

STAR – Solare Termodinamico ad Alto Rendimento

CNR - INOA

WP6: Management

Task 6.1: Management

Rapporto semestrale sul management del Progetto 01/01-30/06/2009

Sommario

Stato del Progetto	2
Sicurezza	3
Acquisti	3
Contratti alle persone	4
Formazione	4
Cronoprogramma degli investimenti.....	5
Brevetti e riservatezza	5
Sito Internet	6
Rendicontazione	6
Riunioni	6
Verbali	7
30/12/2008.....	8
27/01/2009.....	11
03/03/2009.....	15
01/04/2009.....	19
09/04/2009.....	22
28/04/2009.....	24
26/05/2009.....	26
18/06/2009.....	30
Pannello 1	32
Pannello 2	33

Stato del Progetto

Prima di tutto, occorre ricapitolare la situazione venutasi a creare alla fine del secondo semestre 2008.

Dopo una approfondita disamina delle problematiche realizzative legate alla tipologia di specchi da utilizzare per il concentratore, abbiamo verificato la disponibilità a collaborare da parte della Ditta Ronda High Tech (nel seguito Ronda). Questa azienda produce specchi curvi, montati su pannelli in materiale composito, proprio ai fini della concentrazione solare. Al momento la curvatura degli specchi è di tipo parabolico lineare, mentre ai fini del Progetto STAR occorrono specchi di tipo toroidale. Ciò comporta una fase di sperimentazione, che nasce sotto buoni auspici, in virtù delle proprietà meccaniche degli specchi, compatibili con la forma richiesta. Al termine dei colloqui con Ronda, è stata individuata, come forma di partecipazione al Progetto STAR, quella dell'ingresso nella partnership. Infatti, sia per la fase di sviluppo richiesta a Ronda, sia per gli aspetti industriali (riservatezza, brevetti), l'unica soluzione è risultata quella descritta. Ovviamente sono stati necessari dei passaggi burocratici, che hanno richiesto praticamente tre mesi.

Dal punto di vista tecnico, l'entrata della Ronda nella partnership ha modificato il piano di attività. Infatti sono stati abbandonati definitivamente gli specchi piani, ed è stato necessario definire una linea di azione, sugli specchi curvi, compatibile con le finalità, il budget ed i tempi del Progetto.

Sono stati quindi assodati i punti seguenti:

- dato lo standard produttivo di Ronda, gli specchi del dimostratore avranno dimensioni pari a multipli interi, o sottomultipli, di $1.6 \times 1.2 \text{ m}^2$. Per mantenerci il più vicino possibile ai dati di Progetto selezionati alla fine del secondo semestre 2008, e per mantenere alcune simmetrie utili alla realizzazione pratica, il dimostratore avrà dimensioni 3.2 m di larghezza e 2.4 metri di altezza, per un totale di 7.68 m^2 , abbastanza vicino ai 9 m^2 previsti.
- restano valide le due linee di azione sull'adattività, ovvero una basata su specchi rigidi, che si deformano come involuppo, ed una basata su specchi effettivamente deformabili. La prima linea richiede che Ronda realizzi stampi a doppia curvatura, mentre la seconda richiede una fase di sperimentazione ancora in corso. Le due soluzioni, fermi restando i binari, il carrello, il secondario e il sistema di visualizzazione del fuoco, richiedono un telaio per l'aggancio degli specchi fondamentalmente diverso. Per questo motivo, e per l'impossibilità di definire, in questo semestre, un telaio unico, è stato deciso che verranno realizzati due telai, uno per ciascun tipo di specchi.
- c'è la possibilità di inserire un ulteriore grado di libertà nel movimento dello specchio primario, ovvero la rotazione intorno alla normale nel punto di attacco del modulo degli specchi. Tuttavia, le esigenze realizzative del Progetto hanno portato alla decisione di inserire questo movimento nella seconda versione del telaio che regge gli specchi.

Dal punto di vista amministrativo ed economico, l'entrata di Ronda nella partnership richiede una revisione della distribuzione del budget di progetto. Infatti non è più richiesto l'acquisto di specchi standard, da montare in proprio, ma una fase di ricerca e sviluppo relativa a specchi di caratteristiche innovative. La quantificazione del peso economico complessivo di Ronda è in corso. Per quanto riguarda la prima fase delle attività di Ronda (specchi rigidi), l'impegno complessivo è calcolato in 86.500 €, per materiali di consumo

(stampi, materiale composito per i pannelli, specchi), tempo-uomo e spese generali. Le attività riguardanti gli specchi deformabili saranno definite a valle dei test compiuti da INAF. Al 30 giugno 2009, Ronda ha definito la progettazione dei pannelli rigidi in collaborazione con il Dip. di Meccanica dell'Università di Firenze ed procurato il materiale per la realizzazione. Nel mese di luglio verranno realizzati i pannelli del dimostratore.

La tempistica del Progetto ha avuto effetti sia sulla ubicazione del dimostratore che sulla sua forma. In origine, era previsto un dimostratore con distanze focali quanto più possibile simile a quella di un sistema definitivo, anche per provare le reali possibilità degli specchi. Questo dimostratore non avrebbe avuto uno specchio secondario, ma direttamente il sistema di analisi del fuoco. Il test sul campo sarebbe avvenuto in due fasi: montaggio e test preliminare a Firenze, su una terrazza dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, smontaggio e trasferimento nel sito definitivo (Isola di Pianosa). Dati i tempi in gioco lo smontaggio ed il trasferimento non sono possibili. Dovendo fare tutto il test sul campo ad Arcetri, è stato necessario adattare le dimensioni agli spazi disponibili. Per evitare di accorciare troppo la focale del primario è stato reintrodotta lo specchio secondario, posto su una torre di circa 6 m. La focale risulta quindi 17 metri, contro i 34 previsti inizialmente. Tutto ciò ha comportato un risparmio di costi legato alle missioni, ed al binario di estensione maggiore, ma ha introdotto i costi legati al secondario.

Per quanto riguarda la realizzazione del dimostratore, prevediamo il completamento entro il mese di luglio, coerentemente con il ritardo dichiarato nel semestre precedente, che non è aumentato, né è stato riassorbito. Il binario è pronto, la torre verrà completata entro l'8 luglio; il carrello, il telaio, i pannelli con gli specchi e la rimanente componentistica sono in fase di completamento.

Presso il cantiere del dimostratore verranno collocati i due pannelli riportati in fondo al rapporto.

Sicurezza

La realizzazione del dimostratore comporta alcuni accorgimenti riguardanti la sicurezza. Infatti, si tratta di un'opera complessa, che richiede attività di carpenteria metallica, elettrotecnica, realizzazione di ponteggi (e operazioni da svolgere sui medesimi). Inoltre la stessa luce solare concentrata può dare adito a rischi. Per questo, dovendo effettuare tutte le operazioni sul suolo dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, quest'ultimo si è fatto carico di stilare un documento sulla valutazione dei rischi, e sulle misure atte a prevenire incidenti.

Acquisti

Si sono verificati due problemi inattesi connessi agli acquisti. Per numerosi componenti è stato lungo e laborioso identificare i fornitori e, una volta trovati i fornitori, relazionare con loro per ottenere tutte le informazioni relative ai prodotti. Citiamo, ad esempio, tre casi. Per la calandratura delle travi che costituiscono le rotaie è stato necessario un mese per trovare il fornitore giusto, che fosse in grado sia di eseguire il lavoro, sia di consegnare in tempo. Lo stesso è valso per il cuscinetto che regge la parte superiore del carrello. I grossi fornitori o non avevano in catalogo il component giusto, o richiedevano tre mesi per la consegna. Dopo lunghe ricerche, è stata trovata una ditta italiana in grado di fornirlo. L'interazione con il fornitore dei componenti per la movimentazione del telaio degli specchi e del carrello ha

richiesto numerosi scambi di messaggi e telefonate, per ottenere tutti i dettagli tecnici necessari alla individuazione dei componenti giusti, e tutte le specifiche necessarie alla progettazione dei componenti meccanici connessi.

Un altro problema è stato quello dei pagamenti. Le Ditte, che riforniscono gli Enti di Ricerca o le Università di apparecchiature scientifiche, sono abituate alle forme di pagamento tipiche di questi soggetti giuridici, ovvero il bonifico bancario a 30 o 60 giorni dalla fattura, o all'acquisto per contanti. Le Ditte che trattano di materiali ferrosi, o di componenti meccanici, alle quali i partner di STAR si sono spesso rivolti per la prima volta, richiedono il pagamento ad avviso di merce pronta o alla consegna. Si è verificato il caso della Ditta Vicini S.p.A. di Firenze, alla quale INOA si era rivolto per il materiale delle rotaie, che ha rifiutato la fornitura, in quanto non era possibile per l'Ente l'unica forma di pagamento ammessa dalla Ditta per la prima fornitura. Anche questo problema ha richiesto tempo e diplomazia, per la ricerca dei fornitori, e per fare accettare gli ordini.

Contratti alle persone

Tutti i contratti a tempo determinato in essere al 31/12/2008, sia sotto forma di Assegni di Ricerca che di Collaborazioni a Progetto, sono stati estesi fino alla scadenza del Progetto, ovvero fino al 7 novembre 2009.

