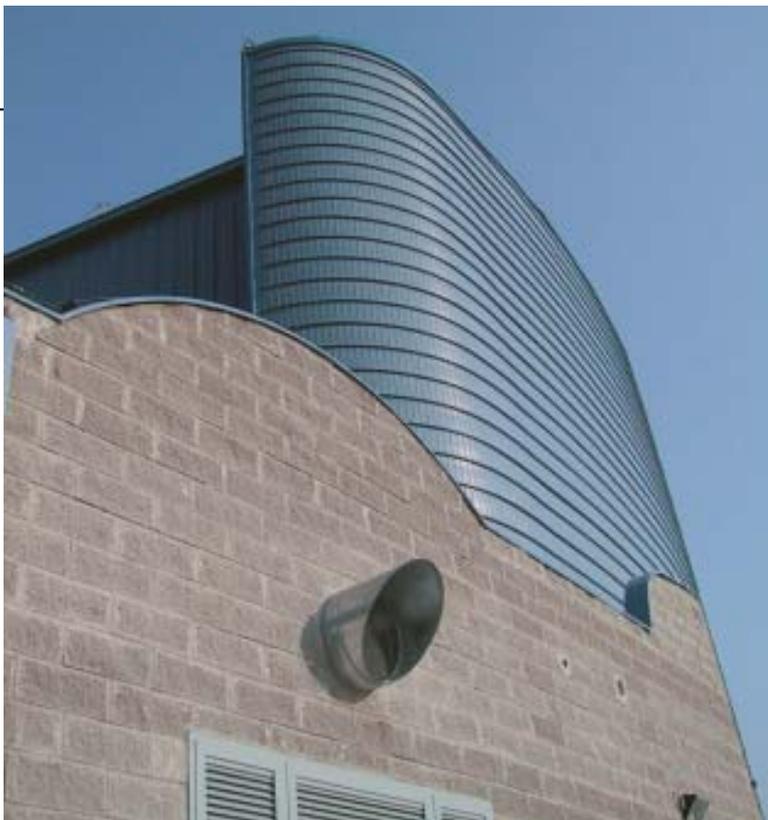


**S**i chiama "Virgo" la grande scommessa italo francese (Infn-Italia e Cnrs-Francia), che si propone un obiettivo ambizioso: rilevare le onde gravitazionali provenienti da sorgenti dentro o al di fuori della nostra galassia, e dare evidenza della loro esistenza. Si tratta in pratica di dimostrare sperimentalmente la teoria di Einstein. Queste sfuggenti onde sono perturbazioni della curvatura dello spazio-tempo generate da corpi materiali in movimento accelerato: possono essere considerate analoghe a quelle elettromagnetiche emesse da particelle cariche in movimento accelerato alla velocità della luce. Così come una particella elettricamente carica emette onde elettromagnetiche quando viene accele-



# Un tunnel verso lo spazio

**M. Manuela Tasso\*, Federico Sambo**

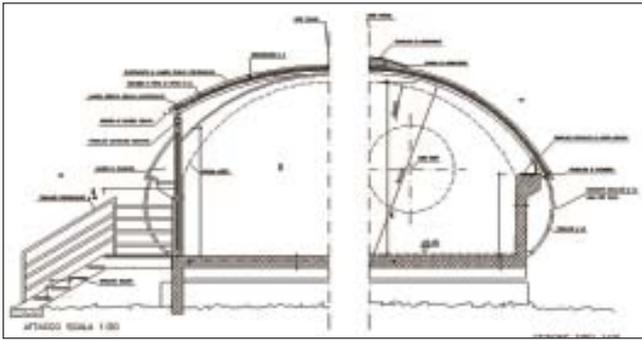
\* Eco Consulting Ingegneria S.r.l.

**Al via il Progetto Virgo: un edificio antenna con due braccia ortogonali per captare le onde gravitazionali. A contenuto impatto visivo**

rata, allo stesso modo una massa accelerata, secondo la teoria della relatività generale, emette onde gravitazionali che si irradiano a partire dalla loro sorgente come increspature sulla superficie di uno stagno ma, a differenza delle onde elettromagnetiche, si attenuano molto poco nell'interazione con la materia, e non vengono arrestate dalle stelle o dalla materia interstellare. La debolissima intensità delle onde gravitazionali rende estremamente difficile la loro osservazione sperimentale; ciò ha spinto i ricercatori a tentarne la rilevazione dove sono in gioco grandi masse e fenomeni astrofisici, in particolare quando avvengono i processi più drammatici, come esplosione di supernovae, urti catastrofici e fusione di sistemi

