

# L'IU

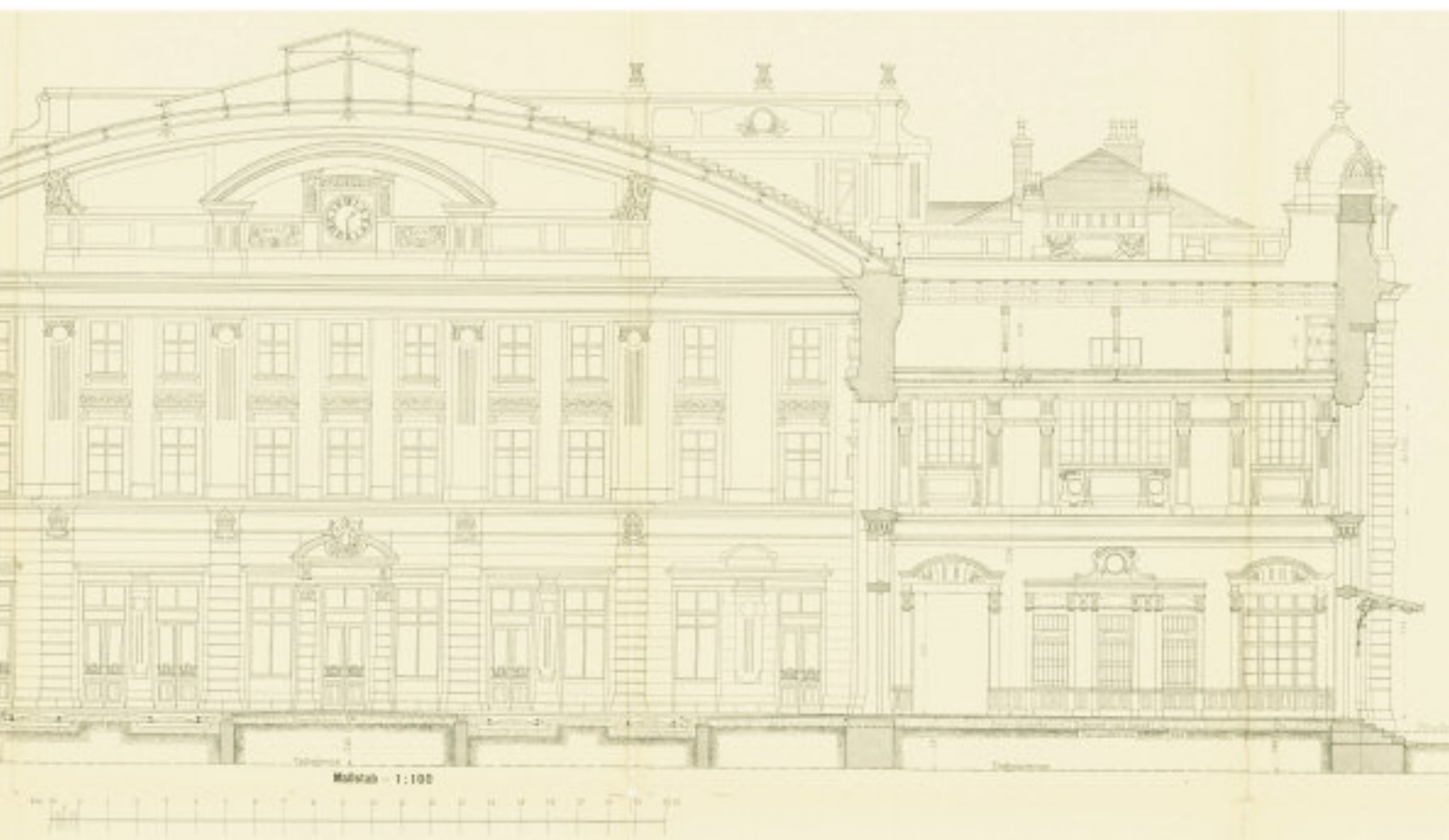
L'INGEGNERE UMBRO



PERIODICO DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PERUGIA

120

**Unilab Sperimentazione S.r.l.** nasce nel 2012 ed è un laboratorio di derivazione universitaria specializzato nella *Diagnostica Strutturale* di opere Monumentali, Edifici Pubblici e Privati, Residenziali e Industriali. Da Luglio 2018 è anche un *Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad eseguire prove su materiali da costruzione ex art. 59 DPR 380/01 e art. 20 L. 1086/71 – Settore A.*



## DIAGNOSTICA

Prove su elementi in cemento armato  
Prove su murature  
Prove di carico su strutture  
Prove su elementi prefabbricati  
Prove su legno e acciaio  
Monitoraggi strutturali statici e dinamici  
Diagnosi sullo sfondellamento dei solai

## LABORATORIO

Calcestruzzi  
Acciai  
Malte e cementi  
Aggregati  
Bitumi  
FRC  
FRP - FRCM - CRM

[www.unilabsperimentazione.pg.it](http://www.unilabsperimentazione.pg.it)

**Unilab Sperimentazione S.r.l.**

Via Giacomo Leopardi 27, 06073 Corciano (PG)

Tel e fax 075 6978960



# SOMMARIO



In copertina:

Suggestiva immagine di Trevi (Pg) immersa nella bellezza della primavera

(Fotografia: Michele Castellani)

## 4 EDITORIALE

Un breve resoconto del quinquennio trascorso.

**Stefano Mancini**

## 5 INCARICHI PROFESSIONALI

Rinnovato il protocollo d'intesa tra il Comune di Perugia e gli Ordini degli Ingegneri e degli Architetti per la determinazione dell'importo degli affidamenti di incarichi professionali.

**Alessio Lutazi**

## 7 ARCHITETTURA PARAMETRICA E PERCEZIONE NEL DISEGNO DEGLI STADI DA CALCIO

Sperimentazioni morfologiche e ottimizzazioni generative da Luigi Moretti ai giorni nostri.

**Fabio Bianconi, Marco Filippucci**

## 12 LA COMUNITÀ ENERGETICA

Un esempio per avere l'acqua calda sanitaria negli edifici a costo zero.

**Giovanni Paparelli**

## 14 MONITORARE L'IRRIGAZIONE DALLO SPAZIO

Informazioni da satellite per un uso razionale dell'acqua in agricoltura.

**Jacopo Dari, Renato Morbidelli, Luca Brocca**

## 19 LA NUOVA ILLUMINAZIONE DEL COMUNE DI GUBBIO

L'ambizioso progetto di riqualificazione della pubblica illuminazione.

**Jonas Orlandi**

L'INGEGNERE UMBRO - n° 120 - anno XXX - Giugno 2022

Direttore Responsabile: Giovanni Paparelli

Redattore Capo: Alessio Lutazi

Collaboratori: Francesco Asdrubali, Paolo Belardi, Simone Bori, Michele Castellani, Guido De Angelis, Lamberto Fornari, Pietro Gallina, Antonello Giovannelli, Renato Morbidelli, Massimo Pera, Enrico Maria Pero, Alessandro Rocconi, Carla Saltalippi, Gianluca Spoletini.

Hanno collaborato inoltre a questo numero: Fabio Bianconi, Luca Brocca, Jacopo Dari, Marco Filippucci, Jonas Orlandi

Grafica e impaginazione: Le Mani di Mary S.r.l. - Perugia

Stampa e Pubblicità: Unione Tipografica Folignate - Foligno

Questo numero è stato stampato in 6000 copie.

La Rivista viene inviata in abbonamento gratuito a chiunque ne fa richiesta. L'Editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione. Le informazioni custodite verranno utilizzate al solo scopo di inviare agli abbonati la Rivista e gli allegati (legge 196/03 - tutela dei dati personali). Tutti i diritti sono riservati. È vietata la riproduzione anche parziale, eseguita con qualsiasi mezzo, di ogni contenuto della Rivista, senza autorizzazione scritta. Sono consentite brevi citazioni con l'obbligo di menzionare la fonte. Testi, foto e disegni inviati non saranno restituiti.

# EDITORIALE



Care amiche, cari amici, permettetemi alcune riflessioni di fine mandato dell'attuale Consiglio, che ho avuto l'onore di presiedere.

Sono passati ormai cinque anni dal 17 giugno 2017, data di elezione del Consiglio per il quadriennio 2017-2021, comprensivi di un anno di proroga a causa dell'emergenza sanitaria legata al Covid-19.