Formazione

Per quanto riguarda la formazione, vale quanto già detto nel semestre precedente, ovvero che le discussioni tecniche che hanno portato al progetto esecutivo hanno costituito una fonte di informazioni per tutti i trattatisti. In aggiunta a ciò, i lavori di realizzazione hanno portato, e continueranno a farlo, a sviluppare lo spirito di squadra e a migliorare l'attitudine al lavoro in comune. Il riferimento è al momento al trattamento con antiruggine, ed al successivo montaggio, dei vari componenti delle rotaie. Si tratta di due lavori difficilmente esternalizzabili. La verniciatura dei componenti non presentava, evidentemente, particolari problemi tecnico-scientifici. Il lavoro di montaggio delle rotaie ha richiesto invece la scelta oculata (e in qualche caso la realizzazione) degli strumenti di misura e controllo. Entrambe le attività hanno richiesto impegno e, appunto, lavoro di squadra, nonché individuazione della tempistica. I risultati tecnici sono visibili nei vari rapporti tecnici, in particolare in quello di INOA. Nel seguito vengono riportate due fotografie, che illustrano lo spirito che ha animato il lavoro. In particolare, la seconda fotografia si riferisce al completamento del montaggio delle rotaie. È stata scattata alle 13 del 16 giugno, dopo alcune mattinate di lavoro. Malgrado ciò, il morale è evidentemente alto.



Pittura delle rotaie. Da sinistra: F. D'Amato, M. Focardi, L. Magrini, G. Benvenuti, F. Simonetti, L. Gambicorti, M. Pancrazzi.



Completamento del montaggio delle rotaie. Da sinistra: M. Pancrazzi, G. Brugnoli, L. Gambicorti, F. Simonetti, G. Benvenuti, A. Gherardi.

Cronoprogramma degli investimenti

L'organizzazione dei contratti alle persone, descritta al punto precedente, ci ha portato a rivedere il cronoprogramma degli investimenti. Infatti all'inizio del Progetto il cronoprogramma era basato su alcuni contratti della durata di un anno, da avviare subito, ed alcuni estesi fino a fine lavori. Invece, avendo solo contratti estesi fino a fine Progetto, occorre accantonare, dal 1° luglio al 7 novembre, la somma di € 20.373,33 mensili, per un totale di € 86.247,10.

A questi si devono aggiungere Spese Generali, Altri Costi e Cofinanziamento per le somme, rispettivamente, di € 5.000, 10.000, e 10000. La somma da accantonare per l'ultimo semestre del Progetto è quindi € 111.247,10, invece di € 57.300,00, come indicato nel Rapporto del 1° semestre 2008. Risulta quindi che la somma massima consuntivabile entro il 30 giugno è pertanto 488.752,90.

Brevetti e riservatezza

L'ingresso della Ronda High Tech nella partnership ha portato una modifica sostanziale circa i brevetti. Infatti l'accordo con Ronda High Tech prevede che sia proprio la Ronda High Tech a curare la redazione ed il deposito degli eventuali brevetti derivanti dall'attività del Progetto. Ciò al fine di risolvere i problemi, legati alla brevettazione, segnalati nel rapporto del secondo semestre 2008. Al momento, la Ronda High Tech sta esaminando la brevettabilità dei seguenti due aspetti:

- Specchi adattivi applicati alla concentrazione solare, in cui il profilo del singolo specchio sia modificabile, o si possa modificare la forma dell'involuppo di più specchi di forma costante, così da mantenere la dimensione del fuoco del sistema la più piccola possibile.
- La gradinata mobile, su un tragitto a forma di arco di cerchio, di idoneo raggio di curvatura, realizzato con qualsivoglia tecnica.

Non appena verranno depositate le richieste di brevetto italiano (orientativamente, entro luglio 2009), potrà essere data diffusione dei risultati progettuali

Sito Internet

È stata attivata l'area riservata del sito internet, (www.inoa.it/STAR), che illustra il Progetto.

Rendicontazione

I deliverables previsti a questo punto del Progetto, secondo la proposta originaria, erano:

D14. Lenti e specchi per varie tipologie di collettore solare, master per specchi leggeri in nichel

D15. Prototipo di laboratorio di un collettore solare di 40 cm di diametro con sistema adattivo per la correzione delle aberrazioni e inseguimento del sole

D16. Realizzazione del sistema di feedback per lo specchio adattivo

D17. Prototipo di un sistema da laboratorio per il monitoraggio della temperatura e della geometria dello spot

D18. Sistema di trasferimento ed archiviazione dei dati

D19. Rapporto sulla scelta del sito

D24. Verbali delle riunioni di progetto, rendicontazioni

È evidente che non possono essere questi i deliverables effettivi, dato che l'evoluzione delle attività ha portato ad una definizione del dimostratore affatto diversa. In particolare, mentre i punti D17, D18, D24 possono essere validi ancora adesso, gli altri devono essere rivisti. In dettaglio:

D14, D15: il dimostratore è composto da uno specchio primario di quasi 8 m² di superficie, senza lenti.

D16: il sistema di inseguimento ha un feedback sulla posizione e sulle inclinazioni assolute degli specchi, non sulla forma e sulla posizione del fuoco del sistema.

D19: l'orientamento iniziale era di provare il dimostratore a Firenze, e poi trasferirlo nel sito prescelto. Il sito toscano con caratteristiche adatte è risultato essere l'Isola di Pianosa, ma questa scelta rimane solo teorica, data l'impossibilità materiale di effettuare sia il test iniziale che la prova sul campo.

In questa fase è prevista 1 milestone da verificare:

M4. Produzione del primo prototipo da 40 cm di diametro di collettore solare attivo.

Questa Milestone è in corso, gli ordini dei vari componenti sono stati inviati alle Ditte, alcuni componenti sono già realizzati. Il completamento del dimostratore è previsto per la seconda metà di luglio, in linea con la quantificazione del ritardo indicata nel rapporto semestrale precedente.

Le milestones precedenti, relative alla progettazione dei vari componenti e sottosistemi, sono state soddisfatte, così da permettere l'avvio della realizzazione.

Riunioni

All'inizio del Progetto era previsto un numero minimo di riunioni, cui se ne sono aggiunte altre, secondo la lista seguente:

30/12/08: Riunione tecnica c/o INOA.
19/01/09: Riunione, c/o Regione Toscana, per definire l'allargamento della partnership.
27/01/09: Riunione tecnica c/o INOA.
03/03/09: Riunione tecnica c/o INOA.
01/04/09: Riunione tecnica c/o INOA.
09/04/09: Riunione tecnica c/o INAF.
28/04/09: Riunione tecnica c/o ASTRO (più riunioni del 12/05/09 c/o INOA e INAF).
26/05/09: Riunione tecnica c/o INOA.
18/06/09: Riunione tecnica c/o INOA.
23/06/09: Riunione tecnica c/o INAF.

Verbali

Seguono i verbali delle varie riunioni indicate al punto precedente. Il verbale del 30/12/2008 viene riportato in questo rendiconto in quanto è stato approvato successivamente all'inoltro del rendiconto precedente.

30/12/2008

Riunione tecnica
INOA, Arcetri, ore 09:30

INOA: F. D'Amato, L. Gambicorti

INAF: P. Salinari, G. Benvenuti

Dip. di Astronomia: M. Focardi, M. Pancrazzi, E. Pace

Dip. di Energetica: G. Grazzini, S. Piazzini, A. Presciani

Dip. di Meccanica e Tecnologie Industriali: L. Governi, Y. Volpe

La riunione inizia con l'intervento di D'Amato che riassume i punti principali relativi alla visita presso gli stabilimenti Ronda in data 19/12/08. La ditta si è mostrata molto interessata alla collaborazione con il gruppo STAR e si è impegnata a consegnare al gruppo una certa quantità di vetri per le prove da effettuarsi ad Arcetri. Tali prove consisteranno principalmente nello stabilire il raggio minimo di curvatura al momento della rottura dei vetri, in funzione delle condizioni di carico e delle caratteristiche dei vetri/specchi (spessore, tempra, argentatura, ecc...). In tal senso INAF sta preparando un sistema "a tavolino" (sostanzialmente un telaio rettangolare con quattro zampe e controtelaio per fissare le lastre ai bordi) per sottoporre i vetri a curvature crescenti fino alla curvatura critica corrispondente al raggio minimo relativo al punto di rottura. Tali prove verranno eseguite in funzione della gravità, ossia della direzione della verticale relativamente al supporto, per capire la reale necessità e l'eventuale posizionamento di leve astatiche. Con tale sistema è possibile, utilizzando barre filettate come tiranti o puntoni, realizzare le condizioni di carico (momenti) da applicare ai vetri in modo da imprimere contemporaneamente una curvatura lungo le due direzioni della cornice, esercitando quindi i carichi a cui è sottoposto uno specchio a doppia curvatura. In attesa dei vetri di Ronda, INAF si è procurato alcune lastre dello spessore di 2 mm, in modo da iniziare dai primi giorni del 2009 ad effettuare i test di rottura.

D'Amato sottolinea l'interesse da parte di Ronda nei confronti di queste prove, soprattutto per quanto riguarda la determinazione delle caratteristiche di rottura dei vetri sottoposti a tempra chimica. Infatti, in questo momento, Ronda sottopone i vetri a bagni chimici alla temperatura di 450 °C con tempi variabili dalle 4 alle 8 ore, in modo da ottenere tempre con spessori dai 15 ai 30 micron, senza conoscere l'effettivo beneficio in termini di carico di rottura. E' nel loro interesse determinare il miglior compromesso fra spessore della tempra e carico di rottura, così da minimizzare i tempi dei bagni e quindi i costi.

Oltre ai test meccanici sui vetri verranno eseguiti ad Arcetri anche i principali test ottici (trasmissione, planarità, ecc...) da parte di INAF e INOA. Sarebbe interessante poter effettuare anche test chimici (composizione, ecc.), ma al momento non è stato individuato un soggetto del gruppo STAR in grado di poterli effettuare.