binari di grande massa, interazione di buchi neri con stelle vicine. La costellazione della Vergine, contenendo l'ammasso di galassie più vicino al sistema solare, costituisce la maggior fonte di onde gravitazionali rilevabili dalla terra. Il "progetto Virgo" è nato negli anni 80 dalle idee dei ricercatori Infn di Pisa e il Cnrs; con i suoi specchi di precisione nanometrica e i sofisticati sistemi elettromeccanici, è entrato a far parte della rete mondiale di antenne interferometriche che annovera l'americana Ligo, l'angolo-tedesca Geo, e la giapponese Tama. Virgo è un interferometro laser "alla Michelson"; il segnale di interferenza è dato dalla differenza di lunghezza di due fasci di raggi laser che viaggiano, in particolari tubi a vuoto, lungo i due bracci ortogonali. I raggi luminosi vengono intercettati da specchi speciali posti alle estremità dei tunnels, e la loro lunghezza viene moltiplicata fino a raggiungere i 120 km di lunghezza. La variazione del cammino ottico prodotta da un'onda gravita-

**Il progetto architettonico Virgo si inserisce nel paesaggio senza determinare bruschi impatti ambientali.**



fino a 20 m circa e due lunghi tunnel di ben tre km l'uno.

Il sito prescelto è stato Stefano in Macerata nel comune di Cascina, praticamente all'ombra della torre di Pisa. Il disegno progettuale si lega indissolubilmente con il territorio e ne

diviene parte integrante, qualificante. Il progetto architettonico Virgo vuole inserirsi nel paesaggio senza determinare bruschi impatti ambientali. L'estetica che emerge è una dinamica basata sugli elementi minimi dell'Architettura industriale costituiti dalle lamiere colorate. Camminando lungo le strade che portano all'esperimento si viene subito catturati dalla linea dei tunnel che si perde all'orizzonte, frenata dall'elevarsi degli edifici principali. È una progettazione funzionale che dialoga con la pianura circostante, architettura minimale applicata al paesaggio per costruire un enorme esperimento scientifico. Il colore azzurro dei tunnel, mimesi dell'orizzonte, si inserisce nei due edifici terminali nei quali emerge la linea curva sia in planimetria sia in elevazione, scomponendo i volumi per legarli al terreno. Il tema del "parco tecnologico", concordato con il Comune di Cascina e la Regione Toscana, ha consentito di progettare ed eseguire altissime tecnologie in continuità e stretto rapporto con il territorio agricolo circostante.

### Architettura, tecnologia e territorio

La scommessa teorica della scienza si confronta con il problema progettuale di inserire territorialmente nel territorio agricolo del delta dell'Arno un complesso imponente con edifici di altezze variabili

### Virgo: le opere civili

Dopo la realizzazione precedente del "cuore" dell'antenna costituito dal grande edificio centrale incomincia a prendere forma la "grande avventura" di Virgo con l'affidamento dell'incarico di progettazione e direzione dei lavori delle opere civili ed impiantistiche del progetto, da parte dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, alla Eco Consultino Ingegneria,

**In alto, sezione dei bracci che costituiscono l'antenna.**

### SCHEDE TECNICHE

- *Intervento*  
**Progetto Virgo**  
**Realizzazione del secondo lotto di opere di ingegneria civile dell'antenna interferometrica Virgo**
- *Località*  
**S. Stefano in Macerata Cascina (Pi)**
- *Committente:*  
**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Sez. Di Pisa**
- *Responsabile unico del procedimento:*  
**Dott. D.Enard**
- *Ingegnere capo:*  
**Dott. Ing. P. Popolizio**
- *Prestazioni rese:*  
**Progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, direzione dei lavori in assicurazione di qualità del 2° lotto delle opere civili a servizio dell'antenna interferometrica virgo, consistenti in:**
  - **manufatti rettilinei con correzione della curvatura terrestre (tunnel) della lunghezza di circa 3 Km ciascuno e con giacitura ortogonale tra loro;**
  - **sovrappassi viari;**
  - **sale sperimentali (edifici terminali)**
  - **capannoni di montaggio;**
  - **opere accessorie, recinzioni dell'area, viabilità e sistemazioni interne ed esterne.**
- *Progettisti:*  
**Eco Consulting Ingegneria S.R.L. (Capogruppo Mandataria) Lenzi Consultant S.r.l. (Mandante) Arch. Federico Sambo (Mandante)**
- *Direttore dei lavori:*  
**Dott. Ing. Francesco Mirri (Eco Consulting Ingegneria S.r.l.)**
- *Direttore Operativo E Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione:*  
**Arch. Braccio Oddi Baglioni (Lenzi Consultant S.r.l.)**
- *Direzione artistica:*  
**Arch. Federico Sambo**
- *Verifiche per la qualità:*  
**Arch. M. Manuela Tasso**
- *Impresa esecutrice:*  
**Impregilo S.p.a. Milano**
- *Importo delle opere:*  
**€ 18.182.526,20**
- *Data inizio/fine lavori*  
**1997-2002**



capogruppo mandataria, con la Lenzi Consultant e l'Arch. Federico Sambo; mentre i fisici italiani e francesi mettono a punto le sofisticate apparecchiature, incomincia la fase di progettazione nel 1997 e la successiva esecuzione dell'intero complesso, inaugurato ufficialmente nell'estate del 2003.