Sono stati anni intensi, caratterizzati da una crisi sanitaria senza precedenti che ha fortemente condizionato le nostre vite e il nostro lavoro, quest'ultimo in continua evoluzione per adattarsi ai cambiamenti e ora, da ultimo, alle opportunità concesse dai finanziamenti pubblici dedicati a vari settori di attività, tra cui il Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR).

La nostra attività ordinistica è sempre stata orientata al coinvolgimento degli iscritti nella vita dell'Ordine, con l'impegno diretto a qualificare e promuovere la professione e il ruolo dell'ingegnere sia in ambito territoriale che nel rapporto con le istituzioni.

Segno della vicinanza degli iscritti all'Ordine è da ultima l'ampia partecipazione di candidati alle elezioni in corso per il rinnovo del Consiglio per il quadriennio 2022-2024, colleghi liberi professionisti, dipendenti pubblici e privati, che hanno deciso di mettersi a disposizione dell'Ordine, con serietà e spirito di servizio. A loro auguro di vivere lealmente un'esperienza che si valorizzi nelle tante forme di partecipazione offerte dall'Ordine, che vanno dal Consiglio di Disciplina territoriale alle numerose Commissioni tecniche, alla Redazione della nostra rivista, alla Commissione Pareri fino agli Organi della Fondazione.

In questi anni forte è stato l'impegno del Consiglio affinché l'azione di rappresentanza fosse sempre diretta a tutelare e valorizzare la professione dell'ingegnere in virtù della responsabilità che abbiamo nei confronti della società. Per questo dobbiamo essere qualificati e pronti a rispondere ai continui mutamenti che l'esercizio della nostra professione comporta; di supporto è stata la Fondazione che, nell'offrire un'ampia scelta per la formazione continua, ha rappresentato anche un momento di incontro e di confronto per dialogare e per migliorare le competenze. In questo quadro d'insieme, vi garantisco che essere stato Presidente, ma anche Consigliere, non è stato affatto semplice: ringrazio con affetto e vicinanza gli amici che mi hanno accompagnato, sempre con lealtà e supporto, in questa importante prova di vita, il Vicepresidente Gianluca Spoletini, il segretario Antonella Badolato, il tesoriere Andrea Galli e tutti i Consiglieri Lucia Bachini, Michele Balducci, Leonardo Banella, Luca Cesaretti, Gianni Drisaldi, Sergio Falchetti, Gianluca Fagotti, Paolo Gattini, Alessio Lutazi, Vincenzo Pane, Michele Patumi. A loro, come a Voi tutti auguro di continuare ad essere fieri della professione di ingegnere, nonostante le varie difficoltà che la vita lavorativa spesso ci riserva e di dare sempre un contributo fattivo a supporto delle istituzioni e della società civile, con professionalità ed impegno.

Concludo con l'invito a rimanere uniti e coesi per superare insieme tutte le difficoltà presenti e future, con la speranza che le nostre competenze e le nostre professionalità siano di supporto alla crescita del Paese.

Stefano Mancini

*Presidente Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia*



## INCARICHI PROFESSIONALI



Rinnovato il protocollo d'intesa tra il Comune di Perugia e gli Ordini degli Ingegneri e degli Architetti per la determinazione dell'importo degli affidamenti di incarichi professionali

di Alessio Lutazi

Sono stati il sindaco Andrea Romizi, il presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Perugia Ing. Stefano Mancini, ed il presidente dell'Ordine degli Architetti della provincia di Perugia Arch. Marco Petrini Elce a rinnovare la sottoscrizione del protocollo tra Comune di Perugia, Ordine degli Ingegneri ed Ordine degli Architetti sul supporto fornito dagli Ordini per la determinazione dei corrispettivi professionali da considerare come base di riferimento per l'individuazione dell'importo degli affidamenti di incarichi professionali ai sensi del D.M. 17 giugno 2016 e s.m.i.. Il cosiddetto "decreto parametri" è di applicazione obbligatoria per le stazioni appaltanti ai fini della determinazione dei corrispettivi da porre a base di gara negli

affidamenti dei servizi come confermato dall'Anac con le linee guida 1/2016 "Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria".

Vista la particolare importanza che riveste il procedimento di calcolo ed anche al fine di ottimizzare le procedure di gara garantendo un'elevata efficienza dell'attività della pubblica amministrazione, gli ordini, sulla base dell'ottimo riscontro avuto a seguito del precedente protocollo d'intesa sottoscritto ad ottobre 2018 hanno condiviso con il Comune di Perugia il rinnovo della collaborazione volta a fornire all'Ente un supporto gratuito per la corretta determinazione dei corrispettivi da porre a base di gara garantendo la piena qualità delle prestazioni professionali. Il ricorso al servizio di consulenza degli ordini è facoltativo da parte del Comune di Perugia, che può richiedere un parere preliminare sulla determinazione del corrispettivo da considerare come base di riferimento negli affidamenti di ordini professionali ai sensi del d.m. 17.06.2016 e s.m.i., di importo superiore a 40.000 euro e gli Ordini si impegnano a fornire, a titolo gratuito, tramite la propria commissione Pareri un servizio di consulenza.

Da qui la redazione del protocollo d'intesa i cui punti salienti sono i seguenti. Il Comune di Perugia ha facoltà di chiedere all'Ordine degli Ingegneri o all'Ordine degli Architetti un parere preliminare sulla determinazione del corrispettivo da porre a base di gara.







L'Ordine degli Ingegneri o degli Architetti interpellato si impegna a fornire a titolo gratuito, tramite la propria Commissione Pareri (C.P.), un servizio di consulenza in merito alla determinazione dei corrispettivi in base al D.M. 17 giugno 2016 e s.m.i., che il Comune, potrà impiegare per l'individuazione dell'importo degli affidamenti di incarichi professionali.

L'utilizzo della procedura impegna gli Ordini degli Ingegneri e degli Architetti della Provincia di Perugia ad astenersi dal proporre ricorso in riferimento ai criteri di determinazione del corrispettivo da porre a base di gara, in merito ai bandi per i quali è stato applicato il protocollo d'intesa e siano stati pubblicati in conformità al parere acquisito. La richiesta di parere viene effettuata dal R.U.P. al Presidente dell'Ordine interpellato e al presidente della C.P. dell'ordine interpellato; quest'ultimo provvede, previa comunicazione all'altro Ordine, entro 24 ore alla nomina di un referente, componente della C.P. Ai fini del rilascio del parere possono essere fornite agli ordini solo le informazioni strettamente necessarie e non la documentazione che verrà posta a base di gara.

Il parere dovrà essere emesso entro 15 gg. lavorativi, e dovrà essere trasmesso al richiedente da entrambi i Presidenti degli Ordini, previa istruttoria sottoscritta da entrambi i respon-

sabili delle C.P., sotto forma di una relazione contenente il calcolo del corrispettivo secondo la norma vigente, con allegato il documento del referente del Comune con il quale sono stati forniti i dati strettamente necessari per la formazione del parere stesso. Il documento finale sarà quindi unico. Il parere ottenuto dagli Ordini degli Ingegneri e degli Architetti di Perugia non è vincolante. Il Comune di Perugia ha facoltà, se lo ritiene opportuno, di conformarsi a detto parere nella redazione dei documenti di gara, facendo espressa menzione dell'avvenuto rilascio dello stesso nel bando



e/o nel disciplinare, ovvero di non conformarsi (anche solo parzialmente) motivandone le ragioni. In quest'ultimo caso gli Ordini professionali avranno facoltà e legittimazione attiva di tutelare gli interessi dei propri iscritti anche con accertamento giudiziario. La durata del protocollo è di due anni salvo ulteriore rinnovo. Piena soddisfazione è stata espressa dal sindaco Andrea Romizi, oltre che dai presidenti Mancini e Petri per il fattivo lavoro svolto, segno di una proficua sinergia tra i due ordini e il Comune di Perugia, con la speranza che l'accordo possa essere esteso anche ad altri Enti.