Ronda pare molto interessata alla possibilità di sfruttamento dei brevetti industriali derivanti dal progetto STAR. Si pone quindi il problema della loro gestione. D'Amato propone di lasciare la gestione degli eventuali brevetti a Ronda, data la loro esperienza nel settore e le difficoltà nel gestirli da parte di più enti accademici e non solo. Si conviene con D'Amato.

Durante il meeting del 19/12 Ronda si è resa disponibile a fornire i pannelli in SMC di supporto per gli specchi e a realizzare un nuovo stampo bicurvo per la sperimentazione,

nonché ad adattare lo stampo attualmente in uso per la fornitura di specchi bicurvi delle dimensioni di 1.6 m x 0.6 m (questi li realizzerebbe dividendo a metà i pannelli derivanti dallo stampo attuale, che produce pannelli da 1.6 m x 1.2 m). Il principale vantaggio dei pannelli SMC consiste nel fatto che il loro coefficiente di espansione è molto simile a quello del vetro. Tuttavia non è detto che una volta realizzati i supporti in SMC con le curvature teoriche di progetto, questi siano in grado di mantenerle, una volta montati gli specchi e sottoposti alle varie condizioni di gravità (per specchi bicurvi delle dimensioni di 1.6 m x 0.6 m si prevedono frecce dell'ordine di 6 mm e 0.9 mm nelle due direzioni, con una focale degli specchi di circa 25 m). Allo scopo di irrigidire i pannelli SMC questi sono dotati di nervature (ribs) che si dipartono dai punti di aggancio della struttura di supporto (v. brochure Ronda). E' fondamentale quindi capire, prima con simulazioni FEA, poi con la sperimentazione, quanto effettivamente i pannelli si curvano se sottoposti a diverse condizioni di gravità e, in un secondo tempo, in relazione agli effetti del vento. Uno dei problemi nella realizzazione delle ribs per stampaggio è che queste non possono essere né molto profonde (circa 3-4 cm?...dato da chiedere a Ronda) né particolarmente strette (spessore minimo qualche mm?). Si conviene quindi di procedere iterativamente interagendo con Ronda; inizialmente, sulla base delle caratteristiche del materiale SMC (elasticità, densità, ecc...) il gruppo STAR fornirà a Ronda una prima ipotesi di pannello SMC basata su simulazioni agli elementi finiti. Sarà successivamente Ronda a far presente al gruppo STAR quale siano gli eventuali problemi derivanti dallo stampaggio della forma progettata, in modo da innescare un processo iterativo virtuoso.

In tale fase è fondamentale l'interazione fra INAF, INOA, Dip. Meccanica e Dip. Astronomia al fine di stabilire quale possa essere un buon compromesso nella realizzazione della forma e della struttura di supporto del pannello alla luce del sistema di controllo che si dovrà adottare. Infatti se, tramite una progettazione oculata delle nervature (e, eventualmente, delle leve astatiche), si riesce a garantire la forma teorica agli specchi per tutte le condizioni di gravità, è possibile progettare un sistema di controllo attivo che movimenti il pannello e compensi soltanto le deformazioni introdotte dalle raffiche di vento. Al fine di movimentare il pannello del prototipo si potranno utilizzare tre punti di aggancio alla struttura di supporto (autofilettanti secondo il sistema già in uso da Ronda), posizionati sul retro del pannello secondo un triangolo rettangolo con uno dei cateti disposto orizzontalmente, in modo da semplificare i movimenti in azimuth e in altezza.

Sulla base dello spazio disponibile sulle terrazze di Arcetri per l'installazione del prototipo e al fine di stabilire le due curvature degli specchi bicurvi 1.6 m x 0.6 m da fornire a Ronda per la realizzazione dello stampo, si decide di progettare un binario con raggio di curvatura di 20 m. In tal modo anche il pannello avrà focale pari a 20 m, con cerchio osculatore di raggio pari a 40 m.

Riassumendo, il primo passo consiste nel progettare congiuntamente con Ronda pannelli bicurvi nervati rigidi 1.6 m x 0.6 m supportati da una struttura metallica rigida (in ferro o in alluminio) che si muova su un binario circolare e possa ruotare intorno ad un asse orizzontale (per l'inseguimento in altezza del Sole) e ad un asse verticale per l'orientamento in funzione dell'offset del pannello rispetto al piano contenente Sole, corpo nero e verticale. In questo caso il sistema di controllo dovrà pilotare i movimenti suddetti ed eventualmente correggere le azioni del vento viste come effetti al prim'ordine (tilt o rotazioni intorno all'asse orizzontale).

Parallelamente svilupperemo la progettazione per un pannello bicurvo (di dimensioni da stabilire, probabilmente pari a 1.6 m x 1.2 m) in SMC flessibile, con nervature in una sola

direzione e spaziate con interasse opportuno. Tale pannello sarà deformabile nel piano sagittale da una struttura metallica posizionata ai bordi dello specchio, che applichi i momenti necessari al raggiungimento delle curvature teoriche in funzione dell'altezza del Sole sull'orizzonte. Probabilmente la struttura metallica montata ai bordi occuperà una parte -minima- della superficie riflettente in quanto dovrà essere agganciata rigidamente al pannello SMC in modo da applicare le necessarie deformazioni (corrispondenti a determinate condizioni di vincolo e rotazioni). In questo caso il sistema di controllo dovrà essere in grado di correggere anche le curvature nel piano sagittale. Sulla base del calcolo dell'entità delle rotazioni ai bordi e del loro spettro in frequenza verranno valutate alcune soluzioni per il monitoraggio delle deformazioni introdotte dal vento attraverso l'impiego di giroscopi mems e inclinometri con opportuni sistemi di amplificazione della sensibilità della misura (le prestazioni di tali dispositivi sono in fase di valutazione presso il DASS). Indicazioni utili in proposito si avranno dalle simulazioni agli elementi finiti e dalle prime sperimentazioni sul pannello flessibile.

D'Amato ricorda che si deve stabilire una data presunta per l'incontro fra Regione (nella figura di Patrizio Tancredi), gruppo STAR e Ronda in modo da formalizzare la collaborazione con Ronda e stabilire, oltre ai termini della collaborazione, le proprietà intellettuali dei risultati e dei diritti di sfruttamento derivanti dal perfezionamento del progetto. Si stabilisce, come data probabile per l'incontro il 19 gennaio, presso la sede della Regione. In tale occasione verrà presentata a Tancredi una proposta redatta dal gruppo STAR che contempli i vari aspetti della collaborazione e il futuro del progetto. A tal riguardo è auspicabile che, per la realizzazione dell'intero concentratore, vengano coinvolte aziende toscane o dell'interland fiorentino (ad esempio per la carpenteria delle strutture di supporto), mentre è molto probabile che, anche per la realizzazione dello specchio secondario del concentratore, venga coinvolta nuovamente Ronda. A tal proposito, vista la potenza concentrata per unità di superficie sul secondario (dell'ordine di 100 kW/m^2) è probabile che questo possa essere realizzato in alluminio rettificato lavorato a specchio con coating opportuno e dotato di sistemi scambiatori per sfruttare anche il calore sviluppato su di esso.

Infine si redige un elenco dei quesiti ancora aperti, da risolvere sulla base di indicazioni utili che possono essere fornite da Ronda.

In particolare tali quesiti riguardano i coatings:

- specchio primario: utilizzo del biossido di Titanio (TiO_2) per il degrado del materiale biologico. E' compatibile con la tempra chimica? ENEA utilizza già TiO_2 su tempra chimica?
- specchio secondario: utilizzeremo la stessa tipologia di specchio del primario o un altro tipo di specchio (es. metallico) con un coating particolare a banda larga? Potrebbe essere sviluppata una sperimentazione con Ronda...
- occorre realmente un coating sul lato interno della finestra del corpo nero?

All'ultimo quesito risponde Grazzini, affermando che, molto probabilmente, non occorrerà una finestra ottica sulla bocca del corpo nero e tantomeno un coating; infatti l'importante è realizzare l'apertura con dimensioni minime, derivanti dalla focale degli specchi, se si utilizza l'aria in pressione come scambiatore di calore con l'assorbitore.

27/01/2009

Riunione Tecnica
INOA, 09:30

Presenti:

INAF: Salinari, Ranfagni, Magrini, Benvenuti

Dip. Astronomia: Focardi, Pancrazi, Gherardi

Energetica: Grazzini, Piazzini, Presciani

Meccanica: Volpe

Ibimet: Taddei, Brugnoli

Focale degli specchi

20-17 m

17 m con secondario, a 4-5 m di altezza, per essere al di sopra della testa di un uomo.

Per il problema di non poter blindare la terrazza di Arcetri, meglio avere un secondario posto in alto.

La precisione per uno specchio secondario rotante e' doppia rispetto ad un corpo nero rotante.

I vantaggi di una focale piu' corta sono il piu' piccolo raggio di curvatura del binario, inoltre il corpo nero e' di dimensioni piu' piccole.

Collocazione del prototipo:

Vedi cartina da Google earth di Salinari

Opzione A (terrazza ovest): Angolo max di 56.5 deg, con altezza torre 5 m, con focale di circa 17 metri.

