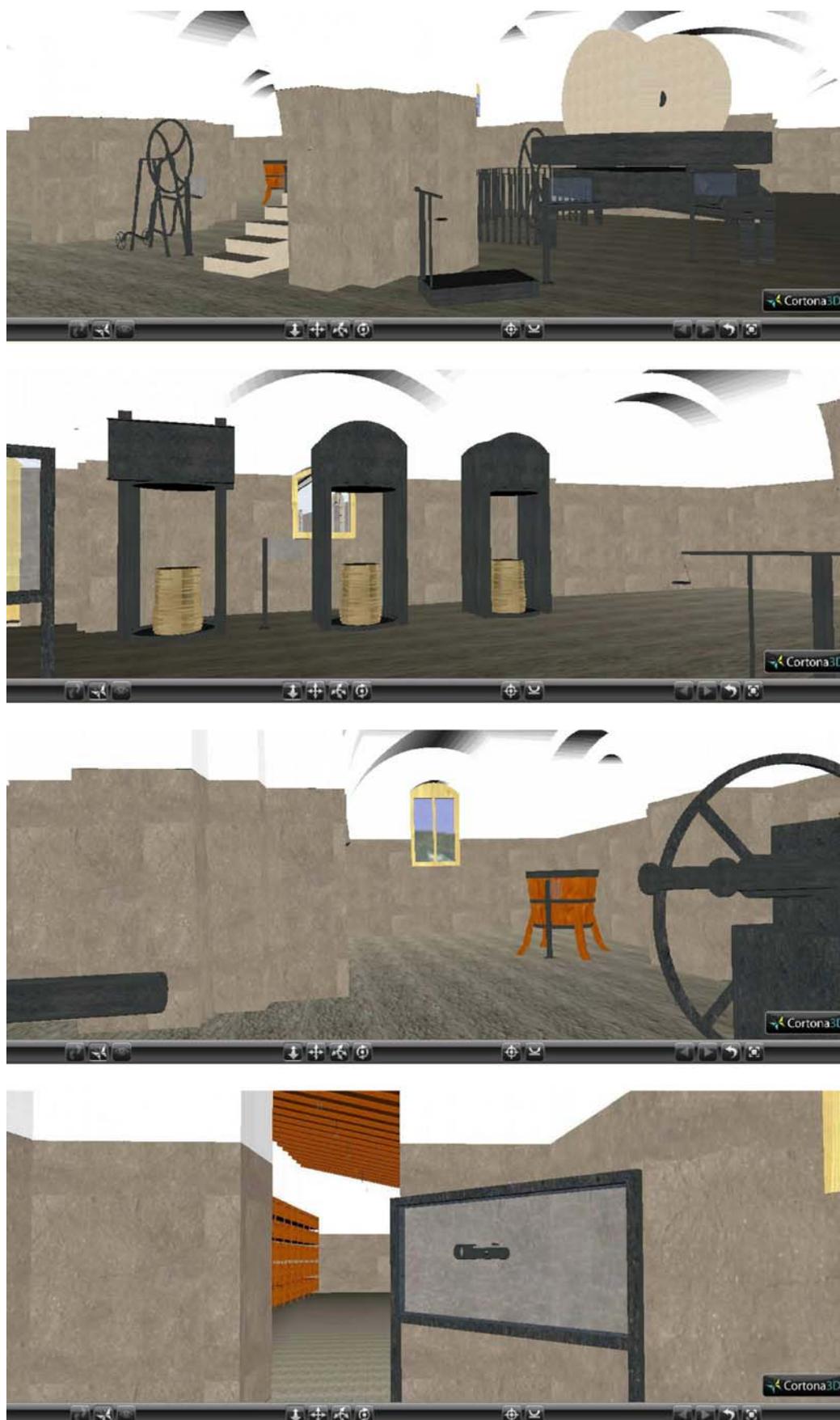


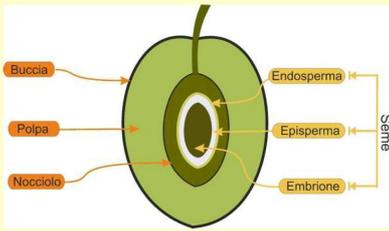
Figura 148 - Immagini del museo virtuale in VRML ambientato nel frantoio

*La coltivazione dell'ulivo*

### Il museo virtuale nel frantoio



*Uliveto nel territorio ibleo*



*L'oliva. Fonte: www.frantoioonline.it*

Il bacino del Mediterraneo vanta un'antica tradizione nella produzione dell'olio in quanto sin dall'antichità la coltivazione dell'ulivo è stata tra le attività agricole maggiormente diffuse. Numerosi eventi bellici e catastrofici che hanno colpito l'isola hanno cancellato alcuni esempi tipici di fabbricati per la produzione dell'olio. L'innovazione tecnologica ha determinato l'abbandono di alcune strutture edilizie tradizionali mentre altre sono notevolmente mutate per l'adeguamento ai nuovi macchinari o si sono radicalmente trasformate in seguito ai cambiamenti di destinazione di uso. Tuttavia, permangono nel territorio molti frantoio oleari ubicati all'interno di edifici tradizionali che, continuando a contraddistinguere il territorio rurale, documentano gli aspetti costruttivi e le modalità di lavorazione di un tempo.

La lavorazione delle olive per l'estrazione dell'olio consiste nel rompere i tessuti del frutto per consentire la fuoriuscita del succo o *mosto oleoso*. Il residuo solido dell'operazione di estrazione prende il nome di *sansa* e può essere sottoposto a un ulteriore processo di spremitura.

1

*IL ciclo di produzione tradizionale dell'olio*

### Il museo virtuale nel frantoio

**Il ciclo di lavorazione per la produzione dell'olio comprende le seguenti operazioni (Cantarelli, 1983):**

- 1. Raccolta, trasporto e pesatura delle olive**  
I metodi adottati in passato per la raccolta delle olive erano complessivamente quattro: *brucatura*, *scottitura*, *abbacchiatura* e *raccattatura*. Il metodo da adottare era selezionato in funzione dell'estensione e della conduzione dei fondi agricoli, della dimensione delle piante, del numero e della tipologia della manodopera impiegata e della destinazione del prodotto finito.
- 2. Conservazione e fermentazione delle olive**  
Le olive erano trasportate e ammassate in casa o nel frantoio, all'interno di ceste o di vasche in muratura dotate di un canale di scolo nella parte inferiore. Venivano lasciate a fermentare fino a farle ammuffire in attesa del turno di spremitura al frantoio. A volte erano ricoperte di sale per evitare la comparsa di cattivi odori e pressate con pietre per tenere maggiormente costretta la massa, secondo una falsa credenza che, causando una notevole riduzione della quantità di olio prodotto, consigliava la molitura delle olive mature per aumentare la produzione.
- 3. Cernita e lavaggio delle olive**  
Queste operazioni venivano effettuate nello stesso locale utilizzato per la conservazione delle olive al fine di eliminare rami, terriccio e altri oggetti estranei.
- 4. Molitura ed estrazione**  
Tramite l'operazione di molitura, le olive venivano frantumate e ridotte in pasta da cui avveniva l'estrazione di un liquido chiamato mosto oleoso tramite pressatura, centrifugazione, filtrazione o decantazione.
- 5. Separazione dell'olio dal mosto oleoso**  
L'estrazione dell'olio dalle acque di vegetazione veniva effettuata per centrifugazione o per decantazione.
- 6. Filtrazione e conservazione dell'olio**  
L'olio poteva essere filtrato dopo le operazioni di estrazione per conferirgli un colore limpido o essere direttamente conservato in un luogo a bassa temperatura, al riparo dalle correnti di aria, dalla luce e dagli odori che facilmente potevano essere assorbiti.

2

*Il museo virtuale nel frantoio*



*Estrazione dell'olio dalle sanse e raffinazione degli oli non utilizzati a scopi alimentari*

**Il ciclo di lavorazione delle olive per la produzione dell'olio può essere integrato con l'estrazione, tramite solventi, dell'olio delle sanse\* attraverso le seguenti operazioni (Cantarelli, 1983):**

1. essiccamento e molitura delle sanse;
2. estrazione mediante solvente;
3. distillazione del solvente e separazione dell'olio.

**È possibile anche effettuare la raffinazione degli oli ottenuti dalla frantumazione del nocciolo e non utilizzati per l'alimentazione, con le seguenti operazioni (Cantarelli, 1983):**

1. demucillaginazione;
2. deacidificazione;
3. decolorazione;
4. deodorazione;
5. essiccamento;
6. demargarinazione.

\* Le sanse sono i residui solidi della lavorazione e sono costituite dai frammenti del frutto molito. Le sanse contengono dal 3 al 12% di olio residuo e il 20-30% di acqua.

3

*Il museo virtuale nel frantoio*



*Il fabbricato che ospita il frantoio: planimetria*

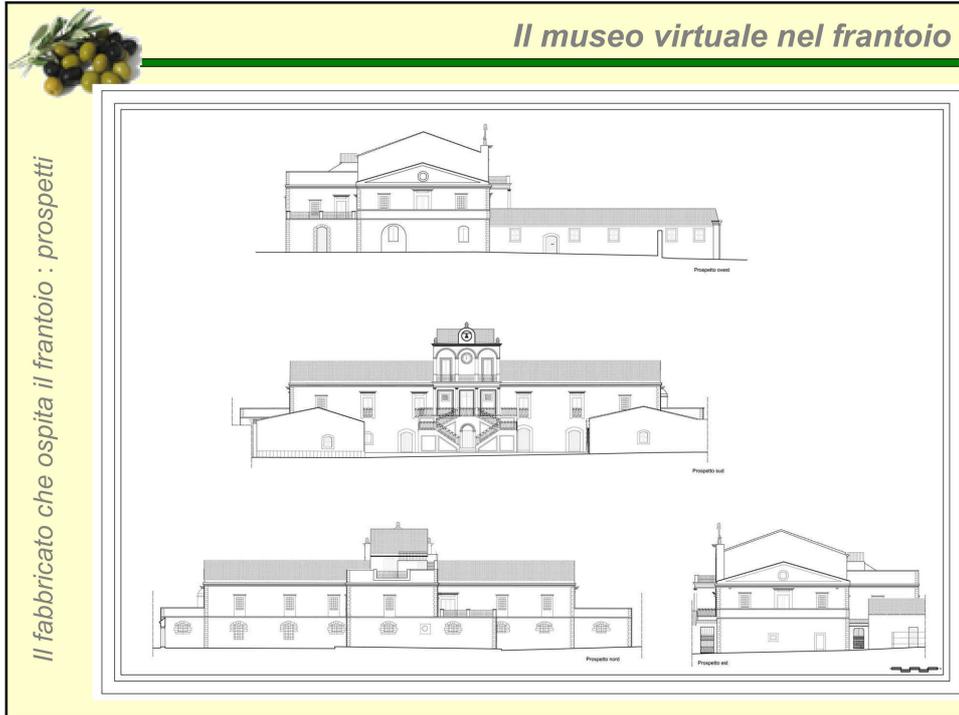


**LEGENDA**

- Olivaio
- Zona di molitura e di estrazione dell'olio
- Olliano
- Vasche di decantazione
- Locali per altri usi (alloggi, magazzini, ecc.)
- Elementi cliccabili per la descrizione delle zone funzionali
- Elementi cliccabili per la descrizione delle attrezzature

Labels in the plan: Filtro dell'olio, Pompa idraulica, Vasche di decantazione, Malazza, Contenitori per le saponi saponati, Centrifuga, Basciole, Cassette, Incendio, Superprese, Vasche di decantazione.

4



5



6

**Il museo virtuale nel frantoio**



**La pavimentazione**

Nel palmento, nell'impianto a nord (zona di pigiatura, zona di torchiatura e superfici di passaggio) la pavimentazione è realizzata con lastre bocciardate, non lucidate e antisdrucchiolo, in pietra pece di dimensione circa 40 cm x 40 cm, dello spessore di 3 + 4 centimetri e a bordi grezzi. Nell'impianto a sud, la pavimentazione è realizzata con mattonelle in pietra pece di forma quadrata con lato di circa 38 cm. Le mattonelle sono unite con malta e messe in opera su un sottofondo spianato.



*Pavimentazione in pietra calcarea*



*Pavimentazione in pietra pece*



*Pavimentazione in terra battuta*

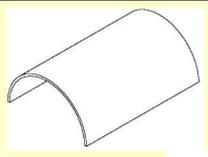
I locali della cantina sono privi di pavimentazione e presentano un suolo in terra battuta che ha il compito di regolare le condizioni termo-igrometriche dell'ambiente. Nel frantoio, la pavimentazione è realizzata in pietra calcarea non lucidata e antisdrucchiolo con elementi di dimensioni 40 cm x 40 cm, a bordi grezzi e dello spessore di circa 3 + 4 cm. La pavimentazione in pietrame calcareo si presenta molto resistente all'usura, sopporta bene i carichi concentrati, resiste agli acidi, non è assorbente ed è facilmente pulibile se lucidata, altrimenti presenta piccole connessure difficili da pulire. In genere, la pietra calcarea e quella pece sono molto dure e poco logorabili ma la pietra pece sembra presentare una migliore conservazione e una maggiore resistenza all'abrasione, un'attitudine superiore a non subire asportazioni superficiali e perforazioni.

7

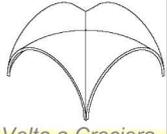
**Il museo virtuale nel frantoio**



Le volte presenti nel frantoio e nel palmento sono a crociera su pianta quadrangolare e a botte, a tutto sesto o a sesto ribassato, con o senza lunette, su pianta rettangolare. Sono realizzate in pietra sbazzata ed eseguite con conci giuntati secondo gli stessi principi delle murature e tagliati secondo precise forme a cuneo. La malta, disposta tra i conci lapidei è realizzata con il gesso, quale legante, e presenta spessore minimo compreso tra i 6-8 mm. Essa possiede una funzione statica in quanto contribuisce alla ripartizione delle pressioni tra i conci. Il rinfianco, riempimento che si dispone nello spazio tra l'estradosso della volta, il piano di calpestio e i muri perimetrali, per un'altezza all'imposta compresa tra 1/2 e 1/3 della monta in adiacenza al muro, è realizzato con rottami di laterizi, vasi di terracotta, gusci vegetali, ecc. Su di esso sono disposti gli elementi necessari alla formazione del piano di calpestio quali il massetto, la malta e la pavimentazione in pietra calcarea o pece. Fondamentale è l'apparecchiatura delle volte che è la disposizione dei conci della struttura in muratura, la cui scelta è correlata a esigenze di natura statica (trasmissione degli sforzi), geometrica (connessioni degli elementi tra di loro) e realizzativa (economia nell'esecuzione dei sostegni provvisori, economia nel taglio e/o lavorazione degli elementi). In generale, i tipi di apparecchiature più diffusi sono: a filari longitudinali, a filari trasversali, a spina di pesce, a filari diagonali e ad anelli concentrici. Nelle *volte a botte* del frantoio e del palmento è stata utilizzata un'apparecchiatura a filari longitudinali, realizzata con l'uso della centina continua disponendo i filari di pietre longitudinalmente alla linea della generatrice. L'apparecchiatura delle volte composte, ossia delle volte a crociera, delle volte a specchio e a cielo di carrozza è un po' più laboriosa. I conci che appartengono contemporaneamente alle due volte che si intersecano venivano tagliati curando lo sfalsamento dei giunti ed evitando gli angoli acuti. Le *volte a crociera* presenti nel frantoio e nella cantina, il cui lo spessore in chiave è di circa 20 cm, presentano filari normali alle linee di perimetro.