# ARCHITETTURA PARAMETRICA E PERCEZIONE NEL DISEGNO DEGLI STADI DA CALCIO



Sperimentazioni morfologiche  
e ottimizzazioni generative da  
Luigi Moretti ai giorni nostri

di Fabio Bianconi\*  
Marco Filippucci\*

## La visione dell'Architettura Parametrica di Luigi Moretti

Nel 1960, Luigi Moretti, maestro dell'architettura razionalista, presenta alla XII Triennale di Milano la sua celebre "Mostra di architettura parametrica e di ricerca operativa nell'urbanistica", firmata a cura dello IRMoU, "Istituto di ricerca matematica e operativa per l'urbanistica", da lui fatto nascere nel 1957. Proposta teorica e culturale che si prefigge gli orizzonti dell'innovazione, "la mostra illustra con grafici,

modelli ed applicazioni in atto, una nuova impostazione per lo studio dei problemi dell'architettura e dell'urbanistica. Tale impostazione che si individua nella necessità di applicare alle due discipline specifici metodi logici e matematici ha avuto origine e impulso da quelle enunciazioni di concetti e di esempi che sino dal 1942 l'architetto Luigi Moretti ha formulato con nome di architettura parametrica e che qui per la prima volta vengono illustrati". Infatti, già fra il 1939 e il 1942, il grande architetto razionalista si trova coinvolto in una proposta progettuale per lo Stadio Olimpico di Roma e nel Gran Teatro previsto all'EUR, occasioni dove nasce, come scrive lui stesso, "un nuovo linguaggio per il pensiero architettonico", volto a utilizzare la matematica a supporto all'architettura. Con insistente fermezza, invoca che le procedure di calcolo matematico entrino strutturalmente nel processo progettuale, auspicando e sperimentando l'impiego del computer: come scriverà in un suo celebre carteggio, Moretti è alla ricerca di "soluzioni incentrate sui "parametri" quantizzabili, dei fenomeni che costituiscono le funzioni per le quali cerchiamo le forme, "parametri" che di conseguenza, singolarmente e nelle loro interrelazioni, anche esse quantizzabili, fissano i limiti entro i quali si individuano, si disegnano, le forme che quelle funzioni esaudiscono. I "parametri" e le loro interrelazioni divengono così l'espressione, il codice, del nuovo linguaggio architettonico, la

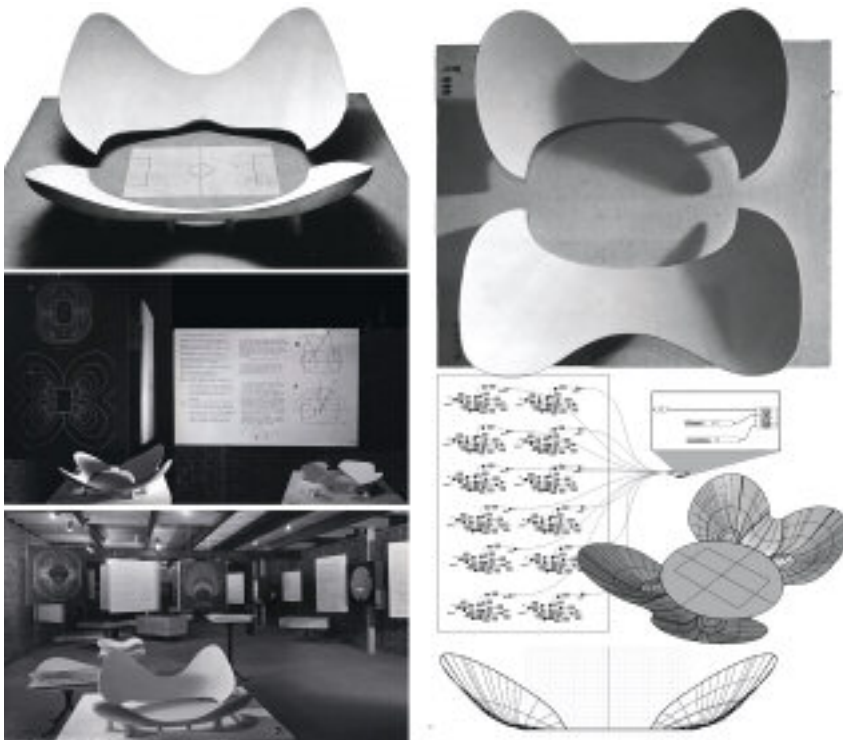


Figura 1: I disegni e i modelli di Luigi Moretti in mostra alla Triennale di Milano del 1960 e la loro reinterpretazione contemporanea con gli strumenti di rappresentazione digitale parametrica. Vista zenitale del modello plastico

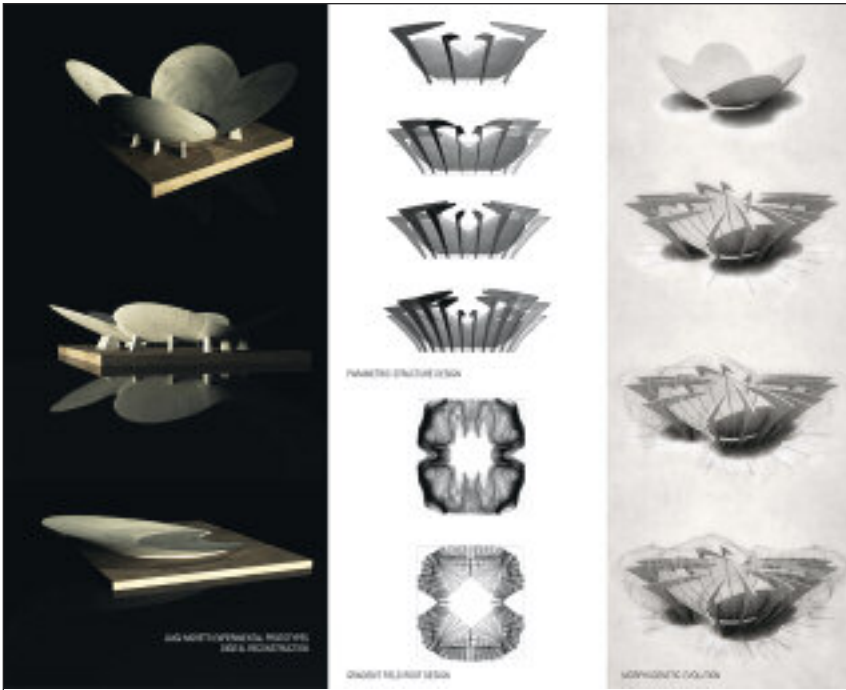


Figura 2: Trascrizione generativa e stampa 3D delle forme di Moretti e loro evoluzione parametrica (Stefano Andreani, 2009).

“struttura”, nel senso originario e rigoroso del vocabolo, definiscono le forme che quelle funzioni esaudiscono. Alla determinazione dei “parametri” e loro interrapporti, debbono chiamarsi a coadiuvare le tecniche e le strumentazioni del pensiero scientifico più attuali; particolarmente la logica-matematica, la ricerca operativa e i computers, specie questi per la possibilità che danno di esprimere in serie cicliche autocorrettive le soluzioni probabili dei valori dei parametri e delle loro relazioni. Allo sviluppo di questa impostazione e alla nuova metodica e

teoria precisata nei suoi schemi e verificata nei primi, e direi esaltanti, risultati diedi il nome di “Architettura Parametrica”.

Tale studio trova il celebre contributo del grande matematico italiano Bruno de Finetti e di un gruppo interdisciplinare che si concretizza nelle forme plastiche e nei disegni concettuali portati in mostra, astrazioni poste fra la rappresentazione dello spazio e lo spazio della rappresentazione. La ricerca formale e funzionale protratta non recusa la plasticità, ma è comunque diretta da un umanesimo scientifico, con astrazioni parametriche nascono in relazione alla centralità della persona. I modelli esposti alla mostra sintetizzano le indagini dell’architettura parametrica nella forma di stadi per il calcio, per il nuoto, per il tennis e in una sala per il cinema. Il computer utilizzato, un IBM 610, permetteva di cambiare le condizioni, i parametri, ottenendo così molteplici conformazioni. L’obiettivo manifesto è “la determinazione in un intorno di un campo della distribuzione spaziale ot-

timale delle informazioni dei fenomeni che si attuano nel campo stesso, ove per campo si intende un’area o una porzione dello spazio con delimitazioni assegnate”. Nascono così le curve di “equiappetibilità visiva”, frutto di equazioni matematiche trascritte in forme geometriche, ricercate per rispondere in modo “più rispondente alle funzioni chiamate ad assolvere”.

La visibilità, definita con il parametro  $W$ , è segnata da tre classi di valori:

- parametri inerenti l’oggetto dell’informazione (gioco);
- parametri inerenti al tipo di informazione (visiva);
- parametri inerenti i caratteri della specifica classe di informazioni rispetto al soggetto (spettatore).

