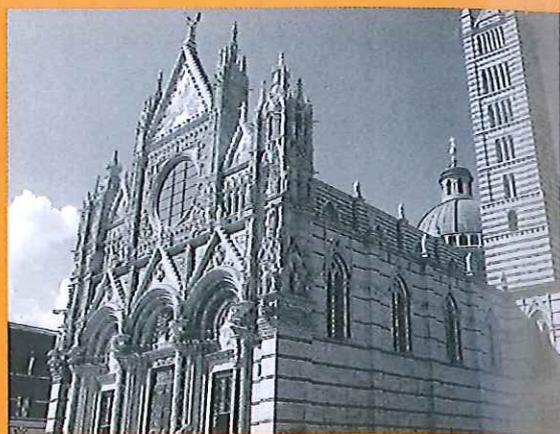


# RCI

progettare rinnovabili riscaldamento climatizzazione idronica

08  
settembre 2012



I nuovi impianti di climatizzazione del **Duomo di Siena**

Energia distribuita: un'opportunità per la **micro-cogenerazione**

Le perdite di carico nelle **reti idrauliche**

Impianti complessi: un **video corso di aggiornamento online**

 **tecniche nuove**



 **RDZ**  
invisible heating and cooling

**Con RDZ l'aria è sempre nuova!**

Le nuove Unit Comfort UC di RDZ, abbinate al sistema radiante, sono la soluzione ideale per la deumidificazione e il rinnovo costante dell'aria, sia in residenziale che in terziario. [www.rdz.it](http://www.rdz.it)



RNW 411



HR 140



UAP 130



UC 300



UC 700-1000-2000

sistema radiant  
design zone 



Siamo presenti a M  
17/20 ottobre 2012, Fiera M

Incontriamo

REALIZZAZIONI

# Climatizzare il Duomo di Siena

La realizzazione degli impianti di climatizzazione nell'ambito del recupero dell'ex oratorio S. Giovannino e della cripta all'interno della Cattedrale di Siena.

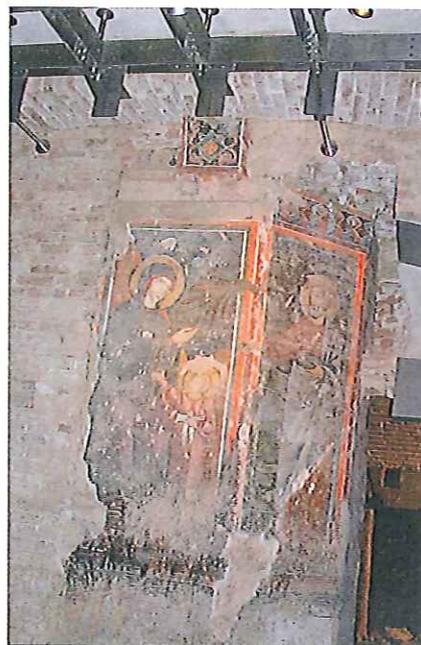
Paolo Pietro Bresci, Tarcisio Bratto





1 Struttura di sostegno del soffitto della Cripta.

2 Affreschi della Cripta prima del restauro.



L'Opera della Metropolitana di Siena ha voluto restaurare il complesso di ambienti sottostanti e in parte adiacenti alla Cattedrale di Siena, costituenti l'ex Oratorio dei Santi Giovanni e Genaro, più comunemente conosciuto come S. Giovannino. I lavori hanno avuto lo scopo di recuperare e valorizzare questo complesso edilizio, rimasto presso-

ché in disuso per molti anni, da inserire nel percorso museale della Cattedrale e del Battistero.

La particolarità della struttura, le cui vicende storico-costruttive sono così direttamente connesse alla Cattedrale e il suo elevato valore storico artistico, hanno richiesto accurate rilevazioni, indagini, saggi e verifiche, volte ad ap-

profondire la conoscenza della struttura, propedeutiche sia alla fase progettuale, sia alle varie fasi dei lavori.

#### Il ritrovamento della cripta

Durante i lavori, si sono così scoperte alcune grotte, utilizzate nel corso dei secoli come una sorta di discariche, i cui accessi erano stati tamponati in maniera tale che se ne perdesse la memoria. Fu proprio durante i lavori di svuotamento dei detriti, finalizzato al recupero di una di queste grotte, che avvenne una scoperta che non è esagerato definire sensazionale. Dalla grotta prendeva avvio uno stretto cunicolo, scavato nel tufo, che saliva di circa sei metri e che sboccava in una angusta cavità. Non si trattava però di un'altra grotta, bensì di un ambiente riempito anch'esso con terra e detriti di murature, che per grande fortuna lasciavano intravedere due porzioni di pareti affrescate.