*Volta a Botte*



*Volta a Crociera*



Apparecchiatura  
Malta di calce  
Pavimentazione  
Rinfianco

8

### Il museo virtuale nel frantoio

La raccolta e il trasporto delle olive



La raccolta  
<http://www.grifasi-sicilia.com>



Borse per la raccolta manuale delle olive

I metodi tradizionali per la raccolta delle olive erano riconducibili a quattro:

- La *brucatura* che prevedeva la raccolta manuale delle olive era effettuata da giovani uomini che, con la loro agilità, si arrampicavano sugli alberi per raccogliere le olive che riponevano in sacchetti di tela o in panieri di varia foggia presto sostituiti da sacche a doppia cinghia o da grossi sacchi a bocca quadrangolare che venivano svuotati dalla base.
- La *scotitura* era una tecnica di raccolta messa in opera scuotendo, tramite aste foderate di panno, i ramoscelli fruttiferi e raccogliendo a terra, con l'operazione di raccattatura, le olive cadute sul terreno o su apposite tende.
- L'*abbacchiatura* era un'operazione che prevedeva la scuotitura dei rami con l'uso di lunghe canne o pertiche e la conseguente raccolta a terra dei frutti. In Sicilia, venivano adoperati lunghi bastoni di nocciolo, piuttosto flessibili che però provocavano danni ai rami e ai giovani getti della nuova fruttificazione, causando ferite che consentivano l'accesso ad agenti patogeni.
- Alla *raccattatura* da terra delle olive cadute provvedevano donne e giovani che raccoglievano, con apposite scope fatte con ramoscelli di ulivo, le olive in mucchi sulle reti e eseguivano la cernita con crivelli realizzati con listarelle o bacchette di legno.

Le olive, trasportate al frantoio su carri trainati da asini o buoi, venivano pesate prima del deposito.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

9

### Il museo virtuale nel frantoio

La pesatura



Le bascule per la pesatura delle olive

La pesatura della partita di olive veniva effettuata nel frantoio all'atto del conferimento ed era eseguita mediante le bascule con le quali venivano pesate le olive poste all'interno dei contenitori. Con tale operazione si determinava il peso lordo che forniva un'informazione utile per effettuare un travaso "controllato" nei macchinari di molitura allo scopo di raggiungere il quantitativo di prodotto sufficiente per avviare il ciclo di lavorazione. L'operazione di pesatura, inoltre, assumeva particolare importanza quando il prodotto veniva lavorato per conto di terzi.

La pesatura veniva effettuata mediante le *bascule*, ossia delle bilance a leve in grado di equilibrare grandi carichi con piccoli pesi. Il carico veniva disposto su un piano il cui abbassamento veniva trasmesso mediante un sistema di leve a un braccio su cui scorreva un peso. La lettura del braccio graduato forniva il peso del carico.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

10

### Il museo virtuale nel frantoio

La conservazione, la fermentazione, la cernita e il lavaggio delle olive



L'olivaio

Tra l'ottocento e il novecento, nella progettazione degli ambienti per la lavorazione dell'olio, veniva previsto, in rapporto con l'ambiente esterno, l'olivaio. Questo vano serviva al deposito delle olive quando la lavorazione non poteva avvenire immediatamente dopo la raccolta. Qui le olive venivano disposte sul pavimento, in strati di ridotto spessore, o collocate in cassette con il fondo di canne intrecciate in un ambiente che, per evitare la putrefazione e facilitare la traspirazione dei frutti, doveva essere adeguatamente ventilato e possedere una temperatura mite (12 – 16 °C). La conservazione non doveva prolungarsi oltre i quindici giorni. L'olivaio, negli impianti edilizi realizzati a più livelli, si trovava nella zona più alta del fabbricato e da qui, tramite canalette e tramogge, le olive venivano versate direttamente nelle macchine che effettuavano la frangitura. In questo locale venivano eseguite anche le operazioni di mondatura, cernita e lavaggio. La mondatura era ritenuta necessaria quando fra le olive erano presenti notevoli quantità di foglie o altri corpi estranei; la cernita si effettuava a mano su appositi tavoli per l'eliminazione di frutti guasti. Fondamentale era l'operazione di lavaggio, specialmente ove veniva effettuata la raccattatura a terra delle olive al fine di eliminare le particelle di argilla che potevano modificare il sapore all'olio.



11

### Il museo virtuale nel frantoio

La molitura e l'estrazione del mosto oleoso



zona di molitura

Le operazioni di molitura e di estrazione del mosto oleoso avvenivano spesso all'interno dello stesso vano. La sala di molitura e di estrazione rappresentava il locale principale dell'impianto, era di notevoli dimensioni e doveva essere in diretta comunicazione con l'olivaio e con i locali di conservazione dell'olio. La temperatura della sala doveva essere di 15-20° C, il pavimento doveva essere facilmente lavabile e in materiale antiscivolo e le pareti dovevano essere rivestite o tinteggiate fino ad un'altezza di 1,5 m. Quest'area ospitava le macchine per la molitura e per l'estrazione del mosto oleoso. I metodi di estrazione dell'olio dalle olive effettuati tramite macchinari richiesero che queste venissero frantumate con l'operazione di molitura e ridotte in pasta, da cui avveniva l'estrazione di un liquido costituito da acqua e olio e chiamato *mosto oleoso* (Cantarelli, 1983). L'olio si trovava disperso in minutissime goccioline nelle cellule oleifere della polpa delle olive, il procedimento di molitura causava la disgregazione della polpa e non determina l'eccessiva frantumazione del nocciolo del frutto. L'estrazione del mosto oleoso avveniva successivamente mediante le operazioni di pressatura, centrifugazione, filtrazione o decantazione della pasta. La pressatura era eseguita mediante i torchi. La pasta veniva raccolta dalla molazza e ingabbiata in fasci di paglia che andavano disposti sul piano del torchio. In ogni frantoio vi era un certo numero di molazze al quale corrispondevano altrettanti macchinari per la pressatura in base alla capacità produttiva dell'azienda e al sistema di lavorazione del prodotto. A volte, questa operazione consisteva in tre o quattro moliture e altrettante pressature. Infatti, il processo prevedeva che le sanse derivate dalla molitura venissero pressate e ritrasferite nella molazza per una seconda molitura e poi pressate nuovamente.



zona di pressatura



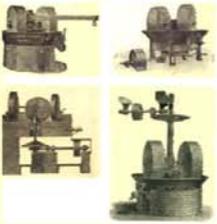
12

**Il museo virtuale nel frantoio**

La molitura



*Frantoi a due molazze su base in ghisa*



*Frantoi a molazze*

I frantoi a molazze cilindriche, introdotti in Italia alla fine dell'Ottocento, erano costituiti da macchine in cui le olive al grado di fermentazione stabilito venivano immesse attraverso una tramoggia superiore e lavorate da rulli metallici rotanti, laceranti e trituranzi. Questo macchinario subì, nel tempo, importanti innovazioni a causa del passaggio da sistemi a una molazza a sistemi a due, tre, quattro molazze di dimensioni differenti che agivano su piani sfalsati.

Il frantoio, presente nel complesso edilizio Fegotto, è realizzato con due molazze in pietra che, azionate da un motore, ruotavano su una base di ghisa.

La pasta delle olive, scaricata nel contenitore in legno posizionato sotto il basamento in ghisa, veniva raccolta e portata alle macchine per la pressatura.

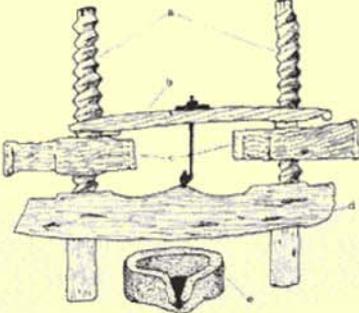
I frantoi a molazze compivano un'ottima molitura in quando la distanza tra le mole e il piatto consentiva una rottura solo grossolana del nocciolo mentre la polpa, con il movimento di scorrimento, veniva profondamente triturrata in un continuo rimescolamento e impastamento (Cantarelli, 1983).

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → **Molitura delle olive** → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

13

**Il museo virtuale nel frantoio**

L'estrazione del mosto oleoso: la pressatura



*Torchio alla calabrese realizzato con:*

- a) pilera;
- b) scaletta;
- c) scufini;
- d) cianca suprana;
- e) lumera

La pressatura, nel sistema di produzione tradizionale dell'olio, consentiva l'estrazione della parte liquida composta da acqua e olio dalla parte solida (le sanse). I torchi più arcaici, definiti "alla calabrese" e usati nei frantoi siciliani agli inizi del novecento, erano realizzati in legno duro (quercia, noce, castagno) e dotati di due madreviti (*scufini*) che, girando attorno a due grosse viti (*pilera*) mediante una manovella o una mazza (*palu*), facevano abbassare la spessa panca superiore di legno, a forma di parallelepipedo, per pressare la pasta contenuta nei fiscoli. Questi, impilati centralmente tra le viti, venivano pressati da un disco di legno situato sotto la panca superiore che veniva rialzata grazie a un collegamento effettuato nel piolo centrale di una scaletta di legno.

Le madreviti venivano azionate dalla spinta di alcuni uomini, tramite un'asta di legno fissata a un anello di corde posto in una delle madreviti. Le due viti erano ancorate, in basso, in due fori praticati in un basamento ligneo, a sua volta rigidamente ancorato al pavimento del frantoio o, a volte, erano superiormente ancorate al soffitto. La quantità di olive pressate dipendeva dalla qualità della lavorazione e dalla capacità che avevano le macchine nel contenerle.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → **Estrazione del mosto oleoso** → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

14

*L'estrazione del mosto oleoso: la pressatura*

### Il museo virtuale nel frantoio



**Torchio alla genovese**

*Quel che resta di un torchio alla genovese utilizzato nel frantoio del complesso edilizio Fegotto prima dell'introduzione delle superpresse.*

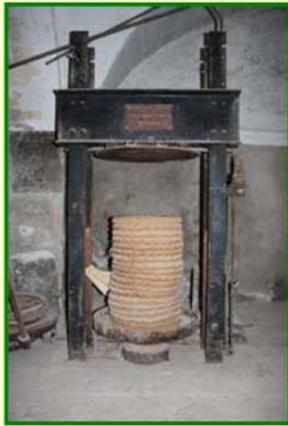
I torchi alla genovese sostituirono progressivamente i torchi alla calabrese ed erano dotati di una sola vite centrale che agiva direttamente sulla massa sottostante garantendo una migliore spremitura della pasta delle olive. Il torchio si componeva di una madre vite fissa posta in alto: il centro della madre vite era attraversato da una vite mobile sulla quale era incorporato uno zoccolo di forma tronco conica nel quale, a sua volta, erano praticati dei fori circolari che servivano a infilare una stanga per stringere il torchio. Sotto lo zoccolo era posto un robusto asse di legno (pancone o tavolaccio) che esercitava una pressione sui *fiscoli* disposti nella zona sottostante. Durante le operazioni di pressatura il tavolaccio saliva e scendeva e i pezzi in legno che costituivano il torchio presentavano delle cerchiature di ferro che servivano per rinforzare le parti maggiormente soggette agli sforzi. A volte, l'operazione di torchiatura era facilitata dalla presenza di un argano, al punto da ottenere con il lavoro di un solo uomo quello che con il torchio alla calabrese si realizzava con l'ausilio di quattro forze lavoro. Questo macchinario per la torchiatura fu presente negli oleifici fino alla metà degli anni '50 del XX secolo.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

14

*L'estrazione del mosto oleoso: la pressatura*

### Il museo virtuale nel frantoio



**Le superpresse**

L'adozione delle superpresse in acciaio in sostituzione dei torchi di legno consentì di migliorare il rendimento dell'impianto (potevano essere lavorati anche 50 q. di olive al giorno) ed evitare le doppie lavorazioni di pressatura. Le superpresse sono costituite da un'incastellatura in acciaio, con un basamento sul quale poggiano due montanti che sostengono un architrave. Sulla base dell'incastellatura trovano collocazione il pistone che, azionato da una pompa idraulica, si solleva comprimendo la pasta, disposta su un piatto, contro la testata superiore. La pasta, raccolta dalla molazza, veniva disposta sul piatto del pistone a strati, cinta da materiale filtrante (*fiscoli*) realizzato con fibra di cocco o di sparto o fibre sintetiche che però potevano causarne l'asciugamento. Al fine di evitare che gli strati di pasta avvolta si potessero flettere, il piatto della pressa presentava al centro una colonnina forata, la *foratina*, sulla quale si infilavano i *fiscoli* e che serviva a facilitare lo sgrondo dell'olio. L'olio ricavato mediante la pressatura veniva indirizzato alla decantazione attraverso canalette realizzate nel pavimento.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

16

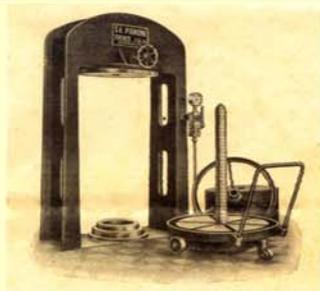
### Il museo virtuale nel frantoio

L'estrazione del mosto oleoso: la pressatura



*Pompa idraulica per le superpresse*

Le superpresse erano azionate da un sistema idraulico che forniva pressione grazie a una pompa che, comprimendo l'acqua contenuta in un circuito chiuso, azionava il pistone disposto sotto il piatto della pressa. In Sicilia, la produzione di questi macchinari nelle fonderie isolate (ad es. la fonderia "Weigert & Pirrone" di Messina) ne determinò l'introduzione nel ciclo produttivo, la diffusione e il conseguente abbattimento dei costi di acquisto.