Opzione B (terrazza est)

Opzione C (terrazza est): maggiore angolo di copertura, 165 deg

Opzione D (terrazza ovest): circa 3 ore di copertura intorno al mezzogiorno, angolo max 82.5

Dimensione del pannello:

1.2 x 1.5 ciascuno, 4 vengono uniti per formare il pannello

da considerare il carico che possono reggere le terrazze, il minimo legale e' 300 kg/m²

ingrandire il pannello porta ad un aumento proporzionale di tutti i costi

la miglior configurazione per la struttura di pannelli rigidi sono 5 file di pannelli.

Struttura del singolo pannello:

Cornice, lo specchio lavora solo a trazione e compressione, in questo modo la gravita' influisce minimamente.

Il vetro viene incollato alla cornice, e poi entrambi vengono deformati. Una parte della cornice e' piatta, l'altra deformata
La parte attiva e' fatta piegando tutto il frame.

CASO Deformabile: cambio forma per aggiustare la focale

CASO rigido: solo rotazione

Per la deformazione: trave di acciaio o di alluminio (miglior caso alluminio)
Traliccio di alluminio, piano, in cui attacco gli specchi piani, e poi deformato il tutto

Problema del controllo del singolo specchio, per il dimostratore si possono aggiungere movimenti

Attuatori: flessione laterale per generare la curvatura
E' possibile anche partire da 20 attuatori che controllano gli specchi uno ad uno, nella configurazione di cinque strisce orizzontali, ciascuna con 2 specchi.
La deformazione elastica puo' essere applicata sia al caso rigido che a quello deformabile.

Punti relativi all'ordine del giorno

Resoconto incontro Ronda e Regione Toscana

Ing. Simonetti, Arch, Ronda
Impegno lavorativo, sfruttamento dei brevetti
Ronda vuole sapere quanto deve fare, dato che fermare la pressa o cambiare lo stampo ha un costo.

Tancredi, Regione Toscana
E' d'accordo con la collaborazione di Ronda, possiamo richiedere ulteriori finanziamenti.
Per la Regione ha una valenza l'entrata di Ronda nella collaborazione.

L'arch. Ronda ha proposto l'utilizzo della pressa attualmente fuori produzione
Suggeriscono di mettere i punti di sostegno sui bordi, invece di sostegni e costole dietro allo specchio, che possono comportare distorsioni.

Ronda e' in grado di preparare i pannelli, ma vorrebbero una verifica sul loro progetto.
Parametri: posizioni dei punti, flessione massima.

Disponibilita' per specchi per le prove.
Tempo minimo di tempra.

Elementi comuni per i due approcci:

- 1) vincolo sul bordo
- 2) incollaggi comuni nei due casi, rigido e deformabile. L'incollaggio deve trasmettere gli sforzi

3) flessione del pannello già incollato

SISTEMA DI CONTROLLO

Dipartimento di Astronomia

Mauro Focardi

Ipotesi di modulo che contenga 10 specchi:

1. Pc di controllo locale
2. Camera ccd per l'allineamento degli specchi
3. controllo ECAN
4. motore automazione del binario
5. motori elevazione altezza e azimut
6. Elettronica sul pannello per monitorare l'inclinazione degli specchi rispetto alla gravità
7. Accelerometri MEMS per misurare l'accelerazione di gravità, misurando questa si misura l'inclinazione del pannello, con la precisione di 2 arcmin, 1/15 di diametro solare. Può servire sia per la posizione iniziale del binario, che per correzioni dopo folate di vento.
8. controllo del posizionamento della struttura di supporto: lettore codice a barra solidale alla struttura su binario ($R=15$ m), codice a barre solidale al terreno su arco di cerchio con apertura 120 deg. Risoluzione 0.08 mm a 8.8 cm di distanza. Con un raggio del binario di 15 m, 1 arcmin corrisponde a 4 mm, 4 mm sono 50
9. tacche, codifica necessaria (14 bit) se si utilizza codice binario.

Il piano per lo sviluppo del sistema di controllo è approvato all'unanimità.

Proposta di utilizzo del motore del telescopio Tirgo

Mancano gli azionamenti e la parte di controllo digitale del motore

Richiesta alle ditte per recuperare queste parti

Ci sono 4 motori

Viene suggerita come migliore soluzione l'acquisto di modelli nuovi di motori.

Dipartimento di Energetica

Andrea Presciani

Si vuole misurare la potenza solare intercettata dal rivelatore (25 soli)

Grandezza e angolo di incidenza del rivelatore.

Distribuzione spaziale di questa potenza radiante

Adesso sono 150 soli, con una dimensione del corpo nero di circa 35 cm

Per una caratterizzazione buona dovremmo raccogliere la luce proveniente fino a 3 sigma. $1 \times 1 \text{ m}^2$ permette di arrivare fino a 3 sigma, ma potremmo limitarci a $60 \times 60 \text{ cm}^2$

Possibili problemi e soluzioni per il rilevatore di radiazione solare:

A) CELLE

- 1) celle fotovoltaiche: rilevatore piano, completamente coperto da celle fotovoltaiche. Il segnale in uscita da ciascuna cella viene letto. Problemi: celle normali vanno in corto a 3-4 soli. Si potrebbero usare celle a concentrazione, ma ci sono problemi di costo
- 2) celle normali schermate con filtri (monocromatici, grigi, chopper), ma problemi su come ricavare alla potenza di tutto lo spettro
- 3) il rendimento delle celle PV è funzione della temperatura, occorre monitorare anche quella
- 4) raffreddamento celle, non assorbimento dell'IR, costo

B) FOTODIODI

- 1) meno costosi, non c'è bisogno di raffreddamento, non si può coprire l'intero pannello, ma solo punti specifici
- 2) striscia tipo scanner in movimento, am dipende dalla risoluzione spaziale
- 3) filtri

C) Fibre ottiche

D) CCD commerciale, vantaggio velocità di lettura, da calibrare

E) Termocamera, ma problemi di fluttuazioni per moti convettivi dell'aria.

Tutte queste sono misure relative. Necessario uno schermaggio per il pannello fotovoltaico commerciale.

Approvata la seguente soluzione come baseline: pannello fotovoltaico schermato con un pannello forato, in modo da ridurre la radiazione proveniente dal sistema. Le celle sono di 2.5 cm di lato, questo ci dà il pattern.

Dipartimento Meccanica

Yary Volpe

Struttura del pannello

1.5 x 0.6 m dove porre gli attacchi per la movimentazione.

- 1) Configurazione a triangolo rettangolo. Deformazioni consistenti, dell'ordine di 4 mm
- 2) Configurazione a triangolo isoscele, deformazione a 45 gradi sotto gravità: 0.8 . mm

Peso della struttura senza vetro: 8 kg

Simulazioni con il vetro. L'aggiunta del vetro aumenta la rigidità.

Il peso totale della struttura composta da 10 pannelli sarà 100 kg.

Cosa chiedere a Ronda? Cosa vogliamo da loro?

Prossimo appuntamento venerdì per discussione problemi meccanici.

03/03/2009

Riunione tecnica
INOA, Arcetri, ore 09:30

INOA: F. D'Amato, F. Simonetti, A. Zuccaro
INAF: P. Salinari, G. Benvenuti, L. Magrini, P. Ranfagni
Dip. di Astronomia: M. Focardi, A. Gherardi
Istituto di Biometeorologia: G. Brugnoli
Dipartimento di Energetica: G. Grazzini, S. Piazzini, A. Presciani
Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali: L. Governi, Y. Volpe

La riunione inizia con D'Amato che espone lo stato dell'accordo con la RONDA. Si è deciso di fissare un incontro approssimativamente lunedì 10/03 per la firma.

Test sugli specchi- Progettazione modulo e sostegni specchi

Intervento di Benvenuti e Magrini

Risultati ottenuti dai test sugli specchi:

➤ Partendo da uno specchio di $F=20$ m, si agisce su ogni lato singolarmente, portando lo specchio fino ad una focale di 8 m. Le tolleranze ottenute sulle focali lunghe stanno entro le tolleranze meccaniche, mentre sulle focali corte sono di un fattore 4 superiori.

➤ Una misura del fit polinomiale è stata eseguita per vedere quanto si discosta il profilo ottenuto rispetto a quello parabolico

Prossimi passi: fare le mappe degli specchi.

Salinari, con l'ausilio di un foglio Excel, prende in considerazione lo spot dello specchio più esterno (supponendo che sia una superficie parabolica) della configurazione che mostra corretto da astigmatismo ma non da coma. Considerando incidenza del sole di 70° riesce ad ottenere buone concentrazioni (il 60% rispetto alle teoriche di immagini stigmatiche).

Concludendo, Salinari afferma che i risultati che ottiene introducendo un'ulteriore correzione dell'astigmatismo sono buone. Questo implica che i parametri di controllo non sono uno solo ma tre (aggiunge cioè un elemento sulla diagonale).

Salinari pone il quesito: quanti gradi di libertà bisogna utilizzare?

D'Amato interviene dicendo che meccanicamente si può pensare di realizzare un modo che introduca un grado di libertà in più (quello sulla diagonale), immaginando di deformare le travi in modo non più simmetrico ma asimmetrico.

D'Amato continua dicendo che però la scelta migliore è quella più semplice, in seguito si potrà far vedere che si riesce a fare dell'altro; per adesso è meglio limitarsi ad ottenere concentrazioni buone per angoli d'incidenza del sole adatti al nostro caso di Arcetri (non ci serve avere buone concentrazioni per angoli d'incidenza di 70°).

A tal proposito, Salinari mostra (con un grafico) che gran parte dell'energia si ha con angoli d'incidenza del sole di 40° . Questi dati si trovano in internet nel foglio Excel "SUNRAD".

Salinari continua facendo vedere delle foto della terrazza di Arcetri e il posizionamento del binario in modo da sfruttare tutta la terrazza.