Ipotizzando immediatamente che il vano potesse far parte della cripta duecentesca, descritta minuziosamente dallo storico senese Benvoglianti nel "De urbis Senae

## I PROTAGONISTI DELL'IMPIANTO

### Committente

Opera della Metropolitana di Siena

### Responsabile del Procedimento

Geom. Claudio Pistolozzi

### Progetto architettonico

arch. Tarcisio Bratto, Siena

### Progetto strutture

ing. Francesco Vannini, Siena

### Progetto impianti

Consilium Servizi di Ingegneria, Firenze

### Direzione Lavori

Arch. Tarcisio Bratto; ing. Paolo Pietro

Bresci

### Imprese edili

Fabiani Gino di Fabiani Massimo e C.,

Siena

### Costruzioni metalliche

Alberti lavorazioni in ferro e metalli, Siena

### Impianti meccanici

De Ricco Impianti, Siena

### Impianti elettrici e speciali

I.M.E. di Tanzini L e C., Castellina (SI)

### I fornitori

Caldaia: Bongioanni

Refrigeratori d'acqua: Blue Box

Unità trattamento aria: Euroclima

Trattamento acque: Cillicemie

Elettropompe: KSB

Regolazione automatica: Siemens

origine et incremento" pubblicato agli inizi del XVI secolo, si dette avvio ad una serie di rilevazioni metriche e indagini, confrontando i documenti storici d'archivio, con specifiche verifiche non distruttive,

utilizzando tecnologie innovative e già efficacemente sperimentate in casi analoghi, come il georadar e la termografia. Queste indagini furono utilizzate in particolare per avere la conferma della pre-

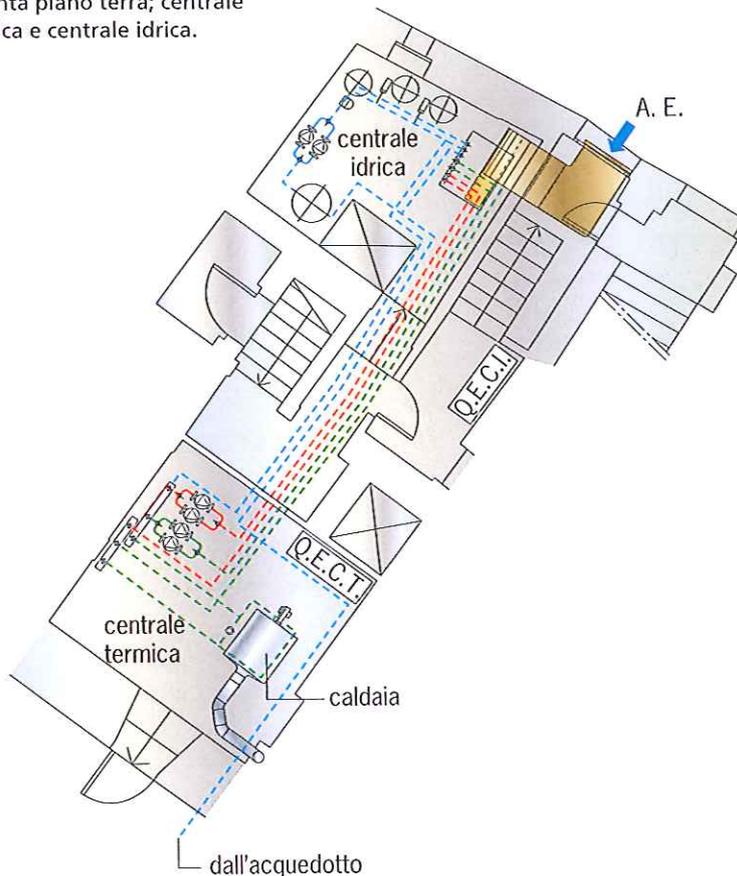
senza di ambienti sotto il pavimento della cattedrale e la consistenza del materiale di riempimento. Qui si deve ringraziare il prof. Seidel, per aver messo a disposizione i rilievi della cattedrale dell'Istituto Germanico, che si sono rivelati assai utili, come contenitore, per inserire gli specifici rilievi dell'area oggetto di indagine.