STABILIMENTO MECCANICO  
**WEIGERT & PIRRONE**  
MESSINA  
VIA RIBO RIBO  
Costruttori e Riparatori di Macchine a Torchi di Legno  
TORCHI PER UVA, OLIVE E PASTA  
legnati per la fabbricazione di Olii

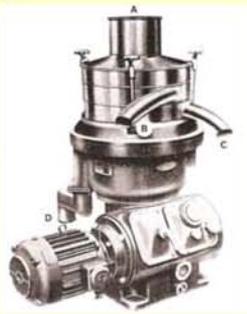
*Superpressa e busta intestata con timbro postale (anno 1903) dello stabilimento Weigert & Pirrone di Messina*

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → **Estrazione del mosto oleoso** → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

17

### Il museo virtuale nel frantoio

La separazione dell'olio dall'acqua di vegetazione: la centrifugazione



*Separatore centrifugo*

A. Vaschetta di alimentazione  
B. Tubo di uscita dell'olio  
C. Tubo di uscita dell'acqua  
D. Condotto per lo scarico delle morchie

L'estrazione dell'olio dall'acqua di vegetazione poteva avvenire per *centrifugazione*, a causa del diverso peso specifico e in virtù della rotazione ad alta velocità (6000-6500 giri al minuto). L'operazione per centrifugazione, rapida e completa, veniva effettuata mediante i separatori centrifughi che erano del tipo a tamburo conico e contenevano una serie di coni fra i quali si determinava la separazione dell'olio che defluiva dalla zona centrale del bolo scaricandosi dall'uscita più alta (Canticelli, 1983). Nel corso dell'operazione, si accumulano, sulla faccia interna dei dischi, le morchie\*, pertanto era indispensabile smontare il macchinario per la pulitura dopo avere effettuato l'operazione.  
\*Per morchie si intende il deposito che si raccoglie in seguito alla decantazione e centrifugazione dell'olio.



Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → **Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione** → Filtrazione e/o Conservazione

18

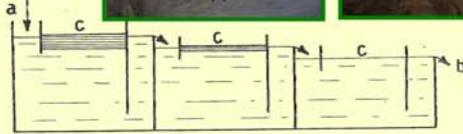
**Il museo virtuale nel frantoio**

La separazione dell'olio dall'acqua di vegetazione poteva essere ottenuta per decantazione o per centrifugazione.  
L'estrazione per decantazione avveniva in apposite vasche dove l'olio veniva estratto per affioramento sull'acqua vegetale e recuperato tramite mestoli.

**La decantazione**



La miscela acqua-olio veniva versata in A e fatta decantare nelle vasche in figura B ove l'olio emerso in superficie veniva estratto mediante i mestoli.



Dispositivo per l'affioramento continuo dell'olio in vasche di decantazione.

La miscela acqua-olio alimentata in A subisce una serie di decantazioni successive che produrranno la separazione dell'olio puro dall'acqua che verrà scaricata in b.  
Fonte: Cantarelli, 1983.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

19

**Il museo virtuale nel frantoio**

**La filtrazione**



*Filtro per l'olio*



L'olio ottenuto per spremitura si presenta opalescente per la presenza di sostanze sospese e, se centrifugato, a causa di piccole quantità di acqua emulsionata.  
In situazioni di riposo, ossia quando il prodotto era conservato negli appositi contenitori, il residuo solido si depositava sul fondo e l'olio stagionato diventava limpido. Tuttavia, qualora fosse richiesta una rapida chiarificazione si ricorreva al sistema di filtrazione che veniva effettuato mediante filtri a gravità che non intaccavano la qualità dell'olio.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive → Conservazione e fermentazione delle olive → Cernita e lavaggio delle olive → Molitura delle olive → Estrazione del mosto oleoso → Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione → Filtrazione e/o Conservazione

20

**Il museo virtuale nel frantoio**

La zona di conservazione dell'olio



L'oliario

L'oliario era il vano destinato alla conservazione dell'olio e, negli impianti con differente altimetria, era collocato ad un livello più basso per facilitare il trasferimento dell'olio nei contenitori metallici attraverso canali e tubazioni che limitavano il contatto con l'aria. Allo scopo di sfruttare l'inerzia termica del terreno per il controllo passivo del microclima interno (la temperatura dell'aria del locale interno doveva essere compresa tra i 12 °C ed i 16 °C), tale zona poteva essere interrata parzialmente o totalmente e riparata dalle correnti di aria, dalla luce e dagli odori che facilmente potevano essere assorbiti. Ogni sei mesi venivano effettuati i travasi per separare dall'olio le morchie che si accumulavano sul fondo dei contenitori

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive

→

Conservazione e fermentazione delle olive

→

Cernita e lavaggio delle olive

→

Molitura delle olive

→

Estrazione del mosto oleoso

→

Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione

→

Filtrazione e/o Conservazione

21

**Il museo virtuale nel frantoio**

La zona di conservazione dell'olio



I recipienti in vetro consentivano, invece, la distribuzione del prodotto al consumo.

A seconda della durata del periodo di conservazione, gli oli si classificavano in:

- oli *mosti* per i primi sei mesi di conservazione;
- oli *giovani* fino al primo anno;
- oli *vecchi* oltre questo periodo;
- oli *decrepiti* quelli conservati per un lungo periodo di tempo.

Gli *oli giovani*, in genere, conservano il colore del frutto e sono opalescenti ma, in seguito, all'invecchiamento perdono progressivamente questi caratteri diventando incolore e limpidissimi.

I recipienti tradizionali per la conservazione dell'olio erano i vasi di terracotta, a forma spanciata detti *orci* o *ziri*. In questi contenitori, le morchie si raccoglievano sul fondo in una piccola superficie e la stretta imboccatura del vaso permetteva una ridotta esposizione all'aria. Questi recipienti vennero sostituiti da vasche di lamiera stagnata o in resine sintetiche. Nei grandi impianti erano utilizzate grandi vasche in cemento, rivestite al loro interno con mattonelle di grès o trattate con silicati o con resine sintetiche.

Raccolta, trasporto e pesatura delle olive

→

Conservazione e fermentazione delle olive

→

Cernita e lavaggio delle olive

→

Molitura delle olive

→

Estrazione del mosto oleoso

→

Separazione dell'olio dalle acque di vegetazione

→

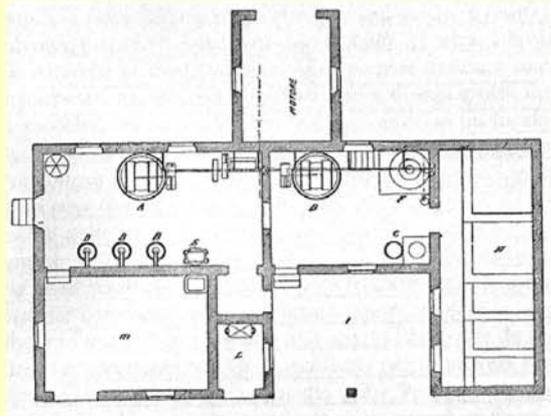
Filtrazione e/o Conservazione

22



Il museo virtuale nel frantoio

Esempi di strutture edilizie di frantoi



- A. Molazze.
- B. Presse.
- C. Pompa Idraulica.
- D. Macello e frantoio per le sanse.
- E. Presse.
- F. Frullino.
- G. Caldaia.
- H. Bacini a gradinata.
- I. Deposito della sansa.
- L. Elevatore per le olive.
- M. Chiaritoio.
- N. Locale della motrice.

Planimetria per la progettazione di un Frantoio.  
Fonte: Nuova Enciclopedia agraria Italiana, Utet, Torino 1912.

23



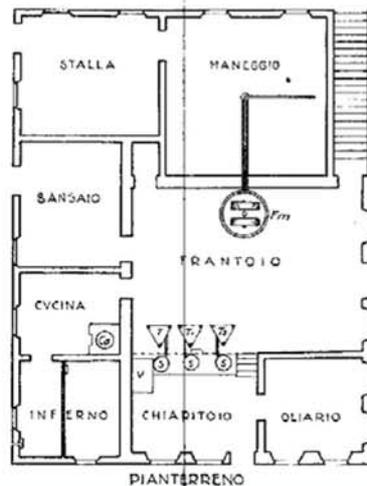
Il museo virtuale nel frantoio

Esempi di strutture edilizie di frantoi

OLEIFICIO A TRAZIONE ANIMALE

Capacità di lavorazione ql. 20 d'olive al giorno.

**LEGGENDA** - Pm= frantoio a macelle -  
T<sub>1</sub>= torchi di 1<sup>a</sup> pressione - T<sub>2</sub>= torchi di 2<sup>a</sup> press.  
S = separatori automat. dell'olio - v= vasca dell'acqua di vegetazione - Tr= traino delle olive.



Schema planimetrico per un frantoio con un sistema di molitura a trazione animale dei primi del novecento.  
Fonte: Di Fazio, 2008.

24



Esempi di strutture edilizie di frantoi

### 5.10 PERCORSO VIRTUALE ALL'INTERNO DELLA CANTINA E DEL PALMENTO

Gli ambienti per la produzione del vino nel complesso edilizio Fegotto sono costituiti da due impianti: uno più antico disposto a sud e uno, di più recente realizzazione rispetto al primo, disposto a nord (Figura 149, Figura 150, Figura 151). Quello più antico ospita la zona di pigiatura, i tini di fermentazione, la zona di torchiatura (con il torchio a cannizzo e il torchio a bilancia) e i locali per la conservazione del vino. Quello più moderno, ad ampliamento del primo, situato a nord accoglie la zona di pigiatura, le vasche di fermentazione, la zona di torchiatura con il torchio a cannizzo e il torchio a bilancia, un tinello di svinatura e il locale della cantina costruito trasversalmente rispetto al palmento.

Il visitatore del museo virtuale accede ai locali per la produzione del vino dall'impianto di più recente realizzazione, attraversando il portone sul prospetto rivolto a nord. Adiacente all'ingresso è stata ricostruita, nell'originale posizione, la bascula utilizzata per la pesatura dell'uva. Dopo la pesatura, l'uva veniva trasportata all'esterno del fabbricato e versata sulla pista di pigiatura attraverso le finestre realizzate nella facciata rivolta a ovest.

L'*avatar*, all'ingresso del palmento, ha la possibilità di cliccare su appositi pannelli che consentono l'accesso a schede in cui sono illustrate le fasi per la produzione del vino, gli schemi costruttivi degli edifici per la produzione del vino nel territorio ibleo, le caratteristiche costruttive della cantina e del palmento, la planimetria dei locali con la localizzazione degli oggetti cliccabili e i prospetti.

Un pannello, situato nei pressi dell'ingresso, descrive al visitatore l'esecuzione dei lavori della vendemmia. I processi di pigiatura, di fermentazione e di torchiatura sono illustrati mediante pannelli localizzati in corrispondenza delle zone ove venivano espletate tali funzioni.

L'*avatar* può percorrere sia l'impianto originario che quello più moderno e, superando i notevoli dislivelli, può recarsi nelle zone di pigiatura, poi in quelle di fermentazione e nelle zone di torchiatura. Le macchine utilizzate per la pigiatura, ossia la pigiatrice e la pigiadiraspatrice, sono collocate sulla pista di pigiatura dell'impianto più antico. Una bandierina permette di accedere all'illustrazione delle loro caratteristiche tecniche.

Il processo di torchiatura viene illustrato anche con la descrizione dei macchinari, ossia del torchio a bilancia e del torchio a cannizzo. Un piccolo tinello posto in adiacenza alla zona di torchiatura nell'impianto di più recente realizzazione è stato ricostruito tridimensionalmente al fine di fornire indicazioni sul processo di svinatura.

Nel palmento il visitatore potrà, inoltre, visualizzare la struttura di copertura realizzata conformemente all'originale con le capriate palladiane, sostenute da mensole agli appoggi, con arcarecci, canne disposte a puntoni e incannucciato e potrà osservare le caratteristiche della pavimentazione in pietra pece, dell'intonaco e di altre finiture.

Al locale della cantina, situato nell'impianto originario, il visitatore può accedere tramite una piccola rampa e visualizzare le botti e la copertura dei vani che è realizzata mediante volte a botte in piastrelle sbazzate. Invece, l'*avatar* può accedere ai locali di conservazione dell'impianto di più recente costruzione oltrepassando un infisso in legno che separa l'ambiente dal palmento e mediante una grande scalinata in piastrelle calcaree. Qui può visionare il suolo in terra battuta, le botti, la struttura portante di copertura minuziosamente modellata, le modanature dei pilastri di sostegno delle arcate che supportano il tetto della cantina, la scala in legno che dà accesso all'alloggio del custode del complesso edilizio e i locali coperti da volte a crociera per la conservazione dei vini di pregio collocati in un locale a pianta rettangolare i cui lati maggiori sono disposti in direzione perpendicolare rispetto all'asse della scalinata di accesso alla cantina.



Figura 149 - Planimetria del palmento con la localizzazione degli elementi cliccabili



Figura 150 – Planimetria di una delle cantine.



Figura 151 - Immagini del museo virtuale in VRML ambientato nel palmento e nella cantina.

*Il ciclo di produzione tradizionale del vino*

### Il museo virtuale nel palmento e nella cantina

#### Il ciclo tradizionale di produzione del vino

- 1. Raccolta e trasporto dell'uva**  
L'uva veniva raccolta manualmente e trasportata sui carri o sugli asini al palmento.
- 2. Controllo, selezione e pesatura dell'uva**  
All'esterno del palmento, sotto una tettoia, avveniva il controllo, la selezione e la pesatura delle uve.
- 3. Pigiatura dell'uva**  
L'uva vendemmiata veniva pigiata prima possibile per l'estrazione del mosto. Questa operazione era effettuata, in un'area apposita, dagli operatori o da macchinari azionati manualmente.
- 4. Fermentazione del pigiato**  
Il pigiato, ottenuto dalla pigiatura, veniva convogliato in vasche per la fermentazione.
- 5. Torchiatura delle vinacce**  
Le vinacce, residuo della pigiatura delle uve, venivano spremute mediante appositi macchinari al fine di ottenere l'estrazione di altro mosto.
- 6. Svinatura e conservazione del prodotto**  
La conservazione del mosto avveniva nei locali della cantina, realizzati per mantenere determinate caratteristiche termo-igrometriche.