Governi interviene parlando dei modelli meccanici. I meccanici stanno lavorando sui nuovi raggi di curvatura. Gli ultimi dati trovati sul modulo reticolare della struttura sono relativi a 4/100 di freccia; questo però è un dato preliminare, e si continuerà ad elaborare.

Inoltre, i meccanici stanno lavorando sulla parte rigida reticolare. Per continuare, chiedono l'informazione sull'arco di movimento, in modo da calcolare come viene sostenuta la struttura per poi poter stabilire la rigidità di tale struttura.

Progettazione del sistema di controllo

Focardi parla della progettazione del sistema di monitoraggio, elencando diverse strutture di movimentazione:

- Concentratore motorizzato alla Dish-Stirling con una movimentazione in azimut; si utilizza anche una catena direct drive.
- Sistema che per l'elevazione utilizza dei martinetti con viti a ricircolo di sfere e per la movimentazione in azimut un braccio meccanico (motori brushless).
- Sistema Planocentrico che utilizza anch'esso dei martinetti, oltre ad una corona dentata
- Sistema con movimentazione usata per i telescopi con corona dentata.

Focardi chiede tra queste soluzioni quale si sceglie.

Salinari risponde che la migliore è la prima (Dish-Stirling): è comodissima poiché utilizza una catena da motocicletta (invece della corona dentata), una meccanica semplice e poco costosa.

A questo punto Focardi chiede di vedersi con Governi per sapere di più della struttura che pensano di utilizzare, per avere informazioni su dati importanti per il dimensionamento dei motori.

Focardi chiede quale attuatore deve utilizzare.

Dopo essersi chiariti (Focardi e Governi) su un attuatore con una corsa di 30 cm da non usare su singolo specchio ma in caso da utilizzare sull'intero modulo, i due concludono che per movimentare il singolo specchio il massimo della corsa è di 3-5 mm.

La discussione continua sul peso dell'intero modulo (escluso il carrello) che è al massimo di 200Kg. Per altri approfondimenti, si mettono d'accordo di incontrarsi venerdì mattina 6 Marzo a ingegneria a Santa Marta.

Focardi fa vedere un preventivo dell'AZEL GENESI di Milano riguardo all'acquisto dei 3 motori DC di recupero ex TIRGO: per avere 3 azionamenti bisogna spendere €1500 e per l'alimentatore €500.

Passa poi a discutere di un accelerometro MEMS mostrandone un esemplare, del costo di €19.

Sul controllo del posizionamento della struttura di supporto, la proposta di Focardi è utilizzare un codice a barre, attaccandone una striscia sul binario. Comunica che un lettore 2D "DATA LOGIC" costa €500, e in alternativa pensa di utilizzare una semplice webcam (costo €10).

Salinari espone il problema di iniziare a pensare al movimento di rotazione del subriflettore.

D'Amato e Governi propongono come soluzione 2 tiranti, ma la questione è ancora da valutare per bene.

In vista della richiesta che deve presentare al suo direttore, Salinari richiede un piano grossolano di quello che va messo sulla terrazza; si chiede se l'impianto elettrico è all'aperto.

Tutti i presenti sono d'accordo per iniziare ad informarsi su quali sono le aziende che realizzano binari con raggi di curvatura ottimali per questo progetto.

D'Amato si offre di occuparsi della ricerca di un binario con raggi di curvatura di 11m-12.5m.

Per muovere la struttura sul binario ci possono essere diverse opzioni, ad esempio cuscinetto a sfere o ruote cilindriche.

A tal proposito è necessaria una ricerca sul miglior sistema di movimentazione. Si propone come possibilità l'uso di ruote con bordino.

Governi e Volpe si offrono di occuparsi di ricerca su ferramenta e calandrature.

Progettazione del sistema di monitoraggio

Grazzini e Piazzini espongono le diverse scelte sul sistema di monitoraggio. Tra queste c'è un sensore (senza protezione) formato da una striscia di celle fotovoltaiche (dimensioni=1 cm x1 cm) al Ge ed AsGa (singola giunzione). Il sensore è completo di tutto compresa la striscia di nitrato di alluminio che è posta dietro. E' necessaria una protezione superficiale alle celle (ad esempio una striscia di vetro), e anche uno strato inferiore di mica.

Il problema del sensore è che non sono chiare le tempistiche per ottenerlo (probabilmente sono tempi indeterminati).

In alternativa al sensore c'è la soluzione artigianale: questa permette di modificare a nostro piacere le singole celle come più opportuno.

Grazzini afferma che si interesseranno ad un progetto preliminare del corpo nero (in struttura cilindrica), e chiede al Salinari qual è l'altezza del corpo nero da terra.

Salinari dice che l'altezza dovrebbe essere di 85 cm ipotizzando una bocca del corpo nero di 30 cm (che copra immagine del sole).

Grazzini risponde che per ottenere una bocca di 30 cm la struttura del corpo nero deve essere a circa 1.60m.

Dati meteo

Brugnoni inizia a parlare della grandine: dalla letteratura il chicco massimo sembra poter arrivare ai 30 cm di diametro.

D'Amato chiede se si possono fare dei test ed eventualmente quali.

Dopo diverse proposte, la più adatta sembra quella di realizzare delle barrette di ghiaccio aventi la punta con il raggio di curvatura di 30 mm e farle cadere sullo specchio da diverse altezze (da concordare), avendolo prima deformato in maniera che abbia lo stesso stress dello specchio reale.

Per realizzare questi test sarebbe bene sollecitare la RONDA in modo che forniscano i vetri anche senza il coating riflettente.

01/04/2009

Riunione tecnica

INOA, Arcetri, ore 09:30

INOA: F. D'Amato, L. Gambicorti, A. Zuccaro

INAF: P. Salinari, L. Magrini, P. Ranfagni

Dip. di Astronomia: E. Pace

Istituto di Biometeorologia: S. Taddei

Dipartimento di Energetica: G. Grazzini, S. Piazzini, A. Presciani

Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali: L. Governi, Y. Volpe, T. Guerri

La riunione inizia con D'Amato che ricorda che tutti i borsisti, i quali non abbiano ancora provveduto, devono presentare una relazione in corrispondenza del rinnovo dei contratti.

Il primo argomento affrontato riguarda i tempi di attuazione del progetto: l'accordo del progetto STAR con la Regione Toscana prevede che entro il 30/06/2009 vengano emessi ordini di pagamento per una somma pari al 75% del totale di spesa preventivato; sottraendo gli stipendi e le spese già sostenute, questo vuol dire che, per la costruzione del dimostratore il budget complessivo è pari a € 101.000. Il budget di spesa era stato preventivamente suddiviso tra i vari partner sulla base di considerazioni generali; tuttavia, ogni partner può sentirsi libero di utilizzare il budget nella misura che ritiene più congeniale, tenendo conto delle esigenze degli altri partner. D'Amato invita, per ogni ordine effettuato, ad inviare a tutta la mailing list un aggiornamento delle spese, in modo che ciascuno sia aggiornato sulla situazione economica complessiva. D'Amato ricorda inoltre che l'IVA non viene scalata per questi ordini.

Per quanto riguarda le infrastrutture, cioè il binario, vengono illustrate da D'amato due possibilità: la prima consiste nell'acquistare delle rotaie Decauville dall'unico rivenditore italiano, comprese di traversine in cemento e sistemi di fissaggio; la seconda utilizza profilati commerciali a I come binari e profilati a C come traversine. Quest'ultima dovrebbe risultare meno costosa e con tempi di consegna inferiori, anche se con più giunzioni, visto che i profilati vengono venduti a lunghezza standard di 6 m. Salinari fa notare che andrà chiesta una verniciatura, o comunque che i profilati possano essere verniciati *in loco*.

Per quanto riguarda le ruote del carrello, D'Amato e Governi propongono di utilizzare ruote cilindriche: sebbene sia una soluzione cinematicamente scorretta, alle basse velocità in questione non dovrebbe introdurre problemi di posizionamento. Salinari invece propone di utilizzare ruote coniche ad asse inclinato, in maniera che il contatto ruota-rotaia avvenga lungo una generatrice del cono. Queste ruote difficilmente saranno reperibili in commercio, ma possono essere fabbricate al tornio. In questa soluzione, dovrebbero essere previsti anche due cardani per unire le quattro ruote su due assi, di cui uno motorizzato.

Per quanto riguarda invece le restanti infrastrutture, viene richiesto a Ranfagni che sulla terrazza vi sia un allaccio elettrico monofase per una potenza di 10 kW, una copertura di rete e un allaccio alla rete idrica. Inoltre, Grazzini solleva il problema dell'esposizione alle intemperie, in particolare per quanto riguarda la strumentazione di misura; viene deciso che, sotto la torre su cui è alloggiato il riflettore secondario, verrà realizzato un ambiente

protetto, sempre permanendo il vincolo che tutto possa essere rimosso con semplicità alla fine della campagna di misura.

Salinari mostra la piantina della terrazza di Arcetri dove verrà allestito il dimostratore: per citare alcune misure, il raggio del binario interno sarà di 11 m, lo scartamento dei binari di 1,435 m (come in uso per le ferrovie), l'angolo coperto sarà quasi di 180° , il riflettore secondario, di estensione circa 1 m^2 , sarà posto a 6,5 m da terra e l'apparato di misurazione dell'efficienza avrà un ingombro di 85 cm.