L'antenna è costituita dai due bracci a nord e ad ovest che si diramano ortogonalmente dal grande edificio centrale ed ospitano i tubi-laser sottovuoto e gli impianti complessi necessari all'esperimento, sopraelevati rispetto al piano di campagna.

La struttura portante è costituita da travi prefabbricate in cemento armato di circa 15 metri con sezione a "U" tipo "Gerber" che poggiano su capitelli fondati su pali; la copertura è formata da pannelli metallici autoportanti e coibentati colorati nelle tonalità dell'azzurro e ritmati da porte d'accesso e corrugamenti per l'aerazione in sommità.

Le due estremità "libere" terminano nelle sale sperimentali, di circa 325 m<sup>2</sup> ciascuna, con un'altezza interna intorno ai 15 metri, dotate di caroponte, contengono le torri con appesi gli specchi per la riflessione del raggio laser e sono articolate in continuità con i corpi tecnici voltati che degradano funzionalmente verso il terreno. In posizione mediana lungo i tunnel sono situati due capannoni di montaggio, di circa 925 m<sup>2</sup> e l'altezza interna di circa 8 metri che sono serviti ad ospitare le porzioni di tubo-laser durante la fase di assemblaggio, con caroponte.

La struttura portante è costituita da telai trasversali metallici di circa 23,50 metri di luce, con capriate ad arco sia per esigenze funzionali che per raccordarsi al territorio; la fondazione, diretta, è a travi rovesce, la tamponatura e la copertura sono realizzate con pannelli metallici coibentati come la copertura dei tunnels. Per garantire la viabilità locale intercettata dai due grandi tunnels, e per mantenere la continuità del territorio sono stati realizzati cinque ponti che scavalcano i due bracci, con travature a sezione curvilinea per smorzare l'impatto visivo, realizzati in c.a. precompresso gettato in opera, fondate su pali; hanno una luce centrale di 33 metri e due luci laterali di 23,4 metri, con una larghezza di 9,50 metri i ponti maggiori e 8 metri i ponti minori. Sono state realizzate ringhiere e reti di protezione a sezione curva per continuità con le coperture del tunnel.

La sistemazione generale dell'area, con pista di servizio, piazzali a servizio dell'antenna, recinzione e una pista ciclabile che corre lungo il perimetro esterno, è stata progettata e realizzata per armonizzare l'intervento nel comprensorio del "parco tecnologico".

La continuità dei canali di bonifica, intersecati dalla viabilità di servizio, è stata garantita mediante la realizzazione di tre ponti, dai 6 ai 9 metri, lungo la pista di servizio, e di ponticelli in legno lungo la pista ciclabile per armonizzare, con l'uso di materiali naturali, l'intervento.

La progettazione ha fornito soluzioni alle specifiche esigenze dell'esperimento; per

la necessità di mantenere l'allineamento dell'antenna sono state previste soluzioni "correttive" nel corso delle diverse fasi. In quella di montaggio dell'apparecchiatura, durante l'allineamento ed il bloccaggio del tubo, ci si è avvalsi di livellazioni di precisione con getti di sutura in tasche predisposte dotate di sistemi di regolazione su piastra di contrasto e di un sistema di regolazione dei supporti con corsa pari a +75 mm.

In fase di progetto è stata prevista una procedura sia per il riallineamento della trave e la correzione dei cedimenti dei singoli pali sia per definizione dei rimedi dovuti alla possibile vibrazione del tubo causata da svariati fattori, comprese le attività agricole svolte con trattori pesanti, misurandone preventivamente gli effetti su sito argilloso simile a quello che ospita l'antenna.

L'opera è stata eseguita in regime di assicurazione di qualità, con un ufficio di direzione lavori comprendente tutte le professionalità richieste e personale presente continuamente in cantiere per i controlli e le verifiche della corretta esecuzione e con il coordinamento per la sicurezza sia in fase di progettazione che di esecuzione.

Fisici, architetti, ingegneri e maestranze hanno lavorato in costante collaborazione per permettere a Virgo, il tempio delle misure estreme, di concretizzare il grande sogno: permettere all'antenna di percepire con spostamenti degli specchi un miliardo di volte più piccoli di un atomo, le onde gravitazionali.