*Impianti vinicoli*

1

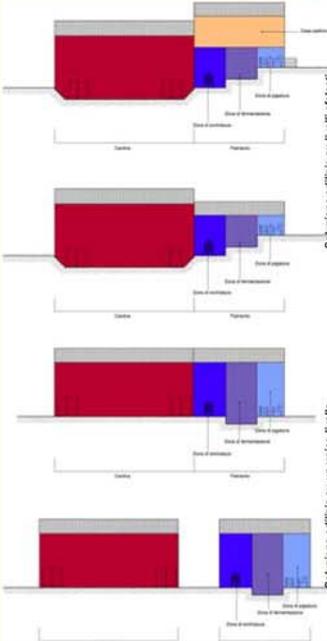
*Il palmento e la cantina: schemi costruttivi*

### Il museo virtuale nel palmento e nella cantina

Gli impianti tradizionali per la produzione del vino possono essere realizzati in più corpi di fabbrica ubicati su piani sfalsati, determinati dall'orografia del terreno, o disposti su un unico livello. In questo caso i corpi di fabbrica possono essere giustapposti o separati.

Gli edifici tradizionali per la produzione del vino possedevano le seguenti caratteristiche:

- la presenza delle zone funzionali (zona di pigiatura, di fermentazione, di torchiatura e cantina);
- la presenza di accessi, per lo scarico delle uve, in corrispondenza della zona di pigiatura e, per la distribuzione del prodotto finito, in corrispondenza della cantina;
- la presenza di torchi in legno e di altri macchinari utilizzati per la torchiatura delle vinacce;
- la presenza di finestre nella zona di fermentazione;
- la disposizione planimetrica dell'edificio con l'orientamento a nord e il parziale interramento di due o tre lati della cantina, al fine di garantire condizioni termo-igrometriche ottimali;
- l'adozione, nella costruzione dei corpi di fabbrica, di caratteristiche tecnico costruttive specifiche quali: lo spessore dei muri per assicurare un buon isolamento termico degli ambienti per la vinificazione e delle cantine e per fornire all'edificio la solidità strutturale necessaria; sufficiente ventilazione per favorire la rimozione dei gas prodotti nel processo di fermentazione; bassi livelli di illuminazione.



*Soluzione edilizia su livelli sfalsati*

*Soluzione edilizia su un unico livello*

2

### Il museo virtuale nel palmento e nella cantina

*Materiali e tecniche costruttive della cantina e del palmento del Fegotto*

- Le murature sono realizzate in pietrame calcareo informe e malta di calce e aggregati calcarei. Gli interstizi tra i conci lapidei sono riempiti con schegge di laterizi e minutame lapideo.
- L'intonaco interno è rifinito con uno strato di tonachina.
- La struttura portante il manto di copertura del palmento è realizzata con capriate palladiane, arcarecci e incannucciato. Quella della cantina è realizzata con arcate in muratura, arcarecci e incannucciato. Il manto di copertura è realizzato in coppi e canali.
- La pavimentazione del palmento è realizzata con lastre di pietra pece, quella della cantina è in terra battuta.



*Muratura informe*      *Struttura di copertura del palmento*      *Struttura di copertura della cantina*      *Tonachina*      *Pavimentazione in pietra*      *Terra battuta*

3

### Il museo virtuale nel palmento e nella cantina

Nel palmento, nell'impianto a nord (zona di pigiatura, zona di torchiatura e superfici di passaggio) la pavimentazione è realizzata con lastre bocciardate, non lucidate e antisdrucchiolo, in pietra pece di dimensione circa 40 cm × 40 cm, dello spessore di 3 ÷ 4 centimetri e a bordi grezzi. Nell'impianto a sud, la pavimentazione è realizzata con mattonelle in pietra pece di forma quadrata con lato di circa 38 cm. Le mattonelle sono unite con malta e messe in opera su un sottofondo spianato.



*Pavimentazione in pietra calcarea*      *Pavimentazione in pietra pece*      *Pavimentazione in terra battuta*

*La pavimentazione*

I locali della cantina sono privi di pavimentazione e presentano un suolo in terra battuta che ha il compito di regolare le condizioni termo-igrometriche dell'ambiente. Nel frantoio, la pavimentazione è realizzata in pietra calcarea non lucidata e antisdrucchiolo con elementi di dimensioni 40 cm × 40 cm, a bordi grezzi e dello spessore di circa 3 ÷ 4 cm. La pavimentazione in pietrame calcareo si presenta molto resistente all'usura, sopporta bene i carichi concentrati, resiste agli acidi, non è assorbente ed è facilmente pulibile se lucidata, altrimenti presenta piccole connessure difficili da pulire. In genere, la pietra calcarea e quella pece sono molto dure e poco logorabili ma la pietra pece sembra presentare una migliore conservazione e una maggiore resistenza all'abrasione, un'attitudine superiore a non subire asportazioni superficiali e perforazioni.

4

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*Le coperture*



*Copertura della cantina*

I fabbricati adibiti alla cantina e al palmento presentano corpi di fabbrica con copertura a due falde inclinate e manto in coppi e canali.

Nel caso della cantina la copertura a due falde, con pendenza del 35%, è realizzata tramite arcate a sesto ribassato in muratura dello spessore di 40 cm circa, poste ad interasse di circa 5.85 - 6 m, sulle quali sono impostati gli arcarecci (di dimensioni 10 cm × 10 cm) in tondame, le canne disposte a puntoni e l'incannucciato. I correntini disposti sull'incannucciato consentono il posizionamento del manto in coppi e canali.

La copertura del palmento, con pendenza del 35%, è realizzata con capriate palladiane in legno di abete che, coprendo una luce di 12.30 m circa e disposte a interasse di circa 2.50 m, sono sorrette da mensole agli appoggi e hanno il compito di scaricare il peso sui muri perimetrali della costruzione.

Ortogonalmente ai puntoni sono disposte le terzere (di dimensioni 10 cm × 10 cm), le canne disposte a puntoni, l'incannucciato e i correntini sui quali è posizionato il manto in coppi e canali.

Le capriate sono realizzate da due puntoni, una catena, un monaco e due saette. Le dimensioni degli elementi sono le seguenti:

- Catena: 12.60 m x 0.20 m x 0.18 m
- Puntoni: 6.40 m x 0.20 m x 0.18 m
- Saette: 1.40 m x 0.18 m x 0.18 m
- Monaco: 1.95 m x 0.18 m x 0.18 m

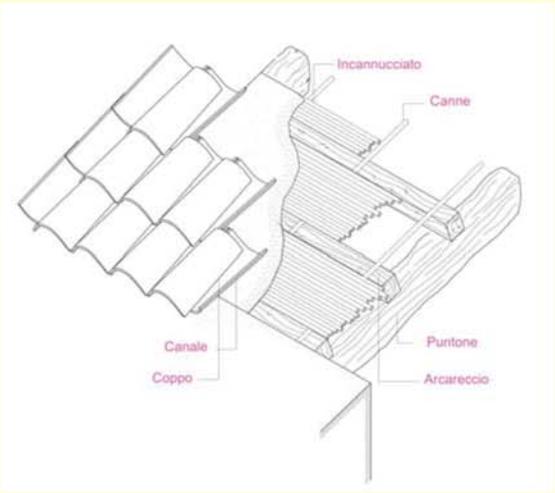


*Copertura del palmento*

5

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La copertura del palmento: particolare*

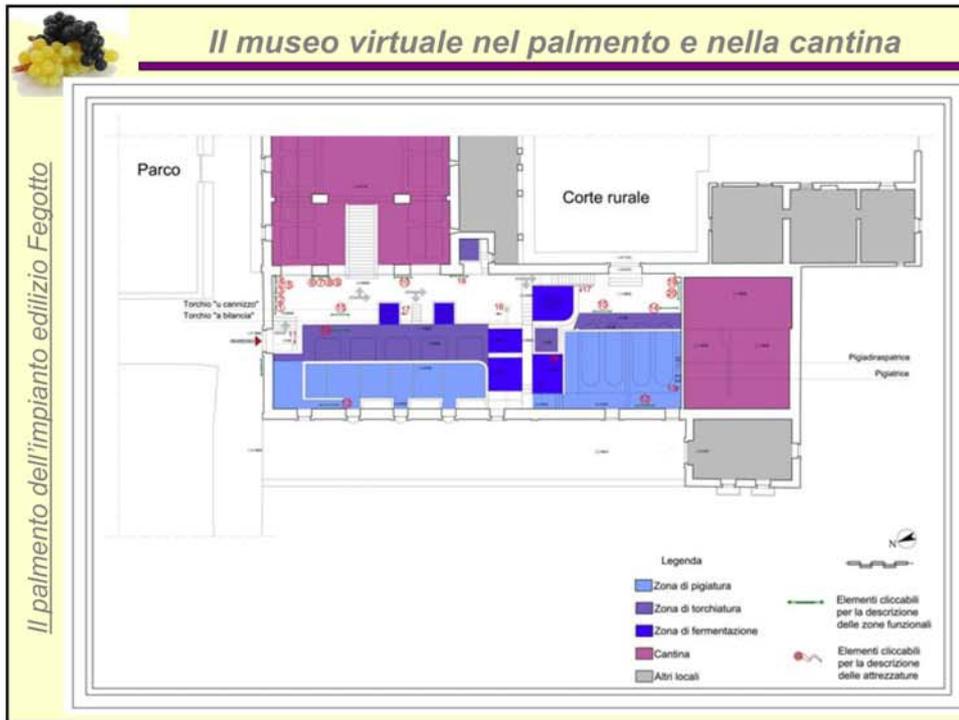


Le tegole in coppi e canali sono a forma di mezzi tronchi di cono di 45 cm di lunghezza. La base maggiore dei coppi presenta un diametro di 17 cm, quella minore di 13 cm. Esse si dispongono in due strati: uno si ottiene collocando le tegole con la concavità rivolta verso l'alto e l'altro, sovrastante al primo, si determina disponendo le tegole con la concavità rivolta verso il basso e la base maggiore in basso; i due strati di tegole si sovrappongono di circa 10-12 cm.

Il manto in coppi e canali viene realizzato con pendenza del 35% circa.

Labels in the diagram: Incannucciato, Canne, Canale, Coppo, Puntone, Arcareccio.

6





9

*La raccolta e il trasporto dell'uva*

*Il museo virtuale nel palmento e nella cantina*

La vendemmia veniva eseguita, in più tempi, man mano che i grappoli giungevano a maturazione. Le usanze prevedevano che si evitasse di raccogliere l'uva bagnata dalla pioggia e dalla rugiada perché queste avrebbero prodotto un mosto diluito con acqua. I grappoli venivano raccolti manualmente con arnesi taglienti evitando accuratamente la caduta a terra degli acini. L'uva veniva trasportata in recipienti fatti di canne di diverse dimensioni, chiamati comunemente "cruveddi" o "canceddi", e nei "cancidduzzi" che venivano appesi alla groppa dei muli o disposti sui carri.

*Raccolta manuale dell'uva*

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → Torchiatura delle vinacce → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

10

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*Il controllo, la selezione e la pesatura dell'uva*



Bilancia per la pesatura

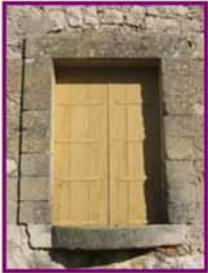
Un cortile provvisto di tettoia e facilmente accessibile dai carri che trasportavano l'uva poteva essere utilizzato per il controllo, la selezione e la pesatura delle uve. L'uva, controllata e pesata, contenuta nelle ceste veniva scaricata da alcune finestre situate in corrispondenza della zona di pigiatura. Nel frantoio del complesso edilizio Fegotto, l'uva era pesata all'ingresso in prossimità del portone di accesso al palmento dal fronte nord tramite una bilancia incassata nella pavimentazione e da qui veniva riportata all'esterno per essere versata sulla pista di pigiatura attraverso apposite finestre situate sul fronte ovest del fabbricato.

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → Torchiatura delle vinacce → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

11

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La pigiatura dell'uva*



Aperture per lo scarico dell'uva

L'uva, riversata sull'area di pigiatura\* attraverso apposite finestre, veniva pigiata a opera di uno o più contadini, i "pamintara" che, attraverso movimenti calibrati e ritmici delle gambe e con l'uso di scarpe bullettate, effettuavano la pigiatura sostenendosi a delle corde attaccate al soffitto. Successivamente, con l'introduzione delle prime pigiadiraspatrici, l'area di pigiatura, inizialmente dimensionata in base alla capacità di lavorazione giornaliera, venne utilizzata per il deposito temporaneo delle uve.



Pista

L'area di pigiatura presentava una pavimentazione in lastre di pietra locale con blocchi squadri e bocciardati. Le canalette e le bocche di sgrondo del mosto erano realizzate in pietra, invece le paratie mobili in legno. Le paratie erano ubicate nel parapetto che delimita la pista di pigiatura e consentivano, o impedivano, il trasferimento del pigiato alle vasche di fermentazione.

\* L'area di pigiatura veniva spesso denominata pista perché presentava una larghezza molto minore della lunghezza.

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → Torchiatura delle vinacce → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

12

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La pigiatura dell'uva*



*La pigiatrice*



*La pigiadiraspatrice*

Le pigiatrici meccaniche azionate a mano erano costituite da una tramoggia che conduceva le uve fra due rulli scanalati di ghisa o di legno duro che ruotavano in senso antiorario schiacciando più o meno fortemente i grappoli e ottenendo un mosto che conteneva raspi e bucce. Questi macchinari erano mobili e potevano essere disposti direttamente sui tini. I modelli di maggiori dimensioni avevano i rulli rivestiti di gomma ed erano muniti di una pompa che convogliava il mosto ai recipienti di fermentazione. Al fine di ottenere un vino armonico, ossia giustamente acido e tannico, venivano impiegate le macchine pigiatrici diraspatriche che eseguivano contemporaneamente la pigiatura e la separazione dei raspi. Queste macchine erano costituite da uno o più cilindri di lamiera forata al cui interno girava un albero dotato di pale elicoidali. Su un telaio metallico era disposto l'apparato diraspante. L'uva, introdotta attraverso una tramoggia, veniva sbattuta contro le pareti del cilindro e dai fori della lamiera defluiva il mosto che era raccolto nella vasca sottostante il cilindro. I raspi passavano in un secondo cilindro concentrico e da qui venivano espulsi. Così si otteneva una rapida e completa pigiatura senza lacerazione dei raspi e con una certa aereazione che favoriva il raffreddamento del mosto e lo sviluppo dei lieviti. Queste macchine erano a cilindri orizzontali e a cilindri verticali e avevano capacità lavorative da 10 q a 400 q al giorno (Cantarelli, 1983). Il mosto pigiato mediante la pigiatrice o la pigiadiraspatrice veniva convogliato nelle vasche dove avveniva la fermentazione.