Dopo alcuni mesi di studio, si acquisì la convinzione che sotto il pavimento della cattedrale, nella zona centrale del presbitero, antistante l'altare maggiore, si trovava ancora un ampio vano, che costituiva la prosecuzione di quell'ambiente, fino ad oggi conosciuto come cripta delle statue e che rappresenta la porzione "salvata" dell'originaria cripta: gli storici la ritenevano distrutta durante i lavori di ampliamento del duomo, avvenuto nel corso del XIV secolo. Alcuni saggi confermarono la presenza di altre superfici affrescate, ma anche la mancanza di strutture di sostegno del pavimento del Duomo! Ci trovammo di fronte ad un caso veramente raro e originale - o forse unico - scoprimmo che il pavimento a commesso marmoreo della Cattedrale, anziché essere sostenuto da murature, da archi o volte, era stato costruito proprio sopra il materiale detritico utilizzato per riempire l'ipotetica cripta, nel corso del XIV secolo e proveniente dalle demolizioni delle sue volte di copertura. Questo materiale era costituito in prevalenza da scapoli di pietra e laterizio, ma anche da calce, terra e materiale vario di scarto. Di conseguenza, in alcune zone era assai evidente un distacco di questo materiale dal pavimento, come risultato di assestamenti e quindi abbassamenti, avvenuti nel corso dei secoli.

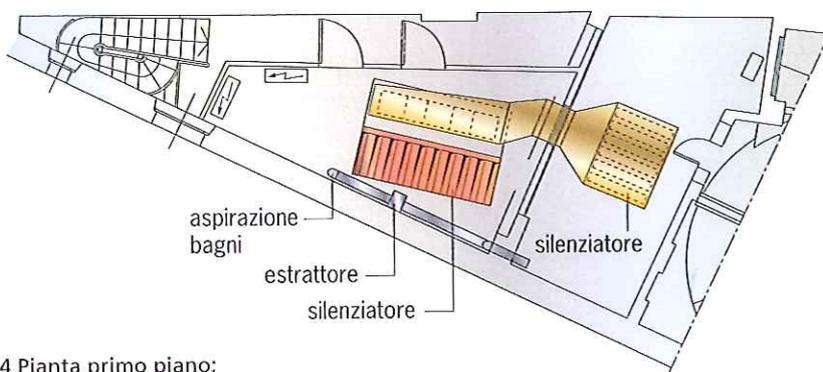
#### Gli interventi di restauro

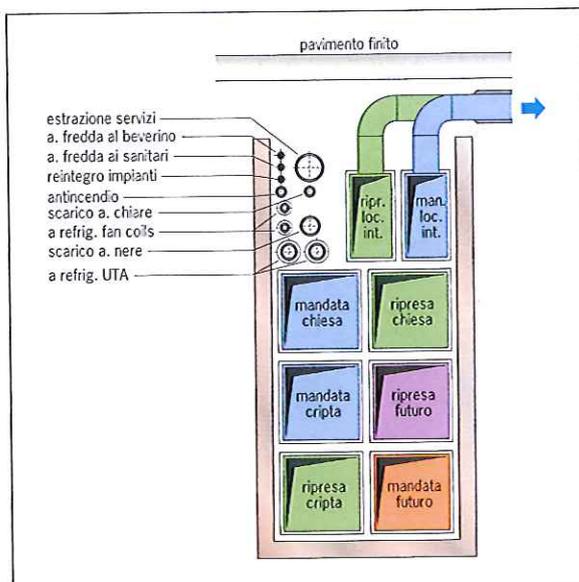
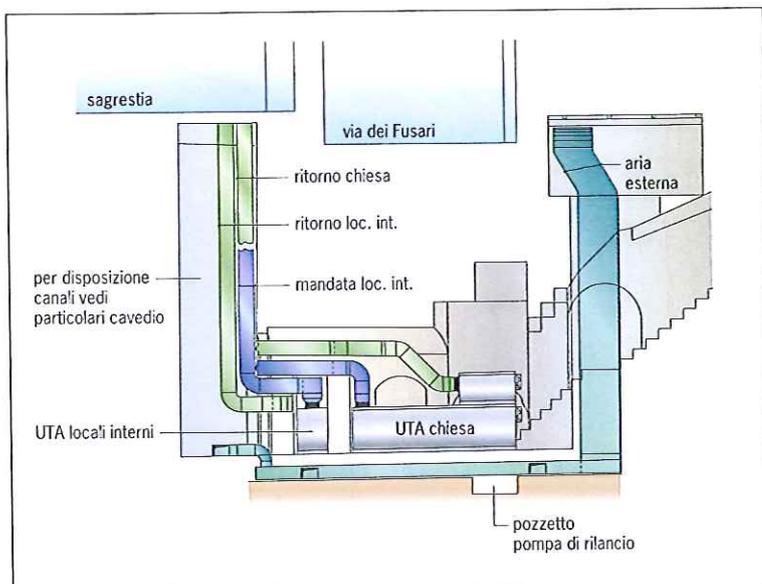
A questo punto si rese indispensabile approfondire la conoscenza del pavimento, in particolare per studiare la sua composizione ed il suo comportamento statico. A tal fine fu ricostruito un campione in