Le “ipotesi semplificate” esposte impongono la “visibilità dell’intero campo”, ponendo l’attenzione in specifiche aree di interesse e definendo l’appetibilità visiva in funzione dalla distanza del centro del campo e dell’angolo sotto cui è vista la zona d’interesse. Prendendo ad esempio il campo di calcio, per esprimere la visibilità ( $W$ ) per lo stadio di calcio, la funzione scelta da Moretti e De Finetti è la seguente:

$$W = x^{k(y)} e^{-k(y)x}$$

$$\text{insieme a: } k(y) = 3,5y^2 - 2,5y + 1,5$$

$$x = \frac{p}{\rho(\theta)} y = \frac{2\theta}{\pi}$$

I valori di visibilità, ricavati dalle equazioni proposte da Luigi Moretti, sono adimensionali, disegnano delle curve parametriche nello spazio per “misurare quantitativamente” la funzione dello spettacolo che deve essere assolta. Nel parametro  $W$  è possibile leggere l’interpretazione della visione proposta, definita da una funzione ascendente ad un valore massimo poi declinante all’orizzonte, tendendo all’infinito.

Considerando il parametro  $x$  come una “distanza normalizzata”, il comportamento della funzione tende in qualche modo ad emulare la visione umana, che sale fino ad avere una

L’“Architettura Parametrica” di Luigi Moretti e Bruno de Finetti in mostra alla XII Triennale di Milano del 1960.



qualità più alta quando l'area di interesse è pienamente percepita, scendendo poi in proporzione all'allontanamento del soggetto.

Gli altri parametri sono "correttivi", con le curve ottenute che vengono definite sul piano yz, e quindi ruotate attorno ad un asse per realizzare la forma ricerca. Solo successivamente si inserisce la quota "z", impostata come una sorta di gradino, anche per la sostanziale impossibilità di rappresentare con i suoi sistemi digitali uno spazio tridimensionale. Le geometrie rappresentate si mostrano nella loro sinuosità, astratte ed eleganti, espressione di una relazione affascinante fra architettura e matematica, fra forma e funzione, spazio e visione. Moretti, genio dell'architettura, ammaliato dal classico, maestro delle forme razionali, esperto del barocco, legato al futurismo, uomo della tecnica e dell'arte, teorico e pragmatico, trova così un linguaggio spaziale innovativo, sintesi e visione che anticipa i temi della contemporaneità.

### La percezione come tema progettuale

Come evidenziato, l'ipotesi matematica di de Finetti e Moretti sull'interpretazione del fenomeno visivo e sulla forma degli stadi si basa su ipotesi semplificate. Su tale tema della percezione si sviluppa un vero filone di ricerca, basilare per la nostra cultura predominata dalla visione e dall'immagine, che apre molteplici questioni, che passano dalle valutazioni paesaggistiche, così vulnerabili alle possibili manipolazioni delle immagini, fino ad arrivare a considerazioni più sostanziali sul valore dei luoghi per la persona, in virtù di sensazioni veicolate dall'occhio.

La relazione fra percezione e stadi è al centro della funzione e delle prestazioni che devono offrire tali ambienti, quindi della loro progettazione. L'organo di governo del calcio europeo, la UEFA, ha predisposto a riguardo la "Guida UEFA agli stadi di qualità",

dove ha introdotto il C-Value, utilizzato per progettare e ottimizzare gli stadi contemporanei. Tale parametro nasce dal modello ipotizzato da John Scott Russell nel 1838, che determina il posizionamento delle sedute di auditori in funzione di una curva caratterizzata dalla medesima acustica e visione (isodomatica e isoacustica). Il C-Value è riferito all'asse visivo e alla distanza dal campo, ma anche alla altezza del rialzo della seduta rispetto alla fila antistante e alla profondità di ogni fila di sedili. La formula a cui fa riferimento è

$$N = \frac{(R+C) \times (D+T)}{D} - R$$

dove

D = distanza orizzontale dal punto dell'occhio al punto focale

N = altezza del montante

R = altezza verticale al punto focale

T = larghezza della fila di posti a sedere

Si tratta quindi di una formula che

cerca di definire un valore percettivo in funzione delle condizioni di carattere geometrico, dove per ottenere un buon valore, la distanza dal livello degli occhi dello spettatore rispetto al contorno apparente della testa dello spettatore seduto davanti dovrebbe essere compresa tra 120 mm (ideale) e 90 mm (accettabile).

In realtà, la proposta semplificata tratta dalla UEFA non è foriera di un'attenta analisi dei fenomeni visivi, non ponendo in relazione né interpretazioni sul fenomeno visivo, né la complessità dello spazio, analizzato solo attraverso una sezione bidimensionale senza indicazioni sul campo della visione, né la dinamicità dell'esperienza dello spettatore nel muovere i suoi occhi e la sua testa in funzione degli sport segnato proprio dal dinamismo.

Il C-value è pertanto uno standard, a cui molti progettisti fanno riferimento, ma in realtà è un parametro che solo parzialmente produce una reale qualità della visione.

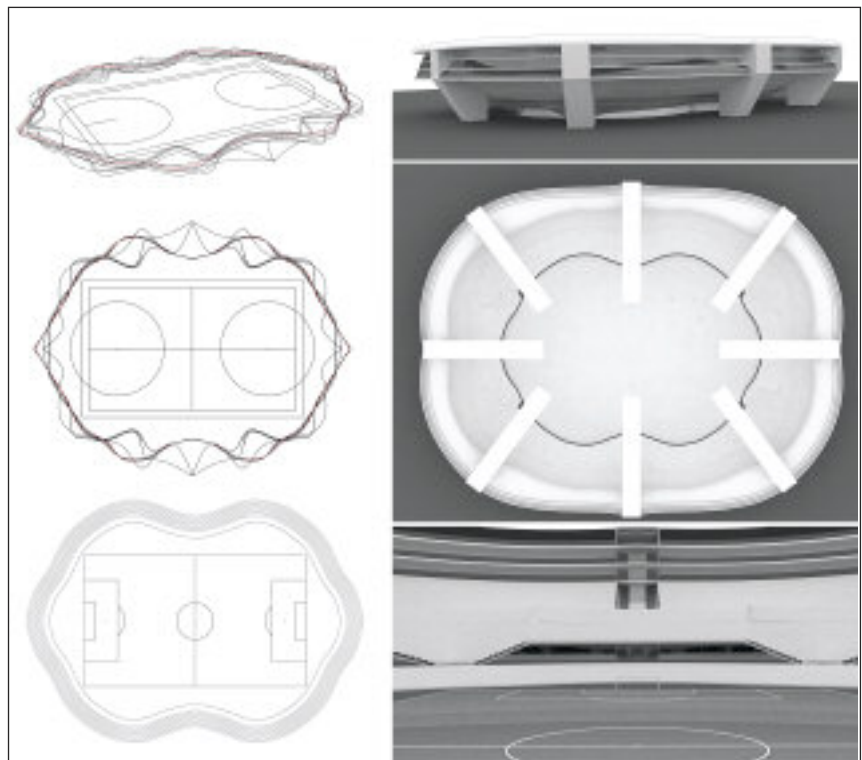


Figura 3: La forma degli stadi da calcio derivata dal form finding per l'ottimizzazione della visione (Luisa Vitali, 2017).