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → **Pigiatura dell'uva** → Fermentazione del pigiato → Torchiatura delle vinacce → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

13

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La fermentazione del pigiato*

Dopo l'operazione di pigiatura, il pigiato veniva trasferito nelle vasche sottostanti, tini o ricevitori che servivano per la fermentazione tumultuosa del mosto e delle vinacce o, nel caso di vinificazione del vino bianco, erano i luoghi deputati a una parziale decantazione. Il numero dei tini presenti in palmento e la loro capacità complessiva dipendeva dalla durata della fermentazione del mosto che era variabile in relazione al tipo di prodotto che si voleva ottenere e alla quantità giornaliera di uva raccolta.



*Tini lato Sud*



*Particolare di un tino*

I tini di fermentazione venivano realizzati in muratura con finitura in intonaco di calce bastarda e aggregati di pietrame con buone caratteristiche idrauliche. In corrispondenza della zona di fermentazione, appena al di sopra della superficie del mosto, erano disposte delle finestre che favorivano l'allontanamento dell'anidride carbonica prodotta dal processo di fermentazione.

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → **Fermentazione del pigiato** → Torchiatura delle vinacce → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

14

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La torchiatura delle vinacce*



Torchio a bilancia      Torchio a bilancia e torchio "cannizzo"

La zona di torchiatura, molte volte adiacente alle vasche di fermentazione, era costituita da una superficie dimensionata in funzione del tipo di torchio che veniva utilizzato e per consentire spazi di dimensione adeguate per gli operatori addetti alla torchiatura. Spesso, tale ambito funzionale era riconoscibile dall'esterno dell'edificio per la presenza di contrafforti murari in corrispondenza del vincolo a muro della trave del torchio.

La torchiatura nel palmento del complesso edilizio Fegotto era effettuata con il torchio a bilancia e con il torchio "cannizzo".

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → **Torchiatura delle vinacce** → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

15

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La torchiatura delle vinacce*



Il torchio "a bilancia" era realizzato con la trave pressante vincolata nella testa al muro e nella parte centrale a due montanti forati che consentivano l'inserimento di traversine in legno o in ferro, allo scopo di bilanciarla nelle fasi di sollevamento o di abbassamento. All'altra estremità rispetto alla testa, la trave terminava a forcella ed era incastrata ad una vite di legno legata ad un contrappeso in pietra. Le vinacce venivano ammassate sotto un disco di legno posizionato in una vasca localizzata sotto la parte centrale della trave pressante. Esse erano contenute in un cilindro, di circonferenza pari a quella del disco soprastante, alto circa 1,60 m e realizzato con nastri di fibra vegetale che venivano intrecciati a partire dalla base per poi salire progressivamente, con una tecnica che in dialetto siciliano si chiamava "murari u pastuni".

Terminazione a forcella del torchio a bilancia

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → **Torchiatura delle vinacce** → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

16

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La torchiatura delle vinacce*



*Torchio "cannizzo"*

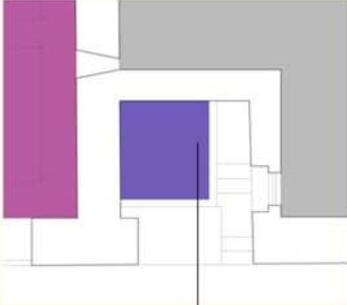
Il torchio costituito da un tino di pressa, denominato "u cannizzo" sostituì negli anni trenta nell'area iblea il torchio a bilancia. Questo strumento era realizzato con doghe di legno discostate tra di loro al fine di consentire la fuoriuscita del vino che veniva raccolto su un basamento in ghisa, in pietra o in legno, dotato di un beccuccio di scolo. Al centro del basamento era collocata una vite di acciaio. Il controdado era costituito da una piastra forata con vite femmina che abbassandosi tramite leve di ferro provocava la fuoriuscita del vino. I torchi presenti nel palmento del complesso edilizio Fegotto erano disposti su un basamento in legno o su un'area rifinita con intonaco di malta bastarda delimitata da un cordolo che impediva la fuoriuscita del vino nelle zone circostanti. Questo tipo di torchio rappresenta l'ultima generazione degli strumenti di pressa manuali che furono progressivamente sostituiti dall'introduzione delle macchine azionate da pompe idrauliche.

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → **Torchiatura delle vinacce** → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

17

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La svinatura*



*Tinello di svinatura*

I tinelli di svinatura o ricevitori, in genere posti sotto quelli di fermentazione e spesso collegati mediante canalette ai locali di conservazione, servivano per la raccolta momentanea del mosto all'atto della svinatura prima della conservazione nelle botti. Possedevano le stesse caratteristiche costruttive dei tini di fermentazione essendo realizzati in muratura e liscati con intonaco di malta bastarda e aggregati aventi buone caratteristiche idrauliche.



*Contenitori per il vino*  
*Contenitori per il travaso del mosto dai tini alle botti o ai tinelli*

Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → Torchiatura delle vinacce → **Svinatura del mosto** → Conservazione del prodotto

18

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

*La conservazione: la cantina*

Il mosto fermentato defluiva dai tini di fermentazioni nelle botti attraverso apposite canalette in pietra disposte nei muri perimetrali della cantina o veniva raccolto dagli operai attraverso i "lannuna", contenitori di latta a forma di parallelepipedo della capacità di 12 litri o attraverso i contenitori "a mezza tina", cioè con tini di legno ottenuti da una botte tagliata a metà.

Le botti, generalmente in legno di castagno, più raramente di quercia o di ciliegio, venivano controllate dagli operai prima di versarvi all'interno il mosto e cementate con della creta qualora presentavano delle falle.

La cantina parzialmente interrata era ben ventilata, con bassi livelli di illuminazione. I muri di grande spessore garantivano il controllo microclimatico e la struttura di copertura consentiva la ventilazione naturale sotto il manto di copertura.

Il dipinto nella navata principale della cantina raffigura il dio Bacco (forse con le sembianze di Don Evangelista Rizza, ex proprietario del complesso edilizio Fegotto) a cavallo di una botte.



Raccolta e trasporto dell'uva → Controllo, selezione e pesatura dell'uva → Pigiatura dell'uva → Fermentazione del pigiato → Torchatura delle vinacce → Svinatura del mosto → Conservazione del prodotto

20

**Il museo virtuale nel palmento e nella cantina**

Le volte presenti nel frantoio e nel palmento sono a crociera su pianta quadrangolare e a botte, a tutto sesto o a sesto ribassato, con o senza lunette, su pianta rettangolare. Sono realizzate in pietra sbalzata ed eseguite con conci giuntati secondo gli stessi principi delle murature e tagliati secondo precise forme a cuneo. La malta, disposta tra i conci lapidei è realizzata con il gesso, quale legante, e presenta spessore minimo compreso tra i 6-8 mm. Essa possiede una funzione statica in quanto contribuisce alla ripartizione delle pressioni tra i conci.

Il rinfianco, riempimento che si dispone nello spazio tra l'estradosso della volta, il piano di calpestio e i muri perimetrali, per un'altezza all'imposta compresa tra 1/2 e 1/3 della montata in adiacenza al muro, è realizzato con rottami di laterizi, vasi di terracotta, gusci vegetali, ecc. Su di esso sono disposti gli elementi necessari alla formazione del piano di calpestio quali il massetto, la malta e la pavimentazione in pietra calcarea o pece.

Fondamentale è l'apparecchiatura delle volte che è la disposizione dei conci della struttura in muratura, la cui scelta è correlata a esigenze di natura statica (trasmissione degli sforzi), geometrica (connessioni degli elementi tra di loro) e realizzativa (economia nell'esecuzione dei sostegni provvisori, economia nel taglio e/o lavorazione degli elementi).

In generale, i tipi di apparecchiature più diffusi sono: a filari longitudinali, a filari trasversali, a spina di pesce, a filari diagonali e ad anelli concentrici.

Nelle *volte a botte* del frantoio e del palmento è stata utilizzata un'apparecchiatura a filari longitudinali, realizzata con l'uso della centina continua disponendo i filari di pietre longitudinalmente alla linea della generatrice.

L'apparecchiatura delle volte composte, ossia delle volte a crociera, delle volte a specchio e a cielo di carrozza è un po' più laboriosa. I conci che appartengono contemporaneamente alle due volte che si intersecano venivano tagliati curando lo sfalsamento dei giunti ed evitando gli angoli acuti. Le *volte a crociera* presenti nel frantoio e nella cantina, il cui lo spessore in chiave è di circa 20 cm, presentano filari normali alle linee di perimetro.



Volta a Botte

Volta a Crociera

Apparecchiatura

Malta di calce

Pavimentazione

Rinfianco

21

## 6 CONCLUSIONI

In questo lavoro è stata descritta una metodologia per la valorizzazione dell'architettura rurale tradizionale attraverso la realizzazione di musei virtuali. Tale metodologia è stata applicata a un caso studio per la realizzazione di un museo virtuale, sui materiali e sulle tecniche di costruzione tradizionali dei locali per la produzione dell'olio e del vino del complesso edilizio Fegotto sito nel territorio di Chiaromonte Gulfi in provincia di Ragusa. Il complesso edilizio, dai caratteri formali e architettonici di notevole pregio, è stato ricostruito virtualmente con estrema cura nei dettagli architettonici e reso navigabile. Inoltre, il tour virtuale compiuto all'esterno dei fabbricati consente l'ingresso ai locali del frantoio e a quelli che ospitano il palmento e la cantina allo scopo di informare il visitatore sul ciclo tradizionale di produzione dell'olio e del vino e sui macchinari utilizzati nelle varie fasi di lavorazione.

In genere, la ricostruzione digitale del patrimonio culturale è effettuata per preservare, proteggere e comunicare. Nel caso del presente lavoro è soprattutto la comunicazione del patrimonio architettonico rurale, delle tradizioni culturali e dei sistemi di produzione utilizzati in passato. I visitatori hanno la possibilità di effettuare una navigazione virtuale in un sito che altrimenti, per distanza spaziale o per mancanza di tempo, non potrebbero visitare e ricevere informazioni sui materiali, sulle tecniche costruttive impiegate negli edifici tradizionali e sul ciclo produzione dell'olio e del vino stando comodamente seduti sulla poltrona di casa.

Si è cercato di rendere attiva e dinamica la navigazione, di rendere partecipe il visitatore, spronandolo a navigare, ad accedere agli ambienti interni e a recepire l'una o l'altra informazione. Inoltre, si è cercato di supportarlo continuamente nella visita affinché esso non si senta disorientato e smarrito nella navigazione.

Il lavoro vuole fornire una metodologia per la realizzazione di una esibizione virtuale incentrata sull'architettura rurale, realizzata con computer dotati di componenti *hardware* mediamente diffusi e con il solo uso dei *software* CAD. Il foto-realismo è stato raggiunto mediante il procedimento di *texture mapping* che si è avvalso delle fotografie dei materiali originali, bilanciate cromaticamente attraverso i dati acquisiti da un rilievo colorimetrico. La scelta della tecnica di ricostruzione degli edifici adoperata nel lavoro è scaturita dal livello di dettaglio che si voleva raggiungere per le finalità dell'esposizione museale.

In conclusione si può affermare che la VR applicata all'edilizia rurale si presenta come un potente mezzo di diffusione della cultura e di promozione dei luoghi a fini turistici. Sarà auspicabile in futuro effettuare uno studio su un campione di visitatori al fine di modificare e migliorare le caratteristiche del tour virtuale.

Il lavoro può essere completato con la ricostruzione di un DSM del territorio annesso alla masseria per l'illustrazione delle produzioni del Feudo e con la modellazione degli interni degli altri locali presenti nel complesso edilizio (la scuola, le stalle, il locale per la produzione del formaggio, del pane, il piano signorile della casa padronale con tutte le suppellettili, ecc.) per l'illustrazione delle altre attività rurali.

Inoltre, la coniugazione con altre tecnologie quali Web 3D e applicazioni di AR potrebbe rendere ancora più interessante e coinvolgente il tour. Infatti, la metodologia in questo studio potrebbe essere applicata ai vari complessi edilizi presenti nel territorio dell'altopiano Ibleo, dotati di caratteristiche architettoniche di notevole pregio, al fine di generare un Gis sull'architettura rurale iblea che consenta di combinare i sistemi per la gestione e la visualizzazione di dati spaziali con applicazioni di realtà virtuale. In tal modo, si potrebbe creare un collegamento tra l'effetto informativo del GIS e quello immersivo dell'esplorazione. Il Web poi, quale contenitore di informazioni, potrebbe consentire la diffusione dei risultati del lavoro.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2001. Manuale del restauro architettonico, Mancosu editore, Roma.
- Acquaviva R., 1995. Palmenti e frantoi in Sicilia”, in particolare dell’area dei Monti Iblei, Zangara stampa Editore, Siracusa.
- Adamo Villani, N., Johnson , E., Penrod, T. 2009. Virtual Reality on the Web: the 21st Century World project, Research, Proc. of m-ICTE 2009 -V Int. Conf. on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education, Lisbona, pp.622-626.
- Agosteo G.E., 2008. La manifattura dell’olio d’oliva in Sicilia: dalla raccolta delle olive all’estrazione dell’olio in Magnano Di San Lio G., Caruso T., La Sicilia dell’olio, Giuseppe Maimone Editore, Catania, pp. 135-177.
- Ahuja G., Kogut. G., Pacis, E.B., Sights, B., Fellars, D., Everett, H.R. 2007. Layered Augmented Virtuality, 13th IASTED Interational Conference on Robotics & Applications, Würzburg, Germany, 258-263.
- ArmettaV., 2009. La geomatica nei beni culturali: la fotogrammetria digitale terrestre per la modellazione tridimensionale. Tesi di dottorato di ricerca in Scienze Geodetiche e Topografiche - DIRAP – Università degli Studi di Palermo.
- Balletti C., Guerra F., 2005. Modelli 3D mutiscale per l’architettura e l’archeologia. Atti della 9<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA- Catania, 15-18 Novembre.
- Barnobi L, Colaioacono L, Andreozzi L, 2005. Three-dimensional digital models for architecture’s documentation: Badia di S.Agata in Catania. Atti della 9<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA- Catania, 15-18 Novembre.
- Beca E., 2005. Panoramic views in virtual Sarajevo, Atti del Convegno CESC GC.
- Bertacchini, P.A., Bilotta, E., Di Bianco, E., Di Blasi, G., Pantano, P., 2006. Virtual Museum Net. Edutainment 2006 International Conference on E-learning and Games. Zhejiang University, Hangzhou, China, in Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, (Z. Pan, R. Aylett, H. Diener, X. Jin, S. Gobel, L. Li eds.) Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3942, 1321-1330, Springer-Verlag, 1321- 1330.
- Bitelli G., 2002. Moderne tecniche e strumentazioni per il rilievo dei Beni Culturali. Atti della 6<sup>o</sup> Conferenza Nazionale ASITA, Perugia.
- Bonis, B., Stamos. J., Vosinakis, S., Andreou, I., Panayiotopoulos, T., 2009. A platform for virtual museums with personalized conten, Multimed Tools Appl 42, 139-159.
- Bornaz L., Porporato C., Rinaudo F., 2005. Il rilevamento di reperti archeologici. Atti della 9<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA- Catania, 15-18 Novembre.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M.L., Mancuso, S., Muzzuppa, M. 2010. From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. Journal of Cultural Heritage 11, 42-49.
- Caleca L, De Vecchi A., Imbardone P., Profeta G., 1987. Tecniche costruttive e cantiere per il recupero edilizio: Volte in muratura, CO.GRA.S, Palermo.
- Caleca L., 2000. Architettura tecnica, Dario Flaccovio Editore s.r.l., Palermo.
- Campbell, D.A., 2000. Architectural construction documents on the Web: VRML as a case study. Automation in contruction, 129-138.
- Cantarelli C., 1983. Principi di tecnologia delle industrie agrarie. Edizioni Agricole. Bologna.
- Carlucci, R. 2000. Archeoguide: Un sistema di fruizione per siti storici basato sulla”Augmented Reality”, Geomedia 4, 4-10.