3 Pianta piano terra; centrale termica e centrale idrica.



4 Pianta primo piano; centrale frigorifera.





8 Sezione locale UTA.

9 Sezione cunicolo piano terra.

da attribuire a variazioni termiche e non da effettivi movimenti conseguenti ai lavori in corso.

La buona riuscita dell'impresa fu senza dubbio il frutto dell'ottima collaborazione con i colleghi ingegneri le strutture e gli impianti, nonché con l'Opera della Metropolitana, con le Soprintendenze, con la commissione tecnico scientifica ed in par-

ticolare con l'equipe interdisciplinare che ha condotto le varie fasi di lavoro.

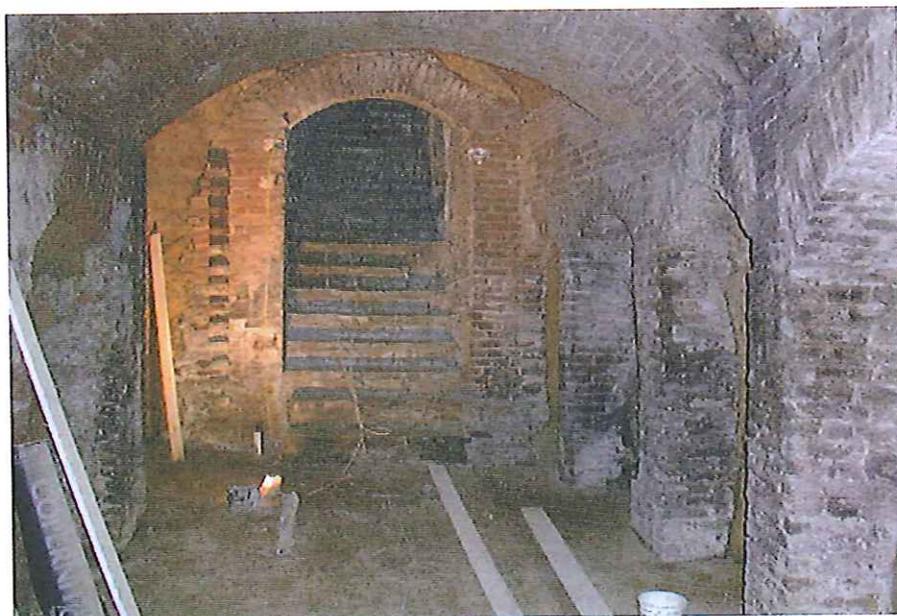
Il vano scoperto, ha una superficie di circa 160 metri quadrati ed una altezza media di circa 4,75 metri. Complessivamente il ciclo di affreschi copre una superficie di circa 180 metri quadrati. I lavori fin qui eseguiti hanno permesso di mettere in luce anche importanti elementi architet-

tonici facenti parte dell'edificio romano, quali pilastri, semicolonne, capitelli, vani di porte e finestre, e l'originario pavimento in mezzane di laterizio.