Per quanto riguarda la struttura di sostegno degli specchi, Governi illustra una proposta di geometria, con un carrello di $1,5 \times 1 \text{ m}$, che sorregge un pilastro centrale che fornisce i due gradi di libertà ad una travatura reticolare, su cui poi verranno montati gli attuatori e gli specchi. Questo dispositivo, comprensivo di specchi ed attuatori, ha una massa di 400-450 kg. I problemi relativi a questa soluzione costruttiva sono relativi alla tecnologia di fabbricazione e al montaggio: anzitutto, vi sono alcuni nodi in cui convergono fino a 8 tubi, con conseguenti problemi di saldatura; inoltre, le saldature comportano deformazioni, per cui la planarità della superficie su cui vanno montati gli attuatori è tutt'altro che garantita. D'Amato propone di risolvere il primo problema inserendo elementi poligonali o ad anello nei nodi di saldatura, in modo che ogni tubo sia saldato non agli altri, ma all'elemento poligonale, e il secondo inserendo delle piastrine con tre scanalature a V, inclinate mutuamente di 120° ; in questo modo è possibile inserire gli attacchi dello specchio, purché essi abbiano tre punte o tre sfere. Governi invece propone di ovviare al secondo problema tramite piastrine a tre viti, mentre la soluzione di rondelle a spessore variabile non appare praticabile.

Salinari solleva il problema di come ancorare il secondo tipo di specchio, cioè quello alimentato mediante deformazione elastica, sul supporto presentato da Governi; infatti le esigenze di questa seconda geometria sono completamente opposte. Come orientamento generale, viene deciso che, in ottemperanza con i già citati impegni con la regione, entro il 30/06/2009 verrà costruito il supporto per gli specchi rigidi; nel frattempo verrà sviluppato il progetto per gli specchi deformabili, il quale però non sarà soggetto ai vincoli di tempo suddetti. Il carrello invece sarà sempre lo stesso, sarà l'interfaccia lato specchi a cambiare. Per questo il carrello andrà progettato per sopportare un peso pari 1,5 volte quello attuale.

Salinari espone i risultati delle misure effettuate sulla terrazza di Arcetri sul campione di specchio deformabile; la tecnica utilizzata è il cosiddetto "curvature sensing", in cui, rilevando le immagini con schermi a diverse distanze dallo specchio, è possibile desumere la curvatura originaria dello specchio. Si osserva che alla distanza focale, effettivamente si ha il punto di fuoco, anche se circondato da un alone di luce fuori fuoco non indifferente; sugli schermi a distanze diverse invece l'immagine non è puntiforme, com'era da attendersi. In particolare, sugli schermi a distanza minore di quella focale, si osservano delle immagini con punti di luce più concentrata, il cui pattern ha una disposizione romboidale. Salinari ipotizza che questo dipenda dalla disposizione dei morsetti con cui lo specchio è ancorato al telaio, ma ancora non è stato verificato sul campo.

Piazzini riferisce sullo stato di avanzamento della progettazione del sistema di monitoraggio dell'efficienza. Il corpo nero, cui spetterà la misurazione dell'energia raccolta dal concentratore, sarà costituito da un tubo in rame, tappato sul fondo e alettato internamente, in modo che il fattore di vista (e quindi le perdite radiative) siano basse; il corpo in rame, costruito in lamiera da 1 mm circa, sarà immerso in un contenitore di plastica più grande, il quale sarà riempito d'acqua; misurando il tempo necessario per ottenere un certo incremento di temperatura si può calcolare il calore raccolto. Più delicato è il discorso per il

monitoraggio della distribuzione spaziale dell'efficienza, a causa di problemi di costo: infatti, i sensori migliori, cioè le celle a concentrazione, hanno un costo eccessivo, anche se potrebbero operare senza schermature. Le alternative proposte sono celle fotovoltaiche normali, schermate in maniera nota e caratterizzabile, oppure fotodiodi, schermati oppure inseriti con resistenze che permettano di non andare in saturazione con concentrazioni elevate. La soluzione verso cui si propende è la seguente: una matrice bidimensionale di fotodiodi, mobile in verticale per una corsa di 50-60 cm e schermata anteriormente da un pannello forato, con tutti i fotodiodi inseriti in tubicini aperti di PVC nero, per evitare che ogni fotodiodo “veda” anche la luce proveniente dai fori circostanti. Inoltre, al centro della matrice verrà inserita una cella a concentrazione, per avere una più efficace calibrazione del sistema. La soluzione di una matrice bidimensionale aumenta di molto il numero dei canali di acquisizione, ma Pace assicura che il Dipartimento di astronomia potrà collaborare per allestire l'elettronica relativa. Sarà comunque allestita una piccola sperimentazione preliminare.

Infine, all'IBIMET viene raccomandato di operare un “servizio di allerta meteo” quando il dimostratore sarà allestito, e tutti i partecipanti al progetto vengono invitati a fornire la loro reperibilità per riparare la struttura in caso di precipitazioni o vento forte.

La prossima riunione, che avverrà con la partecipazione di Ronda Reflex, è fissata per il 9 aprile.

09/04/2009

Riunione tecnica
INAF, Arcetri, ore 09:30

Presenti:

INOA: F. D'Amato, F. Simonetti, A. Zuccaro

INAF: P. Salinari, L. Magrini, P. Ranfagni

Dip. di Astronomia: M. Focardi

Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali: Y. Volpe

Ronda High Tech (HT): G. Ronda, T. Simonetti

La riunione comincia con la visita alla terrazza dell'Osservatorio su cui sono in corso le prove di deformazione di specchi tradizionali.

Il seguito della riunione avviene nella Sala Rosa.

D'Amato consegna ai rappresentanti della Ronda HT la convenzione, firmata da INOA, Regione Toscana e Ronda HT, per l'allargamento della partnership del progetto STAR.

D'Amato spiega la situazione del progetto e delle due linee di azione sulle quali procedere. Descrive le caratteristiche generali delle due soluzioni ottiche previste e delle caratteristiche di specchi e pannelli da realizzare.

D'Amato chiede a Ronda HT un certo numero di campioni per i test di trasmissione e diffusione, di dimensioni $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Salinari chiede anche alcuni campioni di specchi di dimensioni finali ($120 \times 160 \text{ cm}^2$) per le prove di rottura. Ronda HT si impegna a provvedere quanto prima.

Per quanto riguarda la parte degli specchi rigidi, il Dip. di Ingegneria manderà i dati progettuali a Ronda, per le necessarie verifiche e correzioni. La finalità è realizzare otto pannelli, di dimensioni $60 \times 160 \text{ cm}^2$, rigidi, con due raggi di curvatura prefissati nelle due direzioni ortogonali. Date le dimensioni dello stampo disponibile presso Ronda HT, i pannelli possono essere realizzati in due parti affacciate, ciascuna di dimensioni $60 \times 80 \text{ cm}^2$. Si prevede una interazione tra il Dip. di Ingegneria ed i tecnici di Ronda HT, per convergere in tempi brevi sul pannello da realizzare.

Dopo una breve discussione sulla protezione posteriore degli specchi, Salinari espone le caratteristiche, ed i risultati preliminari, degli specchi deformabili.

Sono state effettuate delle prove di deformazione di specchi commerciali di spessore 2 mm, che hanno evidenziato delle disuniformità delle deformazioni, legate alla realizzazione pratica ed ai materiali impiegati nel test. I prossimi test prevedono l'uso di colla, al posto di biadesivo o morsetti, per tenere insieme il sandwich telaio-specchio-telaio.

Segue la descrizione di alcune possibili geometrie per realizzare specchi deformabili, avendo come telaio di sostegno un insieme in metallo e SMC.

Ronda segnala il problema della diversa dilatazione termica tra vetro/composito e struttura metallica di supporto. D'Amato risponde che, nel caso degli specchi rigidi, i supporti sono tali da evitare che tale differenza induca deformazioni nello specchio. Nel caso degli specchi deformabili, posto che ci sia un sistema di controllo della curvatura dello specchio, eventuali deformazioni parassite possono venire compensate con i normali attuatori di cui lo specchio è provvisto.

Ronda riporta alcune perplessità sulle varie soluzioni, legate alle dimensioni massime degli specchi, alle difficoltà realizzative, ai processi industriali. Salinari risponde riportando le linee guida della ricerca, e le varie opzioni realizzative possibili, in funzione della disponibilità di stampi di diverse dimensioni.

Segue una discussione sulle varie problematiche legate alla realizzazione degli specchi deformabili, alla funzione ed alla realizzazione dei diversi gradi di libertà nell'orientamento o nella deformazione degli specchi, e su alcuni aspetti dell'utilizzo dell'energia raccolta.

D'Amato segnala la possibilità dell'uso di un cono concentratore per recuperare almeno parzialmente quella radiazione che, per motivi intrinseci all'ottica, o legati alle tolleranze nella realizzazione dei componenti, non entra nel corpo nero finale.

La riunione termina alle 16:40.