- Cascone G., Di Fazio S., Pennisi P. 1997. Edificios protoindustriales para la producciòn de vino en Sicilia. Los Palmentos y las bodegas del Etna desde el S. XVII al XIX. De la Construcción, vol. 49, n. 450, pp. 61-75.
- Cascone G., Lanteri P. 1990. Analisi progettuale degli edifici per la produzione dell'olio d'oliva in Sicilia, *Tecnica Agricola*, n.2, pp. 5-30.
- Cascone G., Porto S. M. C., Leanza P.M., 2009. L'interpretazione del patrimonio architettonico rurale. Un caso studio per la valorizzazione turistica dell'area Iblea. IX Convegno nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, 12-16 settembre, Ischia Porto.
- Cascone S., 2000. *Le finestre di Catania: Materiali e tecniche costruttive della tradizione Siciliana*, Gangemi editore, Roma.
- Cassar S, 2006. Le miniere di asfalto del ragusano: dallo sfruttamento industriale a un'ipotesi di valorizzazione alternativa a fini turistico- culturali. XIII International congress 2006 TICCIIH, The International comitee for the conservation of the industrial heritage. 14-18 Settembre, Terni.
- Castellano A., 1986. *La casa rurale in Italia*. Electa, Milano.
- Caterina G.; 1989. *Tecnologia del recupero edilizio*; Utet, Torino.
- Contraffatto, S., Di Fazio, S., 1996. Attrezzature museali per l'architettura e la civiltà rurale: storia e progettazione. *Genio rurale* 9, 19-34.
- Ch'ng, E. 2009. Experiential archeology: Is virtual time travel possible? *Journal of Cultural Heritage* 10, 458-470.
- Chan, K.W., Mauborgne, R., 2005. *A estratègias do Oceano Azul*. Trad.: Alfonso Celso de Cunha Serra. Harvard Business School Publishing Corporation, Rio de Janeiro, Elsevier Ed.
- Chen, S., Williams, L., 1993. View interpolation for image synthesis. *Computer Graphics*, 279-288.
- Conforti Andreoli, D., Pinto, L., 2004. Il *texture mapping* del Battistero di Cremona ottenuto con riprese fotogrammetriche digitali e laser scanner terrestre. *Atti del convegno Earcom*.
- D'Amelio S., Emmolo D., Lo Brutto M., Orlando P., Villa B., 2005. Sperimentazione di tecniche 3D per il rilevamento di beni culturali. *Atti della 9ª Conferenza Nazionale ASITA-Catania*, 15-18 Novembre. Pp. 853-854.
- Denti M., Pisanu M., Barra M., 1994. Stato attuale e prospettive di recupero di vecchi oleifici nel Montiferru, in Sardegna. IV seminario della seconda sezione tecnica dell'AIGC, Il recupero dell'edilizia rurale nel contesto territoriale 3, Sassari.
- Di Fazio S., 2008. I frantoi storici e tradizionali: aspetti funzionali e tecnico-costruttivi dei fabbricati, in: Magnano Di San Lio G., Caruso T., *La Sicilia dell'olio*, Giuseppe Maimone Editore, Catania, pp. 179-217.
- Di Fazio S., Barreca F, 2007. La progettazione delle cantine tra innovazione e recupero: tendenze attuali e realizzazioni, *Prospettive Di Innovazione Per Il Potenziamento Del Comparto Viti-vinicolo Calabrese*, Kalit, Lamezia Terme (cz) (ITA), pp. 195-216.
- Döllner, J., Kolbe, T.H., Liecke, F., Sgouros, T., Teichmann, K., 2006. The virtual 3d city model of berlin - managing, integrating and communicating complex urban information. *Proceeding of the 25 th International Symposium on Urban Data Management UDMS 2006* in Aalborg, Danimarca.
- Failla A., Di Fazio S., Porto S. M. C., 2005. "Conoscenza e recupero del patrimonio architettonico rurale il Sicilia", *Tecnica agricola* 4, 17-52.

- Failla A., Nicolosi Asmundo, 1984. Impianti enologici tradizionali ed esigenze di rinnovamento nel comprensorio etneo. *Genio Rurale* 47.
- Failla A., Tomaselli G., Celeschi M. 1997. I frantoi per la produzione di olio di oliva: analisi di sistemi edilizi esistenti in aree marginali finalizzata allo studio di soluzioni tipologiche appropriate. Atti del VI Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria A.I.I.A. su: "Edilizia agricola e territorio", Ancona, vol.2, pp. 495-505.
- Felicetti, R., 2008. Strumenti inediti per l'analisi del degrado nelle strutture in calcestruzzo armato. Estratto dagli atti del 17° Congresso C.T.E, 5-7 Novembre, Roma.
- Faiffer C., 2000. La conservazione delle superfici intonacate. Il metodo e le tecniche. Skira editore, Milano.
- Fianchino C., 1988. Le pietre nell'architettura, I.D.A.U., Arti grafiche S. Corrado S.A.S., Noto.
- Fichera C.R., Di Fazio S., Bonomo G., 2001. La valorizzazione degli antichi fabbricati per la produzione dell'olio di oliva nell'ambito di programmi per la fruizione integrata del territorio rurale in Calabria, in *RURALIA*, Politiche di sostegno per il recupero dell'architettura rurale, Esperienze di programmazione e applicazione a cura di Agostini S., Guercini S., Marchiori G., Serra A.
- Fichera C.R., Tomaselli G., 1995. Il recupero strutturale e funzionale dei fabbricati rurali- Un'ipotesi metodologica applicata ad un'area campione, *Genio Rurale* 11, 39-46.
- Forte, M., Franzoni M., 1998. Il museo virtuale: comunicazione e metafore, in *Sistemi Intelligenti* 2, 194.
- Gabellone, F., 2009. Ancient contexts and virtual reality: From reconstructive study to the construction of knowledge models. *Journal of Cultural Heritage* 10S, e112-e117.
- García, L., Hernández, J., Ayuga, F., 2003. Analysis of the exterior colour of agroindustrial buildings: a computer aided approach to landscape integration. *Journal of Environmental Management*, 69(1), 94-103.
- Giorgianni M., *La pietra vissuta, Il paesaggio degli Iblei.*, Ed. Sellerio, Palermo, 1978.
- Girelli, V.A., 2007. Tecniche digitali per il rilievo, la modellazione tridimensionale e la rappresentazione nel campo dei Beni Culturali, Tesi di Dottorato in Scienze Geodetiche e Topografiche, Bologna.
- Gómez, L.A., Lemos, D., De Souza, A.C., Speck-Eng, H.J., 2000. Virtual reality in the teaching of the technical drawing. *Education resources information center*.
- Gurrieri F., Belli G., 1994. *La casa colonica in Italia*, Ponte delle Grazie S.p.a., Firenze.
- ICOM- International Council of Museums. <http://icom.museum/>.
- Jeginovic S., 2004. Interactive 3D models-From 3DS Max to VRML. *CESCG*.
- Jiangjian X, Mubarak S, 2004. Tri-view morphing. *Computer vision and image understanding* 96, 354-366.
- Lauretta N., 1999. *Fegotto:Terra di Baroni*, Documenta Editrice, Palermo.
- Lepouras, G., Katifori, A., Vasillakis, C., Charitos, D., 2004. Real exhibitions in a virtual museum, *Virtual reality* 7, 120-128.
- Lepouras, G., Vasillakis, C., 2005. Virtual museums for all: employing game technology for edutainment. *Virtual Reality* 8, 96-106.
- Lippi, 1990. *Masserie e vecchi manieri nel siracusano*, Arnaldo Lombardi Editore, Istituto editoriale in Sicilia.

- Magnano di San Lio E., 2005. Le architetture del vino in: Barresi S., Foti S., Gabbinelli A., Iachello E., Magnano di San Lio. La Sicilia del vino. Giuseppe Maimone Editore, Catania.
- Mambriani A., Zappavigna P., 2007. Edilizia rurale e territorio. Analisi, metodi e progetti. Mattioli.
- Mania, K., Robinson, A. 2005. An experimental exploration of relationship between subjective impressions of illumination and physical fidelity. *Computer and Graphic* 29, 49-56.
- Margani L., 2006. Le Murature Antiche e i principi di forma, geometria, decorazione, costruzione, stabilità, Documenti e quaderni del dipartimento di Architettura e Urbanistica, Edizioni Lussografica, Caltanissetta.
- Margani L., Salemi A., 1988. Materiali e tecniche costruttive della tradizione siciliana, tre studi su Catania, Documento DAU n°16, Idonea Giovanni Litografo, Catania.
- Margani L., Salemi A., 1989. Materiali e tecniche costruttive della tradizione siciliana/2. Gli infissi esterni del Centro Storico di Catania, Documenti DAU n°2, Catania.
- Milella O., 1992. Torri e Masserie nel giardino Mediterraneo, Gangemi Editore, Roma.
- Milgram P, Colquhoun H., 1999. A taxonomy of real and virtual world display integration. Ohta Y, Tamura H eds. *Mixed Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. Ohmsha Ltd and Springer-Verlag.
- Milgram P, Kishino F., 1994a. "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," *IEICE Transactions on Information Systems, Special Issue on Networked Reality*, Vol. E77-D (12).
- Milgram, P., Kishino, F., 1994b. "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-virtuality Continuum." *SPIE Proc. 2351: Telemanipulator and Telepresence Technologies*.
- Mok Oh, B., Chen, M., Dorsey, J., Durand, F., 2001. Image-based modeling and photo editing, *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 433-442.
- Mourkoussis, N., White, M., Patel, M., Chmielewski, J., Walczak, K., 2003. AMS: metadata for cultural exhibitions using virtual reality. In: *DC-2003, Processing of the International DCMI Metadata Conference and Workshop*. University of Washington, Information School, Seattle, Washington, USA, pp.135-144.
- Muratore O., 2010. Il colore dell'architettura storica. Un tema di restauro. Alinea Editore. Firenze.
- Noh, Z., Shahrizal Sunar, M., Pan, Z. 2009. A review on augmented reality for virtual heritage system. *Edutainment*, 50-61.
- Normal 43/93. Misure colorimetriche di superfici opache. CNR-ICR. 1994.
- Oliveira M.M., Bishop, G., McAllister, D., 2000. Relief texture mapping. *Siggraph200*. 1-10.
- Pacheco Telma T.C., 2009. Architecture as cognitive and interactive factor on virtual museums, Marta Olivetti Belardinelli and Springer-Verlag. Abstract.
- Palumbo G., 1991. Le residenze di campagna nel versante orientale dell'Etna, *Quaderni Dau*, 6, Catania.
- Paravizzini Dierna G., 2007. Ricordi del tempo perduto. Coop. C.D.B. Ragusa.
- Passuelo A., Da Silva Pinto, C., 2004. Il calcestruzzo bianco da preservare nel tempo. *Enco Journal* n.27, 11-16.
- Pecora A. 1973. Gli iblei in *Alleruzzo Di Maggio M.T., Formica C., Fornaro A., Gambino J.C., Pecora A., Ursino G., 1973. La casa rurale nella Sicilia orientale*, Olschki editore, Firenze.
- Pellegrino L., 2008. Dalla masseria alla villa – trasformazioni territoriali nell'altopiano ragusano durante il secondo XIX, *Officine tipografiche Aiello e Provenzano, Bagheria*.