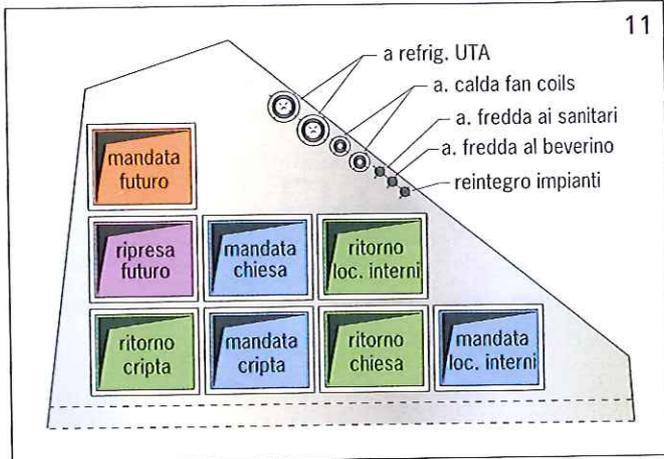
### I temi progettuali

Il tema principale nella realizzazione degli impianti di climatizzazione di un edificio storico realizzato interamente con mattoni facciavista e con le uniche pareti intonacate interessate da affreschi, da cornici e finiture in gesso è quello della distribuzione dei fluidi termovettori, del posizionamento dei terminali di trattamento senza alterare la conformazione dell'edificio. Nel caso dell'ex oratorio S. Giovannino e successivamente della cripta, l'unica via percorribile era il pavimento in gran parte sottostante a terrapieno per fortuna costituito da tufo compatto. Pertanto il progetto è andato avanti su questo tema e si è sviluppato passo dopo passo durante il corso dei lavori; durante le varie demolizioni e le attività di scavo dei cunicoli il progetto veniva costantemente adeguato alle situazioni di ritrovamento di antiche sepolture, antichi pozzi.

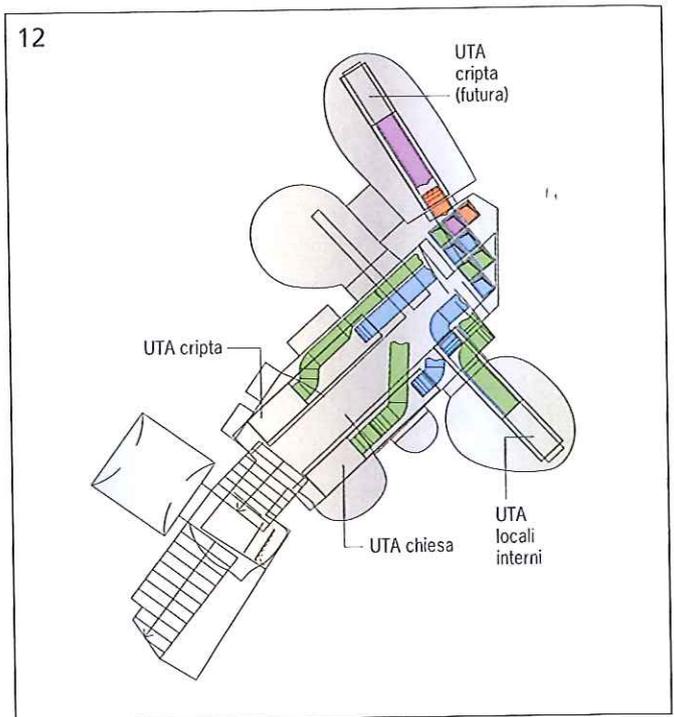
Quando venivano ritrovati reperti archeo-



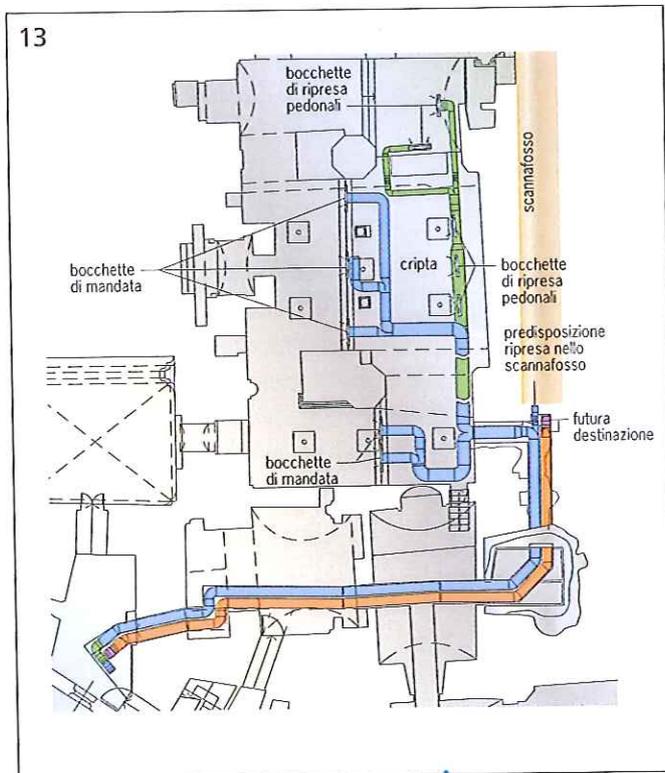
10 Locale dove sono installate le unità di trattamento aria.



11



12



13

11 Particolare cavedio principale.

12 Pianta piano interrato; locale tecnico UTA canali Cripta.

13 Pianta piano terra; distribuzione canali Cripta.

Un altro aspetto che ha condizionato l'andamento dei lavori è stato il tempo; infatti dal ritrovamento della cripta e l'inaugurazione della mostra di Duccio di Buoninsegna passarono solo sette mesi e fu una corsa contro il tempo per tutti quelli coinvolti in questa appassionante avventura.