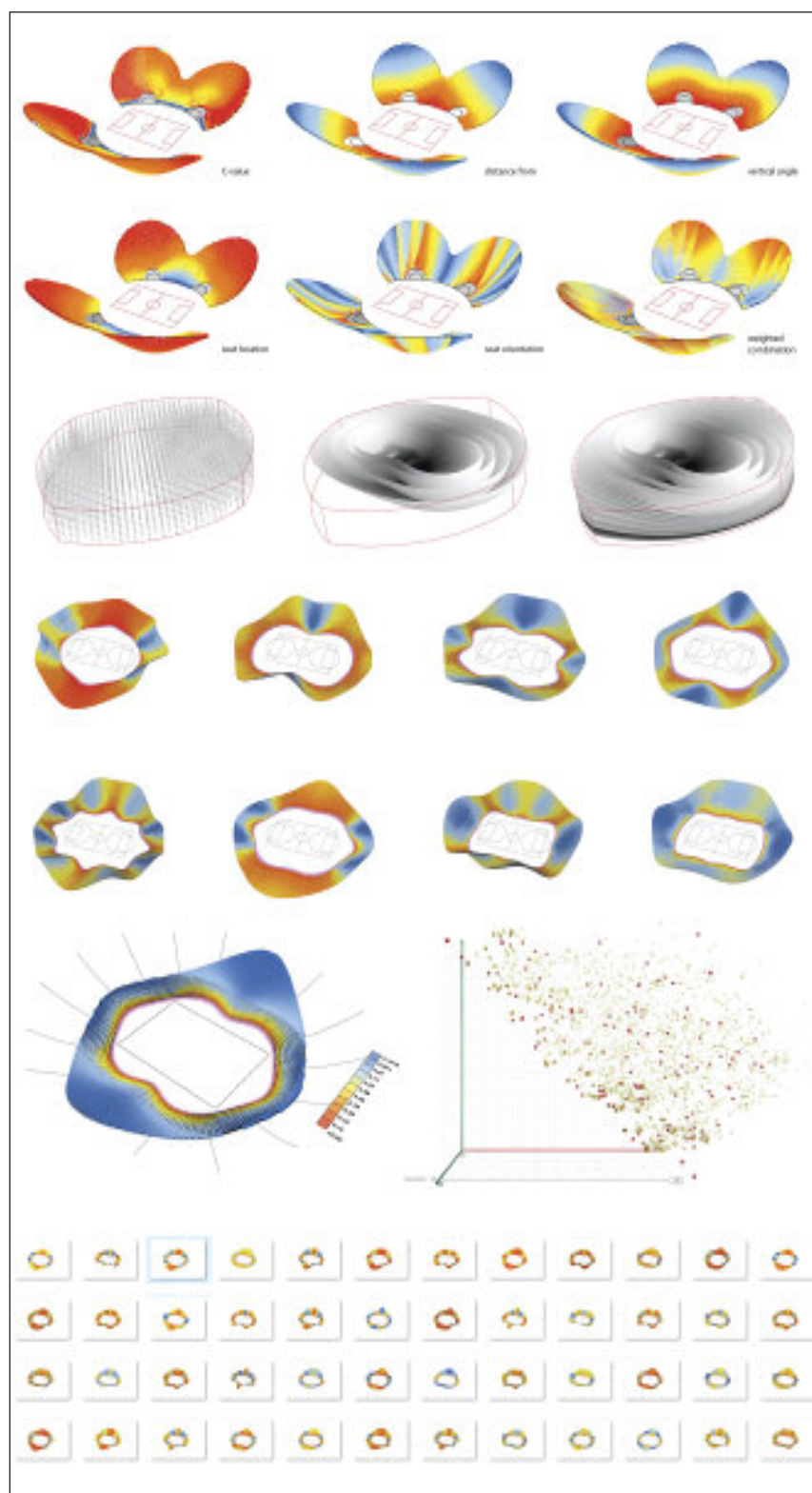


Figura 4: Analisi dei diversi valori per l'interpretazione della percezione applicata nelle forme di Luigi Moretti e form-finding di soluzioni per l'ottimizzazione della visione (Alessandro Buffi, 2019).

### Sperimentazioni di architettura parametrica e percezione

L'architettura parametrica, trasformata dalle innovazioni del digitale, e gli studi percettivi, rappresentano due poli tematici della ricerca promossa da chi scrive all'interno del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia, ormai da quasi 15 anni, sin dai prodromi di tale approccio rappresentativa. Posto al centro il disegno dell'architettura, la capacità del modello di essere aperto alle informazioni impone una feconda interdisciplinarietà che porta a disegnare algoritmi che si interessano di temi diverso che variano dalla reinterpretazione dell'ordine classico per arrivare all'ottimizzazione delle geometrie degli olivi, passando per le strutture e le forme in legno, dalla scala del design fino allo spazio urbano.

Tale approccio è stato supportato dalla didattica, sempre al centro della nostra attività, dove, attraverso esercitazioni ma soprattutto tesi di laurea, sono nate molteplici esperienze e sono stati indagati molteplici percorsi di ricerca che hanno permesso di esplorare le potenzialità di questi processi e della rappresentazione generativa, sviluppata principalmente nell'ambiente di Rhinoceros, modellatore Nurbs, attraverso Grasshopper, Visual Aid for Scripting a cui si lega una comunità di sviluppatori che continuamente ne arricchisce le potenzialità. In tale contesto si vuole mettere in evidenza in particolare la prima trascrizione delle formule proposte da Moretti per il suo stadio.

Tale percorso, promosso per la sua tesi di laurea nel 2009 da Stefano Andreani, diventato poi docente alla Harvard University e oggi CEO di Oblyk Studio, ha portato in primo luogo a ritrascrivere parametricamente nel digitale le formule di Moretti e de Finetti attraverso Grasshopper, per poi testare i primi processi di stampa 3D, nonché fare evolvere tali morfologie in sperimentazioni progettuali.

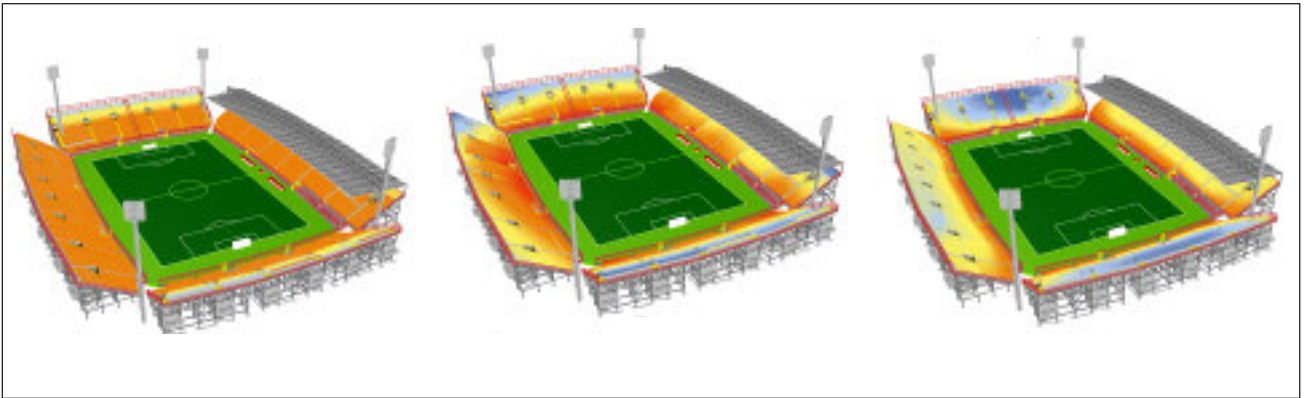


Figura 5: Analisi dei diversi valori di interpretazione della percezione applicata allo stadio Renato Curi di Perugia (Davide Quaglia, 2021).

Tale approccio è stato seguito a premessa della tesi di laurea di Luisa Vitali, premiata per tale lavoro dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia con una borsa di studio: partendo ancora dalla replica delle logiche di Moretti, in funzione di una diversa interpretazione del fenomeno visivo, sono stati realizzati nuovi modelli di stadi attraverso processi di form-finding, basati su algoritmi genetici (Galapagos) per ottimizzare la visione.

In parallelo gli studi sull'interpretazione del rapporto fra visione e forma sono stati sviluppati con Alessandro Buffi attraverso l'utilizzo generativo di add-on specifici di Grasshopper (Toro), per l'analisi e l'ottimizzazione attraverso ancora algoritmi genetici: si possono così studiare l'impatto delle diverse forme, comprese quelle di Moretti, e trovare le soluzioni "for the best", legate a diverse valutazioni percettive: non solo al C-Value, ma anche all'A-value, che misura la percentuale dell'area del campo proiettato nel cono visivo in rapporto all'ostruzione degli spettatori seduti davanti, estendendo così la visione nello spazio tridimensionale, e l'E-value, che analizza il comfort dello spettatore, in termini di torsione tra la direzione definita dal sedile e il centro del campo e angoli orizzontali e verticali ai limiti dell'area di gioco. Infine è da citare l'ultima sperimentazione di Davide Quaglia, che ha analizzato lo stadio Renato Curi di Pe-

rugia comparando i diversi standard analitici A-Value, C-Value nonché il  $\varphi$ -Value, estensione del precedente che considera maggiori elementi a connotazione della qualità percettiva.

Tale analisi comparata mostra la variazione dell'interpretazione della qualità visiva dei diversi parametri, analizzando la qualità di uno dei luoghi più sentiti dalla comunità, nell'ottica di porre tali valori come fondamento per il progetto. I casi presentati mostrano un modo diverso di impostare la progettazione, con la forma che può derivare dalla funzione che lo spazio deve garantire, e il digitale che si assume il compito di comparare i diversi parametri posti in gioco e individuare soluzioni in funzione di diversi obiettivi "for the best".