- Peripimeno M. 2006. Sperimentazione di tecniche 3D laser scanning in archeologia: l'esperienza senese, in Campana S., Francovich R., Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali 1, atti del convegno, 3 marzo 2005 Grosseto, All'Insegna del Giglio, Firenze, pp.143-158.
- Pescarin S., Guidazzoli A., Mauri M., Bonfigli M.E., Forte M., 2007. Bologna in età Romana dal GIS alla Realtà Virtuale. *Journal of Intercultural and Interdisciplinary Archeology*.
- Pescarin, S., Palombini, A., Calori, L., Negri, A., 2009. Ambienti collaborativi 3D. Il caso di Virtual Rome. *Archeologia e Calcolatori Supplemento 2*, 121-130.
- Riva M., *Approfondimenti: il colore degli alimenti e la sua misurazione*. Dal sito web dell'Università di Milano: <http://users.unimi.it>.
- Sadowski, W., Stanley, K. 2002. Presence in a virtual environments. In: Stanney, K.M. (Ed.), *Handbook of virtual Environment: Design, Implementation and Application*. Lawrence Erlbaum Associates Inc., Mahwah, NJ, pp.791-806.
- Santopuoli N. 2000. Intonaci e coloriture per il centro storico, dossier 2/2000 di Paesaggio Urbano, Maggioli editore, Rimini.
- Sasso, L., Codato G., Franco, E., 2007. Dagli archivi di paesaggi a possibili musei virtuali. *Acque, fiumi, paesaggi. Chiavi di lettura, ambiti di ricerca, esperienze 7*, 38-45.
- Sdegno A., 2004. Modelli di luce artificiale. Immagini digitali e modellistica laser per la rappresentazione dell'architettura, in E.S. Malinverni (a cura di), *E-ArCom 04. Tecnologie per comunicare l'architettura*, Ancona 2004, atti del Convegno, pp. 523-528.
- Shum H.-Y., Ng K.T., Chan, S.C., 2000. Virtual Reality Using The Concentric Mosaic: Construction, Rendering And Data Compression, *IEEE International conference of the image processing*, 644-647.
- Spano B., 1970. La masseria meridionale, in Barbieri G., Gembi L., 1970. *La casa rurale in Italia*, L.S. Olschki, Firenze.
- Stambouloglou E., Shan, J., 2002. Building Modeling and visualization for urban environment. *Symposium sur la théorie, les traitements et les applications del données Géospatiales*. Ottawa.
- Straforrello G., 1893. *La Patria, Geografia d'Italia: La Sicilia*. UTET Torino.
- Sylaiou, S., Mania, K., Karoulis, A., White M. 2010. Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum. *International Journal of Human-Computer Studies* 68, 243-253.
- Tazioli R., 2007. Il rilievo architettonico e le misure colore per il restauro dell'edilizia storica. Dal sito Web <http://www.studiocentauro.com>.
- Tiralongo P., 1998. *Pietra su pietra. Architettura in pietra a secco degli Iblei*. Arnaldo Lombardi editore, Palermo.
- Tsichritzis, D., Gibbs, S., 1991. Virtual museums and virtual realities. *Proc.of International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums*, pp.17-25.
- Uni 7823/78. Determinazione del colore di una superficie piana. Metodo per riflessione.
- Uni 7948/87. Colorimetria. Termini e definizioni.
- Uni 8813/86. Sistema di specificazione del colore.
- Uni 8941-1/87. Superfici colorate. Colorimetria. Principi.
- Uni 8941-2/87. Superfici colorate. Colorimetria. Misura del colore.
- Uni 8941-3/87. Superfici colorate. Colorimetria. Calcolo di differenze di colore.

- Uni 9000/88. Colorimetria. Calcolo di differenze di colore. Formula Unilab.
- Valussi G., 1968. La casa rurale nella Sicilia occidentale. Olschki editore, Firenze.
- Vento M., 2000. Bagli di Sicilia: dall'antichità ad oggi, editoriale siciliana informazioni, Trapani.
- Vishal V., Ekta W., 2010. 3D rendering- Technique e challenges. International journal of Engineering and technology 2 (2), 29-33.
- Visintini D., Fico B., Spangher A., 2006. La rappresentazione 3D del patrimonio architettonico-urbanistico mediante fusione di dati laser, fotogrammetrici ed elaborati di rilievo diretto, Atti 10a Conferenza nazionale ASITA, Bolzano.
- Voltolini, F., Remondino F., Pontin, M., Girardi S., Rizzi, A., Gonzo, L., 2007. Integrazione di fotogrammetria e laser scanner per la documentazione di Beni culturali. VII Convegno Mimos Movimento Italiano Modellazione e Simulazione, Roma.
- Wang, X., Chen, R., 2008. An Empirical Study on Augmented Virtuality Space for Tele-Inspection of Built Environments, Tsinghua Science and Technology 13 (s1), 286-291.
- White, M., Petridis, P., Liarokapis, F., Plecinckx, D. 2007. Multilodal mixed reality interfaces for visualizing digital heritage. International Journal of Architectural Computing 5 (2), 322-337.
- Wojciechowski, R., Walczak, K., White M., Cellary W. 2004. Building virtual and Augmented Reality museum exhibitions. Association for Computing Machinery, 135-187.
- Zanuttigh, P., Cortelazzo G.M., 2009. Compression of depth information for 3D rendering, in: Proc. 3DTV Conference, pp. 1-4.
- Zara, J., Bedřich Beneš, Ruiz Rodarte, R., 2004. Virtual Campeche: A Web Based Virtual Three-Dimensional Tour. Proceedings of the Fifth Mexican International Conference in Computer Science (ENC'04).
- Zhang, J.P., Yang, Y.H. 2009. Design and Implementation of Virtual Museum Based on Web3D, Transactions on Edutainment III, LNCS 5940, 154-165.
- Zhou, N.N., Long Deng, Y. 2009. Virtuale reality: A state of the Art Survey, International journal of Automation and Computing 6 (4), 319-325.
- Zhouchen, L., Heung-Yeung, S., 2002. A geometric analysis of light field rendering. International journal of computer vision 58 (2), 121-138.

## APPENDICE

### I MATERIALI DA COSTRUZIONE

#### La pietra pece

L'altopiano su cui si estende il territorio di Ragusa è caratterizzato dalla diffusa presenza di rocce asfaltiche o pietra pece creatasi dalle spinte telluriche che, avvenute in epoche remote, provocarono la risalita degli idrocarburi e il loro progressivo assorbimento nei sedimenti calcarei.

La pietra pece è un materiale che, carico di significati simbolici, provoca piacevoli sensazioni tattili, visive e olfattive. Il diverso colore assunto dalle rocce asfaltiche dipende dalla percentuale di bitume in esse contenuto. Tuttavia il colore bruno caratteristico di questo tipo di rocce non è riscontrabile negli strati più superficiali a contatto con la luce e l'aria poiché negli strati superficiali il bitume tende a ritirarsi facendo riassumere alle rocce l'originario colore bianco del calcare.

Le rocce asfaltiche sono costituite da calcare bituminoso formato da calcareniti alternati a calciruditi.

Nella pratica costruttiva vengono distinte due diverse varietà di calcare bituminoso a seconda della maggiore o minore impregnazione di bitume che solitamente può variare dal 10% al 4÷5%. La loro coltivazione può avvenire in galleria oppure a cielo aperto. Quella in galleria viene eseguita con il metodo dei "pilastrini abbandonati"<sup>112</sup>, invece l'estrazione nelle cave a cielo aperto si effettua, dopo avere avviato uno sbancamento totale, con la creazione di gradoni che si sviluppano con un andamento ad anfiteatro. In entrambi i casi la roccia viene abbattuta con mine di esplosivo.

L'estrazione ha luogo nella provincia di Ragusa, maggiormente nel territorio comunale e nelle frazioni immediatamente a sud del capoluogo di provincia.

Attualmente la pietra pece, levigata, è impiegata per le pavimentazioni, le scale interne, i rivestimenti interni e per la realizzazione di ripiani di cucine e di bagni. Ma questo materiale lapideo viene utilizzato prevalentemente per lavorazioni industriali, per la realizzazione di mattonelle di asfalto, per pavimentazioni stradali urbane e bitumazione o catramatura di fondi stradali extraurbani. Per usi ornamentali, come pietra da taglio, è stata utilizzata da secoli per la pavimentazione di chiese e abitazioni a uso civile, scale, balconi decorazioni di altari e pietre sepolcrali.

Attualmente la pietra pece viene commercializzata con le seguenti dimensioni (in cm): 30 × 30 - 30,5 × 30,5 - 30 × 60 - 30,5 × 61 - 30 × 90 - 30,5 × 91,5 - 40 × 40 - 50 × 50 - 60 × 60 - 61 × 61 e con i seguenti spessori in cm: 1,5 - 2 - 3.

Le caratteristiche della pietra pece sono le seguenti:

- variazione cromatica dal nero al marroncino opaco e frammenti fossili di colore chiaro;
- insufficiente gelività cromatica esterna;
- buona durezza fisica esterna;
- ottima durezza fisica interna;
- ottima gelività cromatica interna;
- lavorazione artigianale con tagli paralleli ai piani di sedimentazione;
- facile recupero cromatico con trattamento a base di olio minerale;
- per la presenza di bitume si presta all'utilizzo in ambienti umidi.
- non è soggetta al fenomeno dello sgretolamento.

---

<sup>112</sup> Il banco di calcare veniva sostenuto da esili pilastrini che venivano fatti crollare determinando la rottura e l'estrazione del materiale.

**Pietra pece tipo “zoccolo”:**

La qualità di pietra pece, caratterizzata da una minore impregnazione di bitume, viene chiamata, con il termine prettamente locale, “Zoccolo”.

Questa varietà si presenta molto dura ed era usata maggiormente per la realizzazione di gradini e balatoni. Data la minore impregnazione di bitume e la forte percentuale di calcare, gli attrezzi e il processo di lavorazione somigliano molto a quelli utilizzati nel calcare tenero. La sua coltivazione in cava avveniva fino a qualche tempo fa (ormai non viene più estratto per l'attività costruttiva tranne che per piccole quantità su richiesta) con le stesse modalità di taglio del calcare tenero.

a) CARATTERISTICHE MINERALOGICHE-PETROGRAFICHE E DESCRIZIONE MICROSCOPICA<sup>113</sup>:

Biocalcarenite con elementi arrotondati bioclasti a grana medio-grossolana legati da cemento spatico microcristallino. Porosità elevata. Colorazione ocrea per ossidazione dell'impalcatura. Composizione di carbonato di calcio pari a 95.1%.

b) CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE:

- Imbibizione per immersione: 10.4%;
- Imbibizione per capillarità: 7.1%;
- Peso specifico apparente: 1948 Kg/m<sup>3</sup>;
- Porosità: 22.7%;
- Resistenza a compressione: 161 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a saturazione: 101 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a flessione: 34.4 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Pietra pede tipo ‘pece’:**

La seconda varietà di pietra pece è caratterizzata da una minore impregnazione di bitume rispetto al tipo “zoccolo” e viene chiamata semplicemente “Pece”. Il materiale lapideo si presenta più resistente all'usura e viene tuttora usato per la realizzazione di pavimentazioni. La sua coltivazione, come pietra da taglio per costruzione, è del tutto trascurabile rispetto alla coltivazione per produzione industriale di mattonelle di asfalto compresso, per pavimentazioni stradali o per distillazione del bitume.

c) CARATTERISTICHE MINERALOGICHE-PETROGRAFICHE E DESCRIZIONE MICROSCOPICA:

Biocalcarenite con roccia alternata a grana arenacea media con processi avanzati di ricristallizzazione. Porosità media e colorazione ambrata. Composizione di carbonato di calcio pari a 32.3% per la maggiore presenza di bitume.

d) CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE:

- Imbibizione per immersione: 0.9%;
- Imbibizione per capillarità: 0.01%;
- Peso specifico apparente: 1980 Kg/m<sup>3</sup>;
- Porosità: n.r.;
- Resistenza a compressione: 129 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a saturazione: 105 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a flessione: 81.9 Kg/cm<sup>2</sup>.

---

<sup>113</sup> Caratteristiche mineralogiche-petrografiche e fisiche-meccaniche tratte da “Le pietre nell' Architettura”, C.Fianchino, documento idau n°15, arti grafiche S.Corrado S.a.S, Noto, 1988.

### *Estrazione della roccia asphaltica*

Le prime testimonianze della lavorazione dell'asfalto risalgono a epoche pre-elleniche, in alcuni sarcofagi ritrovati in contrada Tabuna, periferia sud della città di Ragusa. Manufatti antichi e preziose opere artistiche sono state realizzate in epoche passate in pietra pece: il fonte battesimale conservato nella Chiesa di San Tommaso a Ibla datato 1545; i capitelli delle due cattedrali, di San Giorgio e di San Giovanni; lo scalone della Chiesa dell'Immacolata a Ibla; la lastra tombale, verosimilmente cinquecentesca, di un anonimo aristocratico ibleo (Cassar, 2006).

Le pregevoli qualità della roccia asphaltica dell'altopiano ibleo cominciarono a essere meglio apprezzate a partire dalla prima metà dell'Ottocento (testimonianze sulla lavorazione della roccia bituminosa ci sono pervenute dal geologo Deodat de Dolomieu e del francese Jean Houel fin dagli inizi dell'800) per la possibilità di estrarre derivati collocabili in ambito internazionale. In quegli anni, tre soldati svizzeri chiesero al Borbone la liberatoria per lo sfruttamento di un primo giacimento ma la venalità del sovrano che chiese altissime tasse per l'estrazione del minerale (il 10% degli utili) fece fallire l'affare. Da allora furono in tanti gli imprenditori, gli speculatori, gli scienziati che si interessarono alla particolare pietra che, se riscaldata (bastava il sole di una giornata d'estate), oltre a esalare un particolare profumo, diventa malleabile per tornare dura appena la temperatura si abbassa.

La roccia interessava sia per l'uso in edilizia che se ne era fatto fino a quel momento ma, soprattutto, per le possibilità di estrarre gli idrocarburi, quindi per la produzione di lubrificante e carburante e per la bitumazione delle strade che fino allora erano in terra o in lastre di pietra. Così, intorno al 1841, si riversarono nei territori diverse società straniere, interessate tutte all'estrazione della roccia asphaltica, quali: le inglesi "Val de Travers Asphalte Paving Co. Ltd.", "United Limmer & Worwohle Rock Asphalte Co. Ltd." e "Henry and Benjamin Aveline", e la francese "Compagnie Générale des Asphalte de France".

Le quattro compagnie si spartirono i trecento ettari scarsi dei giacimenti asfaltiferi di Tabuna, Cortolillo, Sdirrubato, Petrulli, Volpe e Pennente che erano realizzati in terreni venduti dai massari alle differenti società straniere perché ritenuti non adatti al solo pascolo brado.

Le compagnie impiegarono migliaia e migliaia di lavoratori (picconieri, minatori, ragazzini che in altre miniere siciliane si chiamavano "carusi", carrettieri e sorveglianti) per estrarre da cave e miniere tonnellate di roccia destinata alle varie nazioni europee.

Un vero e proprio processo industriale moderno vide la luce, negli ultimi anni dell'800, in contrada Castelluccio-Streppenosa (a metà strada esatta tra Ragusa e Scicli, sulla sponda sinistra dell'Irminio) per opera di due aziende tedesche, la Heinrich Kopp e la Weiss und Freitag che, per bitumare le strade del Reich, pensarono di utilizzare l'asfalto ibleo, migliore rispetto a quello estratto nelle miniere di Limmer e in quelle abruzzesi.

Allo scoppio della Prima Guerra Mondiale, i possedimenti dei tedeschi vennero requisiti per essere dati in concessione a una azienda italiana che si stava impegnando per tentare di fronteggiare il crescente fabbisogno nazionale di combustibili e di oli lubrificanti: la ABCD, acronimo per Asfalti Bitumi Combustibili liquidi e Derivati. La pietra pece estratta dalla ABCD veniva trasportata a Roma e qui una macchina raffinava il bitume grezzo estratto dall'asfalto per farne benzina.