28/04/2009

Riunione del 28/4/2009 ore 14:30, Dipartimento di Astronomia

Presenti: F. D'Amato, L. Gambicorti, S. Piazzini, A. Presciani, E. Pace, M. Focardi, A. Gherardi, M. Pancrazi

Riunione del 12/5/2009 ore 9:00, INOA

Presenti: F. D'Amato, L. Gambicorti, F. Simonetti, S. Piazzini, A. Presciani

Riunione del 12/5/2009 ore 10:00, INAF

Presenti: S. Piazzini, A. Presciani, P. Salinari, G. Benvenuti, L. Magrini

Piazzini e Presciani espongono i risultati della sperimentazione preliminare effettuata sui fotodiodi. Le prove condotte esponendo un fotodiodo alla luce concentrata da una lente d'ingrandimento (fattore di concentrazione stimato ~ 300) hanno mostrato che la risposta del sistema è non lineare al variare della concentrazione, sebbene il fotodiodo non vada in saturazione. Inoltre, viene fatto notare che l'utilizzo di una matrice di fotodiodi (o anche di una striscia mobile strumentata) comporta una serie di costi non indifferenti, quantificati tra i 4000 e i 6000 €. Una soluzione più economica ed allo stesso tempo più semplice sembra essere la seguente: disporre sul piano focale un filtro a densità neutra (carta argentata o Baader Astrosolar) e, immediatamente sotto di esso, un diffusore ottico, che può anche essere della semplice carta lucida da disegnatore, sulla quale sia stampato un pattern di riferimento. Su questa carta lucida si viene dunque a formare l'immagine dello spot di luce concentrata, che può essere fotografata da una macchina posta al di sotto dei suddetti fogli. Questo sistema permette:

- a) di abbattere i costi di realizzazione;
- b) di aumentare la risoluzione della mappatura;
- c) di semplificare il sistema di acquisizione.

Viene tuttavia fatto notare da più parti che deve essere verificato il fatto che la mappatura così ottenuta abbia un significato quantitativo e non solo qualitativo, specialmente a causa della risposta del CCD, che non è lineare per tutti i valori di radiazione luminosa incidente. Da quanto emerso nelle varie riunioni, altri aspetti del sistema di misura sono i seguenti:

- a) verrà previsto un sistema che mantenga ben tesi i fogli di Astrosolar e di carta lucida;
- b) il sistema di movimentazione verticale è composto di due stadi, uno che permetta di posizionare lo schermo su piani orizzontali ad un'altezza da terra variabile tra 90 e 190 cm (a passi di 10 cm), mentre il secondo servirà solo a "mettere in bolla" l'apparecchiatura e sarà costituito da semplici perni filettati
- c) come macchina fotografica sarà utilizzata una Nikon D40, già in possesso di INAF che è completamente remotabile, sia per quanto riguarda la messa a fuoco, il tempo di esposizione e l'apertura del diaframma, sia per quanto riguarda il comando di scatto della foto e l'acquisizione dell'immagine raw; inoltre è alimentabile non a batteria ma da rete elettrica;
- d) la camera oscura sarà dunque progettata in modo che nella procedura di misura la macchina fotografica sia toccata il meno possibile;
- e) per garantire la sicurezza degli operatori, la "bocca" di questo dispositivo deve essere sovrastata da un tronco di piramide rovesciato, che intercetti eventuali raggi deviati dal loro percorso ideale.

INAF ha gentilmente acconsentito ad prestare la macchina fotografica ad Energetica per effettuare alcuni test. Se poi, al momento dell'installazione, INAF avrà ancora bisogno della fotocamera per effettuare i test sullo specchio flessibile, Energetica ne acquisterà una identica per inserirla nell'apparecchio di misura.

Viene inoltre ribadito che il sistema qui descritto ed il corpo nero sono due strumenti di misura mutuamente escludentisi, cioè che le due misure non possono essere effettuate in contemporanea. Per questo essi dovranno essere alloggiati su carrelli con ruote.

26/05/2009

Riunione tecnica
INOA, Arcetri, ore 09:30

Presenti:

INOA: F. D'Amato, F. Simonetti, A. Zuccaro, L. Gambicorti

INAF: P. Salinari, L. Magrini, G. Benvenuti

Dip. di Astronomia e Scienza dello Spazio: M. Focardi, M. Pancrazzi, A. Gherardi

Dip. di Meccanica e Tecnologie Industriali: Y. Volpe, L. Governi, T. Guerri

Dip. Energetica: G. Grazzini, S. Piazzini, A. Presciani

IBIMET: F. P. Vaccari, S. Taddei

INOA

1) Concentratore. Per la simulazione del comportamento degli specchi sono necessari i dati meccanici definitivi, cioè tutti i punti in cui è incernierato. Meccanica: mancano solo i cuscinetti, che danno la posizione della torretta, mancano i motori per la rotazione. Le traversine sono state consegnate, e la ditta che le ha fornite potrebbe fare anche il carrello. Le ruote sono già disponibili. Le rotaie sono pronte da consegnare.

2) Da chiarire: la mattonella di legno sulla quale appoggiare il tutto: compensato fenolico da 18 mm?

La struttura dei binari e' la seguente: foglio di plastica, legno, piedi, traversine, rotaie.

Sui manufatti in ferro va passato il diluente per sgrassarle e l'antiruggine bianco. Per la terrazza servono ombrelloni, quadro elettrico, presa di rete, aria compressa.

Per la rete internet: si potrebbe usare un bridge wireless al contrario che, tramite opportuna configurazione, può fornire indirizzi IP statici.

Acqua: e' obbligatorio bere spesso per evitare disidratazioni.

IMPORTANTE: da fornire prima possibile a P. Ranfagni opportuna planimetria CAD con gli ingombri delle strutture (binari, posizione corpo nero, torre per secondario, prese di rete ecc.)

Si devono realizzare pannelli informativi da mettere sul cantiere il quale verrà transennato. E' stata prevista opportuna area per carico/scarico merci.

Rendicontazione:

all'inizio della riunione 54000 euro (aggiungendo le ultime spese segnalate 68.500 euro)

106250 euro da spendere

dobbiamo aver rendicontato entro il 30 giugno il 75% dei fondi. Vanno rendicontati comunque anche gli impegni non ancora liquidati.

Scadenze: 15 giugno per l'amministrazione, 26 giugno dead line per la consegna dei rapporti scientifici

Previo consenso della Regione Toscana si possono includere anche computer, macchine fotografiche. Manca ancora un dato certo sull'esito del rendiconto del secondo semestre 2008.

- 3) Smaltimento dell'impianto al termine del progetto
- 4) Inizio dei lavori di montaggio la prossima settimana.

Acquisti per il montaggio rotaie:

- a) Si potrebbe utilizzare una livella laser per montare le rotaie
- b) Proposta di acquisto di un avvitatore elettrico
- c) Grasso al litio per bulloni, 5 barattoli di un chilo
- d) Guanti da lavoro
- e) Attrezzatura anti-infortunistica: casco, scarpe (no sandali)

5) Pratiche brevetti

Cos'è brevettabile:

- a) Binari
- b) Applicazione dello specchio adattivo alla concentrazione solare
- c) Idea nel suo complesso
- d) Soluzione di attacco degli specchi

Informarsi su studi che trattano i brevetti

IBIMET:

Sistema di allerta meteo

- 1) Mappa di radiazione: da terra o satellitare. I dati da terra sono puntuali, ma buoni, mentre i dati da satellite sono basati su dei modelli validati dai dati a terra. La risoluzione è più uniforme nel caso del satellite, meteosat risoluzione dell'ordine di 5 km. Confrontati con le stazioni da terra si ha un rmse del 15-20%. Lamma + ibimet per stazioni da terra per validare i dati da satellite sulle zone di interesse, area Toscana.
- 2) Allerta meteo: il Lamma fa un servizio di questo tipo per vari agenti atmosferici: vento forte, tempesta. Abbiamo chiesto al Lamma un sistema analogo per Firenze, per venti superiori a 50 km/h e di tempesta. Sulla base di questa allerta si segnalerà alle persone reperibili, eventualmente con un sistema automatico di sms.
- 3) Sistema con anemometro con in condizione di vento lo porta in posizione di sicurezza.

TORRE

Guida circolare per la rotazione del secondario

Gabbia chiusa alla base della torre per vari strumenti di misura (tubolari innocenti + tetto) con ventilatore e prese d'aria.

Secondario:

- a) motorizzato autonomamente

- b) legato al carrello in movimento (soluzione scartata)

CORPO NERO

- 1) Diametro 400 mm, diametro esterno 700 mm, altezza 800 mm, di 50 kg scarico, in grado di contenere 44 l
- 2) Mappatura radiazione:
 - a) Astrosolar (filtro a densità neutra) attenuazione 1/100000
 - b) Foglio di carta lucida per diffondere
 - c) Macchina fotografica per acquisizione, Nikon D40, necessario l'acquisto del gradangolo
 - d) Computer
 - e) Elevazione corpo nero: carrello già pronto, o carrello disegnato specificatamente.

MECCANICA e ELETTRONICA

Tempi di consegna lunghi per i cuscinetti da utilizzare per la movimentazione in azimut. Si suggerisce di perseguire anche altre soluzioni, magari interpellando fornitori diversi. Volpe illustra i cad 3d dei pannelli in SMC ottenuti dopo diversi confronti con Ronda e della struttura di supporto in alluminio + torretta + carrello.

Salinari chiede informazioni sui possibili gradi di libertà della struttura progettata nel caso si voglia riutilizzare per sorreggere gli specchi deformabili. Informa anche sulle nuove prove effettuate e da effettuare sugli specchi con tavolino con struttura in legno in modo da rientrare nel regime lineare delle deformazioni.

Per deformare gli specchi, rientrando nella tolleranze non correggibili, si deve variare di un fattore massimo pari a due la focale degli specchi. Questo può essere fatto agendo sulla curvatura dei lati e della diagonale del frame che li sorregge. Le deformazioni potrebbero essere applicate attraverso l'uso di tre motori ma si dovrebbero calibrare i moti da impartire in funzione della posizione nell'array del campo solare, oppure ruotando gli specchi (soluzione vantaggiosa). Uno degli svantaggi della rotazione consiste nell'ombreggiamento fra specchio e specchio ma si tratta soltanto di una piccola percentuale, di fatto trascurabile. Le rotazioni sono grandi, dell'ordine dei 150°-180°. Si deve quindi aggiungere un asse di rotazione per ruotare gli specchi e piegare soltanto in una direzione sfruttando ad es. il moto in elevazione.