#### Le centrali tecnologiche

La produzione dell'acqua calda è affidata ad una caldaia a condensazione della potenzialità di 105 kW posta in un locale tecnico situato nel fabbricato di fronte all'ex Oratorio che ha accesso da Via Franciosa (figura 3). La produzione dell'acqua refrigerata è affidata ad un refrigeratore d'acqua condensato ad aria con recupero parziale del calore di condensazione della potenzialità di 125 kW posto in un locale tecnico al piano secondo dell'ex Oratorio (figure 4, 5, 6); il refrigeratore è corredato di ventilatori centrifughi ed è di tipo supersilenziato con silenziatori a setti sia sull'aspirazione dell'aria sia sull'espulsione. La presa dell'aria di condensazione è posta sulla finestra del locale median-

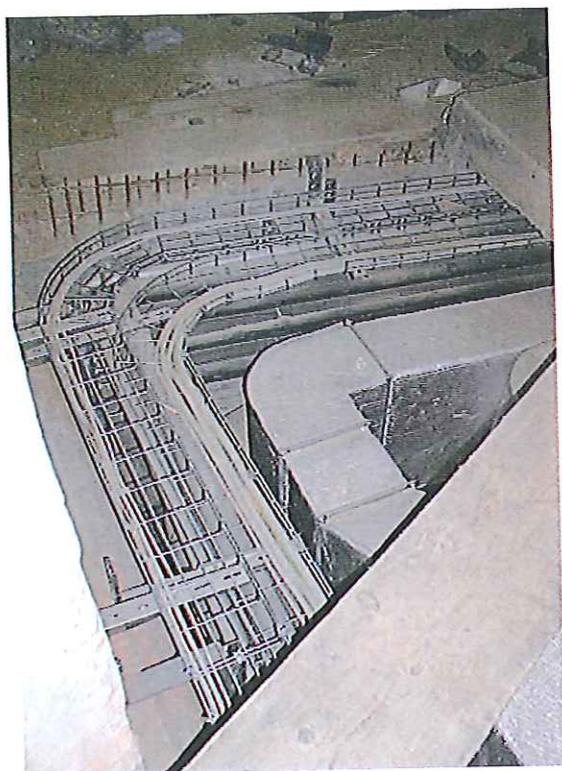
logici i tecnici della sovrintendenza archeologica prendevano in esame il ritrovamento e davano o meno il benestare a proseguire le attività di scavo o a deviare lo sviluppo dei cunicoli mantenendo in evidenza quanto ritrovato.

Un altro tema fondamentale è stato quello di individuare gli spazi ove installare i locali tecnici adibiti a centrale termica, centrale frigorifera, centrale trattamen-

to aria, centrale idrica, quadri elettrici. La centrale termica non poteva essere installata all'interno del complesso storico e pertanto doveva essere ubicata in zona esterna; la centrale frigorifera doveva essere posizionata in una zona che potesse essere ventilata senza essere causa di rumorosità all'interno del complesso e verso le aree esterne per non recare disturbi agli edifici confinanti.



14 Cunicolo distribuzione canali, tubazioni, cavi elettrici.



15 Cunicoli distribuzione impianti al livello 1 dell'ex Oratorio.

te griglie afoniche, mentre l'espulsione dell'aria di condensazione è prevista attraverso un lucernario realizzato sulla copertura del locale stesso. Il refrigeratore è dotato di sistema di controllo della temperatura dell'aria di condensazione per poter funzionare anche a basse temperature esterne. La distribuzione dell'aria calda è prevista attraverso il locale tecnico interrato ove sono poste le unità di trattamento sottostante Via dei Fusari fino a raggiungere un cavedio verticale di collegamento tra le centrali tecnologiche ed il piano terra dell'ex Oratorio (figure 7 e 8) e attraverso cunicoli interrati alimenta i ventilconvettori previsti all'interno delle sale espositive dell'ex Oratorio (figura 9). La distribuzione dell'acqua refrigerata è prevista attraverso un cavedio verticale che collega la centrale frigorifera con i cunicoli al piano terra dell'ex Oratorio ed attraverso il cavedio verticale precedentemente citate raggiunge il locale interrato sottostante Via dei Fusari ove sono ubicate le unità di trattamento aria (figure 10 e 11).