#### Prime considerazioni conclusive

Come scrive lo stesso Moretti, "nella teoria dell'A.P. è sempre presente, sottaciuto, quel grado di cultura e di universalità che è connesso al nobile nome di architetto, che consente di dominarne la strumentazione....

Nelle procedure mentali dell'A.P. può dirsi che occorrerà una doppia dose di intuito e di fantasia: una per intravedere, individuare e impostare parametri quantizzabili e le loro relazioni; un'altra per completare organicamente la globalità delle forme chiudendo le cesure che lasciano i parametri quantizzabili". La reinterpretazione rappresentativa dell'architettura parametrica

di Luigi Moretti vuole evidenziare la visione rivoluzionaria che trasforma l'approccio al progetto: l'analisi fa emergere i dati, che si trasformano in informazioni per costruire un processo di form-finding che ricerca le soluzioni più presentanti. Il CAD esercita il suo ruolo di "aiutare a progettare", luogo dove convergono nelle forme calcoli e combinazioni dei parametri che variano in funzione dei range imposti dal progetto. Sono offerte così soluzioni metaprogettuali, con il design computazionale che si presenta però come una frontiera del presente, integrato in realtà anche alle logiche del BIM, i cui confini sono per il progettista aperti a orizzonti da scoprire.

\* Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

*L'architettura parametrica contemporanea frutto del computational design*



## LA COMUNITÀ ENERGETICA



Un esempio per avere l'acqua calda sanitaria negli edifici a costo zero

di Giovanni Paparelli

La crisi dei prezzi energetici in corso dovrebbe indurre il cittadino a prendere in considerazione con maggiore efficacia la politica energetica a basso consumo di CO<sub>2</sub>, anche se le cause dei costi energetici alti non sembrano avere nessun legame diretto con il cambiamento climatico in atto, per varie cause:

- 1) La ripresa dopo la pandemia - L'economia mondiale, dopo l'introduzione dei vaccini, ha conosciuto una ripresa inaspettata in Europa e in Asia da cui si sono innescati picchi di consumo e un eccesso di domanda a partire dal mese di settembre scorso, soprattutto da parte delle industrie;
- 2) Riserve di gas - Le riserve di gas europeo, dopo l'inverno 2020-2021

non sono state ricostruite dopo un inverno lungo e freddo;

3) Tensioni geopolitiche con la Russia, principale fornitore di gas dei paesi europei. L'incremento del gas metano ha poi trainato quello dell'energia elettrica. Da questa logica è rimasta fuori soltanto la Svizzera grazie al prevalente utilizzo dell'idroelettrico, anche se la carenza idrica di questo periodo ne sta riducendo la potenzialità.

La carenza di vento ha infine ridotto la preziosa emissione energetica delle pale eoliche. Ricordiamo che il gas e il petrolio rappresentano i 2/3 dell'energia che consumiamo. Si comprende quindi come ci vogliano interventi sostanziali e soprattutto immediati per ridurre i consumi energetici, sia per il clima, sia per metterci al riparo da situazioni economiche e geopolitiche, a vario titolo sfavorevoli. Lo Stato italiano con la Legge 28 febbraio 2020, n. 8, ha recepito il Regolamento europeo 2018/1999 riguardante le comunità energetiche e l'autoconsumo di energie da fonti rinnovabili. La comunità energetica è caratterizzata da una decentralizzazione del sistema energetico, con specifico riferimento alla produzione di energia rinnovabile. Le grandi centrali sono sostituite da un insieme di impianti di potenza modesta. Autoconsumo significa invece che gran parte dell'energia prodotta è utilizzata dai produttori stessi, mentre l'eccedenza è immessa in rete. Su questa procedura, è bene ricordare come agli inizi degli impianti fotovoltaici, l'energia

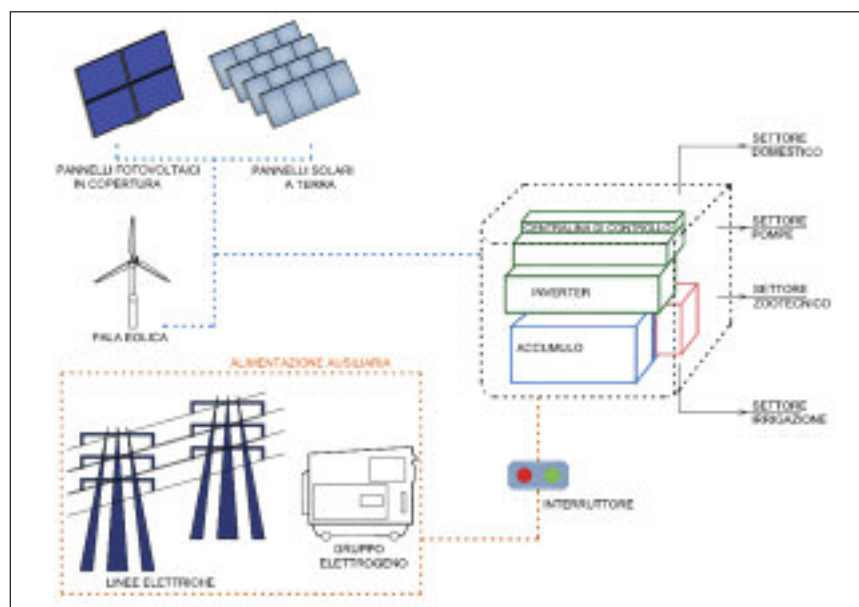


Fig. 1 - Impianti fotovoltaici associati ad utenze civili, industriali ecc.

non utilizzata dal produttore dell'impianto venisse venduta ad ENEL ad un prezzo irrisorio, vanificando gran parte dell'investimento effettuato. L'immissione in rete di parte dell'energia prodotta è peraltro necessaria per compensare l'utilizzo non costante delle utenze. L'immissione e il prelievo di energia elettrica in rete avvengono comunque a costo zero. Quali sono i vantaggi della comunità energetica? 1 € investito in una comunità energetica è capace di fornire 2-3 volte più di benefici rispetto ad un progetto privato singolo. La Comunità Energetica è una coalizione di utenti che collaborano tra loro con il fine di produrre, consumare e gestire l'energia attraverso impianti locali. In altri termini, si parla di decentralizzazione dell'energia.

Lo strumento di calcolo in uso in Italia è il RECON (*Renewable Energy Community Economic Simulator*) con cui si fanno analisi energetiche ed economiche, valutando così la bontà o meno dell'investimento. L'obiettivo decentralizzante dell'energia stimola, in sostanza, il privato a produrre quantità di energia rinnovabile maggiore di quella di cui ne ha bisogno. In Fig. 1 sono rappresentati impianti fotovoltaici, a terra o in copertura, utilizzabili nei settori più disparati. In relazione all'estensione delle utenze, il progettista valuterà, per l'alimentazione ausiliaria, l'opportunità di sostituire o meno la pubblica rete elettrica con un gruppo elettrogeno. Preme sottolineare come la comunità energetica, come evidenziato dalla Figura 1, si orienti verso tutti i settori quali l'agricoltura, l'industria, la zootecnia, ecc. ma il settore di maggiore interesse rimane certamente quello domestico, capace di assorbire il 40% circa del consumo energetico annuale. Gli edifici rappresentano quindi il cuore della transizione energetica. La Figura 2 rappresenta un autoconsumo collettivo condominiale, applicabile sia su nuovi che vecchi edifici. Nel contesto domestico, vediamo un esempio, forse tra i più interessanti per l'immediatezza del risparmio energetico che comporta. Si

prenda in considerazione un edificio condominiale il cui schema è riconducibile a quello delle Figura 2, capace di ospitare in copertura un impianto fotovoltaico di estensione sufficiente a fornire una potenza pari a 20 kWp. Supponiamo che l'edificio sia caratterizzato da una produzione di acqua calda centralizzata (l'esempio resta valido anche in caso di produzione di ACS autonoma). Ipotizziamo ancora che l'edificio abbia 30 appartamenti. Il consumo di acqua calda sanitaria nell'edificio proposto è mediamente 40 litri/g x 4 persone x 30 app.= 4800 litri/giorno= 1.752.000 litri/anno.