Si discute poi dei motori, degli azionamenti, del controller degli azionamenti e delle interfacce meccaniche con riduttore, prevedendo la possibilità di controllare fino a 5 assi (uno ridondante, il quarto serve per la movimentazione del secondario).

Si analizzano anche alcuni sistemi (e relativi costi) per il posizionamento in altezza del corpo nero; in particolare si prende in esame il sistema a "pali telescopici" suggerito da Vaccari e utilizzato dall'IBIMET.

SPECCHI

Salinari descrive brevemente i problemi incontrati con gli specchi pervenuti da Ronda. Due si sono rotti, in generale non sono piani, anche appoggiandoli su un tavolo ottico. Descrive

inoltre il programma di lavoro per realizzare differenti tipi di "tavolini" con caratteristiche sempre migliori.

La riunione si conclude alle 16:00 dopo visita al laboratorio INOA di D'Amato in cui sono state riposte le traversine e la bulloneria per il montaggio dei binari.

18/06/2009

Riunione tecnica
INOA, 15:00

Presenti

INOA: D'Amato

INAF: Salinari

ASTRO: Focardi, Pancrazzi

Punti in discussione:

1 - Movimentazione del secondario

2 - Caratteristiche della torre

3 - Realizzazione dei vari componenti

1

Le due alternative sono: motore, motoriduttore ed encoder, oppure tiranti dal carrello. La prima possibilità è autoesplicativa, dato che somiglia molto a quanto già discusso per il carrello. Comporta ricerca di componenti, acquisti e software, oltre ad una certa complicazione dei sostegni.

La seconda possibilità è relativamente semplice. Sull'asse di rotazione del secondario è montata una traversa orizzontale, parallela ai lati orizzontali del secondario stesso. Alla base del carrello del primario è fissata una analoga traversa orizzontale. Due tiranti collegano le estremità delle traverse. Così il movimento del carrello forza quello del secondario. Dal punto di vista realizzativo, questa possibilità è praticamente banale. Al massimo possiamo introdurre delle molle per non caricare i cavi in caso di vibrazioni della struttura.

2

La torre deve avere alla base un casottino di 3.5 metri (lato parallelo alla ringhiera) per 2.2-2.5 (lato perpendicolare alla ringhiera), alto poco più di due metri. Sul tetto del casottino si deve aprire uno sportello incernierato di 1.1x1.1 m², centrato sul centro di rotazione. Ci deve essere una porta per entrare, e sufficienti prese d'aria per ventilare tutto. Dal casottino parte un traliccio che regge l'asse di rotazione del secondario. Al di sopra dei sostegni dell'asse di rotazione ci deve essere un sostegno con una carrucola, per facilitare il montaggio/smontaggio dello specchio. Sul traliccio deve essere realizzata una sorta di scala su cui, con l'ausilio delle protezioni idonee, possono salire gli addetti all'orientazione dello specchio.

3

ASTRO si occupa di contattare una ditta che realizza impalcature e simili. INAF si occupa di realizzare lo specchio.

INOA si occupa del supporto dello specchio. Teniamo conto che lo specchio, con tutto quello che c'è intorno, non pesa più di 30 kg. Una piastra collegata al traliccio regge con due cuscinetti l'asse verticale. Deve essere prevista una regolazione perchè l'asse sia verticale davvero. Il sostegno dello specchio deve essere inclinato nel modo corretto, e prevedere

anch'esso una forma di regolazione, la più semplice possibile. C'è bisogno di aiuto per il disegno dei pezzi, poi i pezzi vengono realizzati o nell'officina interna, o presso una ditta esterna.

Viene fissata una nuova riunione per martedì 23 giugno, sia per discutere le informazioni acquisite nel frattempo (in particolare quotazione per la realizzazione della torre), sia per definire la progettazione dei vari componenti.

Pannello 1



Ministero dello sviluppo
economico

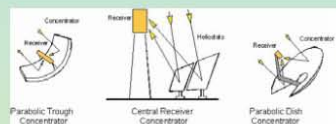


Ministero dell'Università
e della Ricerca

Progetto STAR Solare Termodinamico ad Alto Rendimento

FINALITÀ

Il Progetto STAR ha la finalità di sviluppare un dimostratore di un concentratore solare ad alta efficienza, basato sulle tecniche ottiche adattive dei telescopi astronomici di ultima generazione.



PROBLEMA

La focale di uno specchio concavo cambia (in particolare diminuisce) se la luce vi arriva sopra obliqua, invece che perpendicolare. Quando uno specchio segue il sole nel suo moto apparente, per rimandare la luce su un punto fisso, la direzione di provenienza della luce cambia continuamente. Il risultato è che la dimensione del fascio, nel punto dove è situato l'utilizzatore della luce, cambia nel corso della giornata, diminuendo il fattore di concentrazione del sistema.

SOLUZIONE

In astronomia sono stati sviluppati dei telescopi, in cui uno specchio cambia forma (in un tempo dell'ordine del millesimo di secondo), per adattare la riflessione alle distorsioni indotte dalla turbolenza dell'atmosfera attraversata dalla luce.

METODO

Lo stesso principio, semplificato per rendere il concentratore conveniente dal punto di vista realizzativo ed economico, può consentire di mantenere le dimensioni del fuoco del sistema a livello ottimale.

Il concentratore tipo è formato da un congruo numero di moduli (~ 70), ciascuno con circa 8 m² di specchi concavi, disposti lungo un arco di circonferenza. Gli specchi di ciascun modulo possono cambiare la focale al variare dell'altezza del sole.

L'insieme dei moduli ruota su un binario, seguendo il sole, e rimanda la luce su di uno specchio secondario posto nel centro di rotazione.

Dallo specchio secondario la luce arriva nell'utilizzatore.

Il dimostratore è una porzione del concentratore complessivo. Si tratta di un solo modulo, su un binario di raggio di curvatura tale, da adattarsi alle dimensioni della terrazza a disposizione.

PARTNERSHIP

Il Consorzio che porta avanti il Progetto è formato da:



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto Nazionale di Ottica Applicata
Coordinatore



Istituto Nazionale di Astrofisica
Osservatorio Astrofisico di Arcetri



Università di Firenze
Dip. di Astronomia e Scienza dello Spazio



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Biometeorologia



Università di Firenze
Dipartimento di Energetica "S. Stecco"

Ronda High Tech S.r.l., Zanè (VI)

con la collaborazione del:



Dip. di Meccanica e Tecnologie Industriali
Università di Firenze

Il Progetto STAR ha un importo complessivo di 600.000 €, dei quali 520.000 sono erogati dalla Regione Toscana, grazie ad un finanziamento CIPE.

Il Progetto ha avuto inizio l'8 maggio 2008, e terminerà il 7 novembre 2009.

Per ulteriori informazioni visitate il sito: www.inoa.it/STAR

Pannello 2



Ministero dello sviluppo
economico

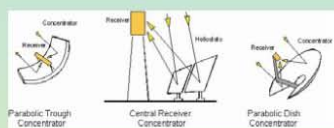


Ministero dell'Università
e della Ricerca

Project STAR Solare Termodinamico ad Alto Rendimento (High Efficiency Thermodynamic Solar [Energy conversion])

PURPOSES

Project STAR aims to develop a demonstrator of a high efficiency solar concentrator, based on the adaptive optics technology, developed for the most recent astronomical telescopes.



PROBLEM

The focal length of a concave mirror changes (in particular gets shorter) when light impinges it obliquely, rather than perpendicularly. When a mirror follows the Sun, in its apparent movement, to redirect the radiation towards a fixed target, the incoming direction of the light changes continuously. The result is that the dimension of the beam, in the point where the user is located, changes during daytime, so lowering the concentration factor of the system.

SOLUTION

Telescopes have been developed for astronomy, in which a mirror changes its shape (within about one millisecond) in order to adapt its reflection to the distortion induced by the atmospheric turbulence.

METHOD

The same principle, simplified in order to match the technical and economical requirements for a commercial device, can be exploited to maintain the concentrator focus at its optimal dimensions.

A practical concentrator is formed by a suitable number of modules (~ 70), each one holding concave mirrors for about 8 m², arranged along an arc of circle. The mirrors of each module can change their shapes according to the height of the Sun over the horizon.

The set of modules rotates on a track, following the Sun, and redirects the light onto a secondary mirror located in the center of rotation.

From this secondary mirror light reaches the final user.

This demonstrator is a fraction of the total concentrator. It is formed by one module only, with a track of suitable radius, in order to fit the terrace dimensions.

PARTNERSHIP

The Consortium which carries out the activities of the Project is formed by:



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto Nazionale di Ottica Applicata
Coordinator



Istituto Nazionale di Astrofisica
Osservatorio Astrofisico di Arcetri



Università di Firenze
Dip. di Astronomia e Scienza dello Spazio



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Biometeorologia



Università di Firenze
Dipartimento di Energetica "S. Stecco"

Ronda High Tech S.r.l., Zanè (VI)

with cooperation of:



Dip. di Meccanica e Tecnologie Industriali
Università di Firenze

Project STAR has an overall budget of 600.000 €, of which 520.000 are paid by Regione Toscana, deriving by CIPE.

Project STAR started on May 8, 2008, and will expire on November 7, 2009.

For further informations please visit the website: www.inoa.it/STAR