#### Impianto di climatizzazione della Cripta

L'impianto di climatizzazione a tutt'aria previsto a servizio della cripta sottostante il Duomo di Siena è adatto a ricambiare 4 vol/h di aria prelevata totalmente dall'esterno ed a mantenere in ambiente le seguenti condizioni climatiche con tolleranza di  $\pm 1^\circ\text{C}$  e  $\pm 5\%$  di U.R.:

- estate: temperatura  $25^\circ\text{C}$ ; umidità relativa 50%;
- inverno: temperatura  $20^\circ\text{C}$ ; umidità relativa 50%.

L'unità di trattamento aria a servizio dei suddetti locali è ubicata nei locali tecnici ricavati al piano interrato nel fabbricato di via dei Fusari (figura 12); l'unità di trattamento aria è essenzialmente costituita come segue:

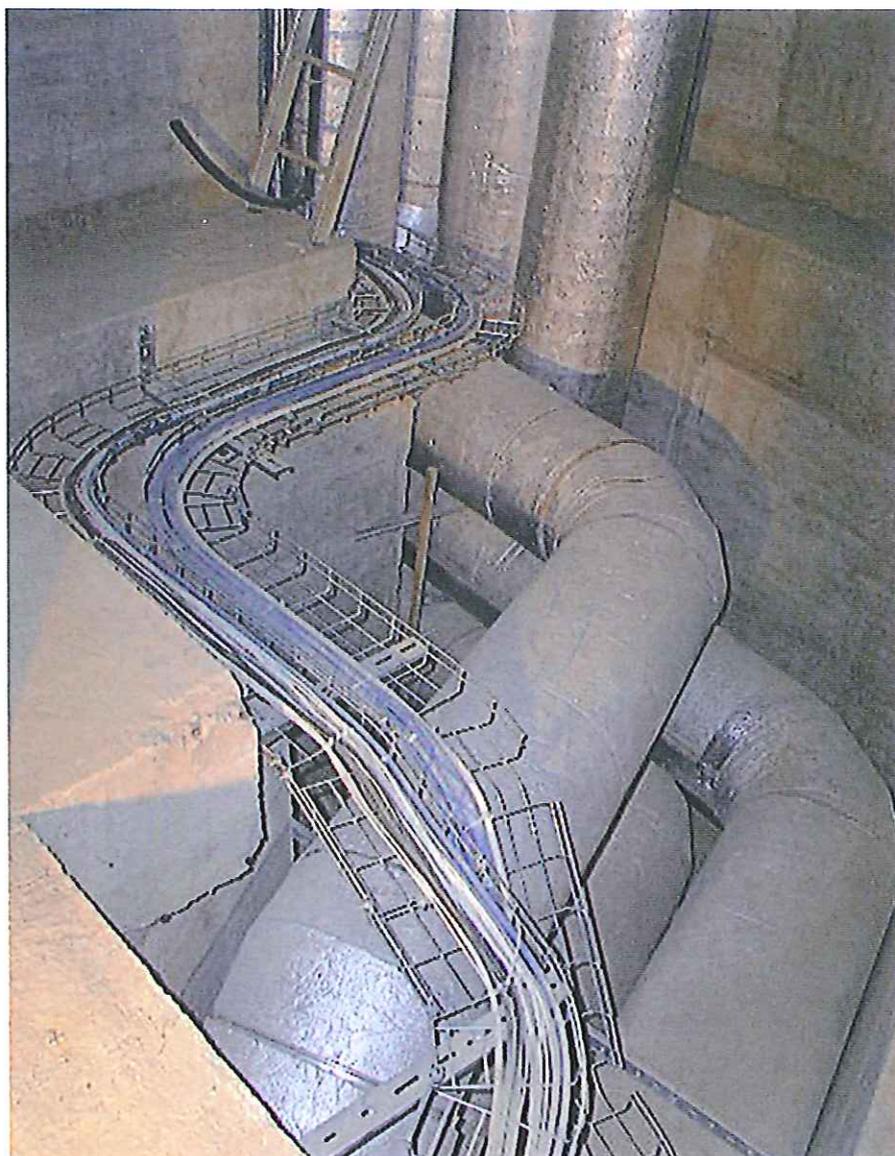
- sezione presa aria esterna con prefiltri piani e filtri a tasche;

- sezione di ripresa con filtro a pieghe;
  - sezione ventilante di ripresa ed espulsione con ventilatore centrifugo a doppia aspirazione;
  - recuperatore di calore a flussi incrociati;
  - batteria di riscaldamento in rame alluminio alimentata ad acqua calda;
  - batteria di raffreddamento-deumidificazione in rame alluminio alimentata con acqua refrigerata;
  - sezione umidificazione isoterma a vapore prodotto elettricamente completa di separatore di gocce e bacinella di raccolta;
  - batteria di postriscaldamento in rame alluminio alimentata ad acqua calda;
  - sezione ventilante di mandata aria con ventilatore centrifugo a doppia aspirazione.
- L'aria esterna viene prelevata dalle finestre del piano terra posto su Via dei Fusari ad un'altezza di oltre 2,5 mt e convogliata alla unità per mezzo di canalizzazioni disposte a soffitto del piano a livello 2 sotto pavimento del piano a livello 1.