Con semplici calcoli si trova che l'ACS per i bisogni dei condomini richiede un fabbisogno energetico di  $1752000 \times 30 \times 1,163 = 61.127$  kW/anno (essendo 30 il salto di temperatura dell'acqua), pari a circa 7900 mc/a di gas metano che, al costo di 0,78€/mc (alla data del 22.02.2022) determina una spesa annuale di 6.162 €/a. Considerando anche l'energia elettrica consumata, la spesa arriva indicativamente a 6.500 €/anno. Ricorrendo invece a pompe di calore alimentate dall'impianto fotovoltaico, una somma siffatta, fatti salvi i relativi calcoli di ammortamento che peraltro terranno conto anche delle detrazioni fiscali del 50% in dieci anni, determina un costo di esercizio prossimo allo zero per il servizio di ACS. In dettaglio: 30 pompe di calore ad alta temperatura per la produzione di ACS assorbono mediamente 500 W/cd, da cui un consumo orario complessivo di  $500 \times 30 = 15.000$  W. L'impianto fotovoltaico produce annualmente  $20 \text{ kWp} \times 1200 \text{ kWh} \times 0,9 = 21.600$  kWh (essendo 0,9 un coefficiente che tiene conto della non sempre perfetta esposizione di tutti i pannelli solari fotovoltaici e 1200 kWh il rendimento dell'impianto nell'Italia centrale) valore che risulta ridondante rispetto alle necessità delle pompe di calore. L'eccesso potrà essere utilizzato per altre utenze condominiali o, in difetto, venduti all'ENEL ad un prezzo del tutto vantaggioso. Il GSE (Gestione Servizi Energetici) paga



Fig. 2 - Comunità energetica espressa a livello condominiale

infatti il kWh mediamente 0,15 €. L'acqua calda sanitaria, nel contesto condominiale, ha un'incidenza energetica del 20%. Tenuto conto della maggiore energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, da utilizzare per altri usi (illuminazione vano scale, pompe impianto centralizzato, ecc.), si può parlare di un beneficio economico del 25%. Mentre la Comunità energetica, a livello di quartiere, richiede preparativi e accordi tra molti soggetti e quindi tempi non sempre brevi, l'esempio proposto, limitato al singolo condominio, è di facile ed immediata attuazione, capace di attenuare in modo apprezzabile i costi energetici, avvicinandoci inoltre agli obiettivi previsti dall'Europa per frenare il cambiamento climatico in atto e per arginare, in modo significativo, l'aumento dei costi energetici di natura fossile. Esiste infine un altro obiettivo, assegnato dall'Europa alla Comunità Energetica, non meno importante di quelli già descritti. Trattasi di contrastare la povertà energetica. Le bollette di energia elettrica e gas risultano in molti casi sproporzionate per i cittadini caratterizzati da proventi contenuti, ovvero da elevati rapporti tra spesa energetica e capacità di spesa complessiva. La riduzione del costo delle bollette non deve essere considerata solo prerogativa dello Stato con l'introduzione di scudi fiscali, quali ad esempio la riduzione dell'IVA, ma anche dei privati che sono i veri artefici della Comunità Energetica.

## MONITORARE L'IRRIGAZIONE DALLO SPAZIO



Informazioni da satellite  
per un uso razionale  
dell'acqua in agricoltura

di Jacopo Dari  
Renato Morbidelli  
Luca Brocca

È ben noto come le attività antropiche di vario genere interferiscano con la risorsa idrica del nostro pianeta. Le alterazioni del naturale ciclo dell'acqua hanno ormai raggiunto un'entità tale da spingere alcuni ricercatori a proporre nuove rappresentazioni del ciclo idrologico in sostituzione di quelle classiche, inclusive anche delle attività antropiche.

Non a caso diversi studiosi concordano nel rinominare la corrente epoca "Antropocene" (l'epoca dell'uomo), termine che tuttavia non si limita alla sola idrosfera ma si declina trasversalmente a tutte le sfere della Terra. L'irrigazione è l'attività umana che maggiormente altera il naturale ciclo idrologico nei bacini antropizzati. Stime recenti indicano che, globalmente, circa il 70% di acqua dolce è destinata alle pratiche irrigue; in alcuni paesi tale percentuale è addirittura prossima al 90% (Ouaadi et al., 2021). Ciononostante, informazioni affidabili e dettagliate sulla reale estensione delle aree irrigate, così come sui consumi idrici legati all'irrigazione, sono generalmente inesistenti. Tali circostanze generano una situazione paradossale, per cui l'irrigazione è spesso la componente più incerta ma al tempo stesso imprescindibile per chiudere il bilancio idrico di bacini antropizzati.

I recenti progressi nel campo dell'osservazione della Terra da satellite hanno aperto importanti prospettive nel monitoraggio delle dinamiche del ciclo dell'acqua.

Tale affermazione è tanto valida sia per i naturali processi geofisici quanto per quelli di origine antropica, come l'irrigazione. Le osservazioni satellitari rappresentano dunque uno strumento innovativo ed essenziale per rispondere a quesiti finora irrisolti, come ad esempio i seguenti: dove e quando avvengono le pratiche irrigue? E quanta acqua viene utilizzata ogni volta? È evidente come le implicazioni di tali attività sulla gestione razionale della risorsa idrica siano di vitale importanza, specialmente in relazione agli attuali scenari di cambiamento climatico. Non a caso, la tematica ha iniziato a destare l'interesse delle principali agenzie spaziali. Ne è un chiaro esempio il progetto Irrigation+ (<https://esairrigationplus.org/>), guidato dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IRPI) e finanziato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA). L'obiettivo principale del progetto, recentemente menzionato nella rubrica "Success Stories" di ESA, è lo sviluppo di tecniche ed algoritmi basati sulle osservazioni da satellite con lo scopo di rilevare, mappare e quantificare l'irrigazione a diverse scale spaziali. Il telerilevamento consente di ottenere informazioni su di una vastissima gamma di grandezze idrologiche e non solo, caratterizzate da una determinata risoluzione spaziale, che quantifica l'estensione dell'area a cui quell'informazione stessa fa riferimento e da una certa risoluzione temporale, che descrive la



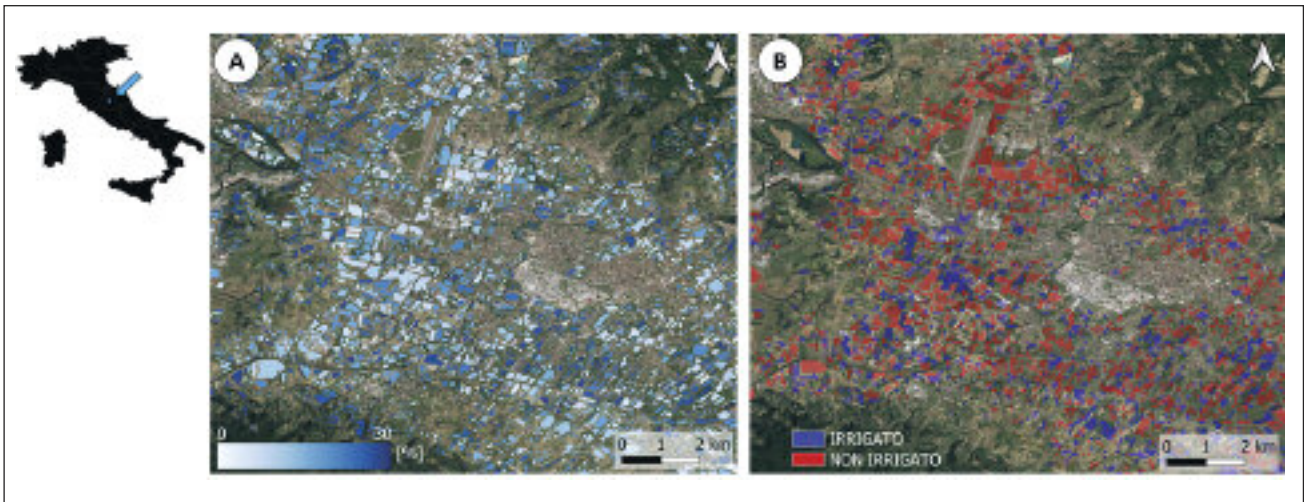


Figura 1: a) Dato di umidità del suolo, espresso come grado di saturazione, alla scala del singolo campo agricolo fornito dal prodotto S2MP in Umbria e riferito al 24/07/2018. b) Mappe di aree irrigate e non irrigate ottenute come output e relative alla stagione irrigua del 2018. Fonte: Dari et al. (2022a).

frequenza con cui il dato è disponibile. Tra le grandezze idrologiche che possono essere monitorate da satellite, l'umidità del suolo riveste sicuramente un ruolo di primaria importanza, soprattutto a causa del suo coinvolgimento diretto in molteplici processi idrologici. Un numero crescente di recenti articoli scientifici sta consolidando il valore che stime di contenuto d'acqua nel suolo da satellite assumono per rilevare (Dari et al., 2021) e quantificare (Brocca et al., 2018; Dari et al., 2020) l'irrigazione.