La guerra costrinse gli impianti a regime minimo e in quegli anni la regione siciliana strinse un accordo con la società Calce e Cementi di Segni, del Gruppo Bombrini-Parodi-Delfino. La società rilevò tutti gli impianti, le cave e le miniere dell'ABCD e si impegnò in una totale e radicale trasformazione. L'asfalto veniva estratto per essere lavorato come prima e il bitume veniva utilizzato anche come combustibile di un alto forno. Il calcare privo di bitume era utilizzato per farne il cemento pozzolanico venduto nel Mediterraneo e in Giappone.

Nel 1953 il ciclo subì un miglioramento grazie a un accordo tra la Bombrini-Parodi-Delfino e la Gulf Italia per lo sfruttamento del petrolio e, nel 1968, la società venne ceduta all'ANIC del Gruppo ENI che garantì gli stessi livelli occupazionali e gli stessi investimenti, ma solo per un decennio circa fino a quando la pietra pece non venne più lavorata.

Si chiudeva così un'epoca con la conseguente decadenza degli stabilimenti e delle lavorazioni che forse solo adesso sembrerebbe avere invertito la tendenza, con l'intervento di alcuni pri-

vati e di illuminati progettisti che la utilizzano per i lavori di restauro e per le nuove edificazioni.

### **5.10.2 La pietra calcarea dura**

Il territorio del ragusano è costituito da altopiani calcarei. Il calcare degli iblei, per durezza e per compattezza, è di natura impermeabile e le acque pluviali non assorbite scendono seguendo delle linee di pendenza preferenziali, scavando dei solchi che, col passare del tempo, diventano sempre più profondi.

Tale materiale lapideo è stato utilizzato in passato per elementi di zoccolatura, per basamenti, per pavimentazioni esterne, per cantonali, per gradini e per tutti quegli elementi che non richiedevano una lavorazione molto sagomata data la sua durezza.

L'introduzione di moderne macchie per la lavorazione delle pietre ne ha ampliato il campo di utilizzo che adesso spazia da elementi progettati per l'arredo urbano quali panchine, fittoni, fioriere ecc. al rivestimento di facciate, semplici e ventilate; da complesse balastrate in stile a fantasiose pavimentazioni a intarsio in combinazione con altre pietre naturali fino ai complementi di arredo interno agli edifici.

La lavorazione viene effettuata utilizzando piani orizzontali di divisione e tagliando in verticale i pezzi di ciascuno strato, i quali venivano spostati e manovrati, in passato, attraverso delle leve. Infatti prima dell'uso delle pale meccaniche per il sollevamento e la movimentazione delle "balate" di pietra, gli scalpellini utilizzavano le leve e lavoravano la pietra direttamente in aperta campagna. Essi realizzavano degli opportuni fori dove venivano allocati dei cunei che a loro volta venivano battuti con mazze fino a ottenere una spaccatura del masso lungo il loro piano di allineamento. Effettuata la spicconatura, il pezzo veniva sollevato attraverso leve e poi movimentato.

L'attuale lavorazione ha anche mantenuto le tecniche manuali di tipo artigianale ma si è innovata con l'introduzione di nuovi macchinari di taglio per la formazione di pezzi semilavorati, già squadrati e con di mezzi meccanici e di elementi diamantati, di diverse sagome, per la successiva lavorazione dei pezzi.

Il calcare duro è difficilmente segabile con seghe a denti e facilmente con seghe lisce e sabbie quarzose. Essa è lucidabile anche se difficilmente mantiene la lucidatura.

Le lavorazioni che si possono svolgere sulla pietra calcarea sono tutte quelle che si effettuano con procedimento a urto o a rasamento a seconda degli utensili che si usano.

Si possono realizzare le seguenti superfici:

- bocciardate grosse, medie e fini;
- picconate grosse, medie e fini;
- rigate e superfici levigate lucide.
- a spacco naturale;
- martellate grosse, medie e fini.

Generalmente si usavano lo scalpello, la mazzetta, la bocciarla, lo scapezzino e successivamente la pistola pneumatica.

#### ***La Pietra di Modica***

La pietra di Modica, chiamata anche calcare duro, è una roccia sedimentaria costituita prevalentemente da biocalcareni cementate a macroforaminiferi di colore bianco grigiastro in bianchi ad andamento irregolare dello spessore da 50 cm a 2-3 m. Non esistono cave di estrazione poiché vengono utilizzati i massi affioranti sul piano di campagna molto diffusi su tutto l'altopiano Ibleo.

La pietra di Modica, per le sue caratteristiche di durezza non era facilmente lavorabile. Oggi grazie all'utilizzo di moderne attrezzature, la si usa per rivestimenti, elementi di arredo urbano, panchine, fioriere, pavimentazioni, zoccolature, oltre alle realizzazioni in combinazione con altri tipi di pietra.

Essa si presta alle lavorazioni a macchina che permettono di incidere la superficie con segni, trame e *texture*.

#### a) CARATTERISTICHE MINERALOGICHE-PETROGRAFICHE E DESCRIZIONE

MICROSCOPICA:

Biomicroarenite o “Grainstone” di Dunham, con impalcatura formata di organismi di varia taglia. La porosità è variabile da bassa laddove predominano gli organismi pelagi (Globigerinidi), a medio alta dove sono presenti anche organismi bentonici. I vuoti sono riempiti da cemento microcristallino di sostituzione di originaria matrice. La tessitura è priva di orientazioni preferenziali.

b) CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE:

- Imbibizione per immersione: 1.6%;
- Imbibizione per capillarità: 0.8%;
- Peso specifico apparente: 2510 Kg/m<sup>3</sup>;
- Porosità 6.3%;
- Resistenza a compressione: 808 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a saturazione: 725 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a flessione: 140 Kg/cm<sup>2</sup>.

**La Pietra di Comiso**

La pietra di Comiso si differenzia dalla pietra di Modica poiché presenta striature e punti più scuri, sebbene sia anche essa un calcare duro e provenga dalla stessa zona di estrazione.

La sua qualità varia al variare della profondità dello strato da cui viene estratta, infatti ogni cava è costituita da una serie di strati in cui il materiale lapideo si differisce per durezza. Alcuni strati danno una pietra tenera da taglio molto lavorabile e utilizzabile come pietra da intagliare o da scolpire, altri delle varietà ancora più tenere e più lavorabili, utilizzate per sculture e statuaria. Altre superfici determinano qualità più dure delle precedenti che, tagliate in lastre, possono essere lucidate e utilizzate per le pavimentazioni e per i rivestimenti.

L'ultimo strato, all'incirca il 18°, detto di latina, ci dà la varietà più pregiata, più dura e compatta, che presenta un aspetto più bello e si presta meglio alla lucidatura.

c) CARATTERISTICHE MINERALOGICHE-PETROGRAFICHE E DESCRIZIONE  
MICROSCOPICA:

Biomicroite a struttura compatta. La roccia si presenta di colore grigio ed è interessata da porosità capillare media. Nella massa micritica sono sparsi organismi pelagi, globigerinidi. La tessitura è massiva.

d) CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE:

- Imbibizione per immersione: 4.17%;
- Imbibizione per capillarità: 2.66%;
- Peso specifico apparente: 2450 Kg/m<sup>3</sup>;
- Porosità 8.6%;
- Resistenza a compressione: 923 Kg/cm<sup>2</sup>.

**5.10.3 La pietra calcarea tenera**

La pietra calcarea tenera come pietra da taglio è stata protagonista nella ricostruzione della Sicilia Orientale dopo il terremoto del 1693. Essa si presenta di colore giallo-dorato ed è stata impiegata per i più svariati usi: dalla costruzione di elementi portanti (murature a faccia vista, archi, volte ecc.) agli elementi decorativi (capitelli, mascheroni, fontane, scale, mensole, ecc.), grazie alla facilità di lavorazione e alle buone qualità fisico-meccaniche.

Il calcare tenero è un materiale molto abbondante nell'area degli Iblei ed è utilizzato nel territorio per elementi costruttivi decorativi finemente lavorati.

a) CARATTERISTICHE MINERALOGICHE-PETROGRAFICHE E DESCRIZIONE  
MICROSCOPICA:

Biomicroarenite o “Mudstone” di Dunham.

Scarsamente alternata, struttura compatta non interessata da microfratture. Porosità da bassissima a nulla. La composizione è calcarea con CaCO<sub>3</sub> pari a 95,1%.

b) CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE:

- Imbibizione per immersione: 17%;
- Imbibizione per capillarità: 15%;
- Peso specifico reale: 2.700 Kg/m<sup>3</sup>;
- Peso specifico apparente: 1853 Kg/m<sup>3</sup>;
- Porosità 31,4%;
- Resistenza a compressione: 184 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Resistenza a flessione: 43,8 Kg/cm<sup>2</sup>.

La pietra da taglio di calcare tenero è facilmente segabile con seghe a denti. Non è lucidabile ed è lisciabile con particolari attrezzi detti “rospi” o “spianetti”. Le tecniche di lavorazione non hanno subito nel tempo sostanziali modifiche.

In cava, la coltivazione avveniva sempre per livelli orizzontali discendenti. Il taglio era, invece, effettuato completamente a mano con picconi scavando incavi a forma triangolare orizzontali e verticali, dentro i quali si facevano avanzare, a colpi di mazza, dei cunei fino alla rottura del pezzo. I pezzi così ottenuti venivano poi trasportati in cantiere dove subivano lavorazioni successive con seghe di acciaio.

Il pezzo così tagliato veniva spianato con “rospi”, “spinette” e martelli. Così era pronto per la posa in opera oppure per la seconda lavorazione cosiddetta “scorciatura”, eseguita disegnando la sagoma con mazzetta e scalpello.

Le tecniche di lavorazione sono state modificate, in cava, con l'introduzione di macchine da taglio meccanico con dischi dentati di diverso diametro che danno pezzi a misura già squadri. La pulitura avviene ancora con rosapi o spianetti e la sagoma è realizzata usando su modelli di cartone seghe di vario tipo, trapani meccanici, mazzette e scalpelli vari. La pulitura e la lisciatura delle superfici è realizzata con le spianette e le eventuali scanalature sono ottenute con un apposito seghetto.

#### LE LAVORAZIONI ESEGUIBILI SUI MATERIALI LAPIDEI

Sui materiali lapidei si possono effettuare le seguenti lavorazioni:

- *a spacco* che consiste nel fratturare la roccia con uno o più colpi, eseguiti a percussione diretta, con un martello tenuto leggermente inclinato. Oltre che per le pietre destinate alla realizzazione di murature, la lavorazione a spacco è adottata anche per la produzione di lastre e per ottenere pietrisco da utilizzare per il confezionamento del calcestruzzo e delle malte;
- *la sbazzatura* che, rappresenta uno stadio di lavorazioni più complesso, può essere effettuata con strumenti a percussione diretta, come mazzuoli o picchi con manico corto, usati al posto delle punte, oppure con strumenti a percussione indiretta, per lo più punte, battute da mazzuolo. E' una lavorazione che procede gradualmente, con piccoli colpi molto inclinati tali da provocare fratture localizzate. In cava, il lavoro di sbazzatura poteva essere effettuato per regolarizzare i blocchi estratti ed eliminare gli spigoli troppo a rischio nei trasporti. In cantiere, venivano preparati invece tramite sbazzatura i blocchetti lapidei da impiegare nelle murature a corsi orizzontali. Questo tipo di lavorazione era in uso in età classica (*opus reticulatum e vittatum*) e in età medievale (cosiddetto “*filaretto*”).
- *la squadratura* è invece una operazione assai complessa che richiede una maggiore specializzazione dell'artigiano. Permette di ottenere blocchi, anche di grandi dimensioni, della forma di regolari parallelepipedi. La loro realizzazione necessita di apposite forniture in cava e, pertanto, a differenza delle prime due, non può essere effettuata su materiale raccolto, soprattutto se si tratta di notevoli quantità. Per la squadratura si usano per lo più strumenti a percussione indiretta che consentono di praticare una scheggiatura localizzata. Per la riquadratura delle pietre sono necessarie delle righe, con le quali si

misurano e si individuano le superfici e delle squadre indispensabili per produrre elementi tagliati con angoli di 90°.

## Ringraziamenti

... alla fine di questo lavoro, sono doverosi i ringraziamenti verso coloro che mi hanno aiutato e sostenuto:

Grazie al Prof. Ing. Antonino Failla che rappresenta un esempio di saggezza e di professionalità unitamente al brillante *savoir-faire*

Il mio Grazie particolarmente sentito al mio relatore, il Prof. Ing. Giovanni Cascone, esempio di grande professionalità e di integrità, per i suoi preziosi insegnamenti, per la chiara metodologia e la grande disponibilità nei miei confronti.

Grazie alla Dott. Ing. Simona Porto per la sua fattiva collaborazione, per avermi spronato e incoraggiato e per avere condiviso con me le gioie e le fatiche delle lunghe giornate di lavoro.

Un Grazie all'Ing. Umberto Anguzza per il suo sostegno nella risoluzione dei problemi informatici.

Grazie alla Prof. Ing. Claudia Arcidiacono per la disponibilità e la gentilezza mostratami sempre.

Un sincero Grazie al Prof. Ing. Alessandro D'Emilio e alla Dott. Ing. Rosalia Mazzarella per la condivisione dei tanti momenti piacevoli.

All'Avv. D'Avola per la sua completa disponibilità nell'aver permesso di effettuare tutte le operazioni in campo necessarie al lavoro, molto coinvolgente e gratificante, porgo la mia gratitudine.

Grazia al Dott. Antonio Lo Presti che cortesemente mi ha fornito alcuni strumenti utili alla sperimentazione.

Un Grazie al Prof. Ing. Santi Cascone, mio professore, per la stima nei mie confronti e per i suoi preziosi consigli.

Grazie ai colleghi dottorandi e ai dottori di ricerca che ho incontrato in questa fase della mia vita, Andrea, Ilaria, Luciano, Lara, Roberta, Salvo, Alfonso, Erika, Gaetano, Davide, Silvio per i tanti bei momenti ludici ma anche di dialogo e di confronto e perché avete condiviso con me gioie, speranze e soddisfazioni e mi avete dato serenità, amicizia e affetto. Vi ringrazio ad uno ad uno e di voi dopo questa esperienza porterò con me sicuramente qualcosa!

Un caloroso ringraziamento va ai miei genitori e ai familiari per il loro infinito amore e per la costante fiducia accordatami.

Grazie...al mio caro zio, Can. Don Calogero, per avere sempre pregato per me nei momenti più difficili e che ora continua a proteggermi e a guidarmi da lassù!