Il controllo delle condizioni di trattamento dell'aria primaria sarà realizzato per mezzo di un apposito complesso di regolazione automatica essenzialmente costituito da moduli regolatori a microprocessore con logica programmabile ed elementi in campo (sonde, valvole miscelatrici a due vie, ecc.).

L'aria trattata l'unità di condizionamento è distribuita all'interno dei locali per mezzo di una rete di canalizzazioni in alluminio precoibentate, disposte sotto il pavimento. La diffusione in ambiente è realizzata mediante bocchette di mandata a semplice ordine di alette fisse in acciaio inox poste sull'alzata dei gradini del locale principale, complete di serrande di taratura.

Le canalizzazioni dell'aria di ripresa sono anch'esse precoibentate in lamiera di alluminio e disposte anch'esse sotto pavimento, a fianco di quelle di mandata; per la ripresa dell'aria in ambiente sono previste bocchette di ripresa a semplice ordine



16 Cunicolo distribuzione canali e cavi elettrici alla Cripta.

di alette fisse, sempre in acciaio inox complete di cestelli per la raccolta della polvere disposte ai bordi dei locali della cripta in zone contrapposte a quelle di mandata. La velocità dell'aria di ripresa è inferiore a 1 m/sec mentre quella in ambiente sarà inferiore a 0,15 m/sec tale da non recare fastidi ai visitatori ed agli affreschi della cripta (figura 13).

La disposizione delle bocchette di mandata e di ripresa garantisce una distribuzione dell'aria trattata in modo uniforme; a tale

scopo sono monitorati e registrati i parametri di controllo ambientali e delle pareti mediante sonde di temperatura e umidità relative disposte in ogni locale ed in ogni angolo da collegate al sistema di supervisione a microprocessore.

#### Impianti di climatizzazione dell'ex Oratorio

Gli impianti di climatizzazione a servizio delle sale espositive al piano terra (livello 1) dell'ex Oratorio sono a tutt'aria analo-

ghi a quelli descritti per la cripta suddivisi in tre zone ciascuna asservita da propria unità di trattamento aria, mentre per i locali posti ai livelli superiori sono previsti impianti a ventilconvettore a 4 tubi.

Gli impianti ed il restauro dell'ex oratorio non sono stati completati per mancanza di fondi e sono state ultimate le sale espositive al piano terra sottostante il Duomo direttamente collegate con la Cripta; in compenso sono state realizzate tutte le distribuzioni dei fluidi termovettori ai livelli 1 e 2 oltre all'installazione delle unità di trattamento aria all'interno del locale interrato sottostante Via dei Fusari. Le distribuzioni dell'aria, dei fluidi e dell'energia elettrica sono realizzati in cunicoli scavati nel tufo (figure 14, 15, 16); tali cunicoli saranno ispezionabili mediante realizzazione di pavimento in listoni di legno rialzato rispetto al piano grezzo facilmente smontabile. L'immissione dell'aria è prevista mediante bocchette a pavimento in corrispondenza delle pareti longitudinali delle varie sale espositive; la ripresa dell'aria è prevista sempre con griglie a pavimento poste in corrispondenza delle pareti opposte a quelle di mandata. I ventilconvettori ai livelli superiori sono previsti a parete in bancale e/o a pavimento; le alimentazioni sono previste sotto il pavimento realizzato, la regolazione della temperatura ambiente è di tipo modulante con regolatori digitali, sonde sulla ripresa dell'aria e valvole miscelatrici servo comandate.

Completano l'impianto il complesso di trattamento dell'acqua di reintegro dei circuiti termici e frigoriferi quali filtro micrometrico, addolcitore automatico e sistema di dosaggio soluzioni anticorrosione ed antincrostante.

Tutti gli impianti di regolazione compresi quelli a servizio dei ventilconvettori sono di tipo digitale e interfacciate con il sistema di supervisione.

© RIPRODUZIONE RISERVATA