Ad esempio, Dari et al. (2022a) hanno esplorato la possibilità di mappare le aree effettivamente irrigate nell'Alta Valle del Tevere durante il periodo 2017-2019. Le analisi sono state condotte utilizzando misure di umidità del suolo ad altissima risoluzione spaziale ottenute da alcuni tra i più recenti sensori satellitari.

Il dato, distribuito dal consorzio Theia (<https://thisme.cines.teledetection.fr/home>) attraverso il prodotto S2MP, è realizzato alla scala del singolo appezzamento agricolo grazie alla fusione di osservazioni ottenute da due diversi satelliti ESA. Più nello specifico, il set di dati S2MP è prodotto unendo misure radar ottenute da Sentinel-1 con quelle ottiche di Sentinel-2. Il pannello

a) di Figura 1 fornisce un esempio del dato di umidità del suolo da S2MP per il bacino superiore del Tevere, espresso come grado di saturazione. Applicando delle tecniche statistiche e un algoritmo di Machine Learning al dato di S2MP aggregato alla scala spaziale di 100 m, è stato possibile individuare, per le stagioni irrigue (Giugno - Settembre) degli anni 2017, 2018 e 2019, gli appezzamenti che mostravano tracce di irrigazione.

Tale procedimento ha permesso di classificare le aree agricole irrigate e non alla risoluzione spaziale di 100 m, che indica un livello di dettaglio considerevole trattandosi di informazioni da satellite. Il pannello b) di Figura 1 mostra l'output finale, ossia le aree irrigate e non, in riferimento alla stagione irrigua del 2018 sulla stessa area mostrata nel pannello a).

Le mappe prodotte sono state quindi "incrociate" con dati sull'occorrenza di pratiche irrigue collezionati su campi pilota per fini di validazione, mostrando una soddisfacente affidabilità. Tuttavia, l'acquisizione di maggiori informazioni circa le pratiche irrigue è tanto auspicabile quanto fondamentale per ulteriori studi di validazione, specialmente ora che le tecnologie di telerilevamento permettono di otte-

nere osservazioni ad alte risoluzioni spaziali ( $\leq 100$  m), compatibili con la scala a cui le pratiche irrigue vengono generalmente attuate in Europa. Come detto in precedenza, le informazioni satellitari di vario genere permettono, potenzialmente, di monitorare le dinamiche dell'irrigazione a 360 gradi, ossia di rilevare dove e quando avvengono tali pratiche e soprattutto di quantificare quanta acqua viene utilizzata per questo proposito.

Tuttavia, la quantificazione dell'irrigazione da satellite è molto più difficile della mappatura. In letteratura scientifica esiste un numero molto limitato di studi che propongono metodi di stima dei volumi irrigui da satellite. Tali approcci sono principalmente basati su osservazioni delle due componenti del ciclo idrologico più direttamente im-

*I satelliti come occhi  
per monitorare le attività  
umane che alterano  
il ciclo dell'acqua*

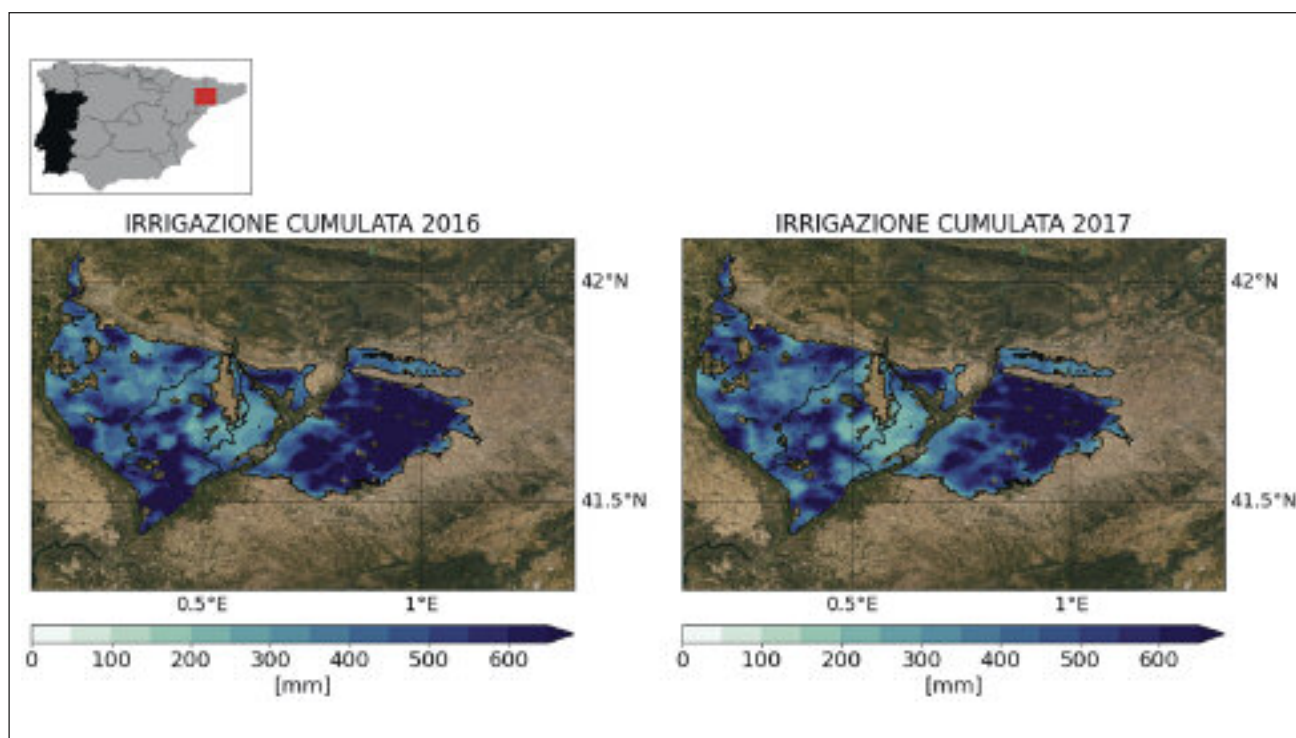


Figura 2: Stime di irrigazione da satellite (valori cumulati nel 2016 e 2017) alla scala spaziale di 1 km su distretti irrigui nel Nord-Est della Spagna. Fonte: Dari et al. (2020).

pattate dall'irrigazione: l'umidità del suolo e l'evapotraspirazione.

Tra i metodi sopra citati, vi è l'approccio di stima delle quantità irrigue mediante il metodo di inversione basata sull'umidità del suolo che, a scapito del nome, utilizza misure da satellite sia del contenuto d'acqua nel suolo che di evapotraspirazione come input. Questo approccio nasce dall'idea di utilizzare il suolo come un pluviometro naturale per stimare la pioggia invertendo il segnale di contenuto d'acqua da satellite, tradottasi poi nell'acronimo "SM2RAIN" (Soil Moisture to RAINfall; Brocca et al., 2014). Il me-

todo in realtà permette di stimare a ritroso la quantità totale di acqua in ingresso nel suolo che, su aree agricole, è la somma di precipitazione ed irrigazione. Applicando dunque tale approccio su aree irrigate e sottraendo la pioggia all'output ottenuto è possibile ricavare, per differenza, l'irrigazione.

Il metodo è stato successivamente migliorato integrando opportunamente nell'algoritmo anche stime di evapotraspirazione da satellite (Dari et al., 2020; 2022b).

Esso è attualmente implementato anche nell'ambito del progetto Irrigation+ menzionato in precedenza e di altri due progetti finanziati da ESA: DTE (Digital Twin Earth) Hydrology e 4DMED-Hydrology.

Tale circostanza sottolinea la grande attenzione attualmente in essere da parte delle principali agenzie spaziali mondiali, in questo caso ESA, sul monitoraggio dell'utilizzo di acqua in campo agricolo. L'approccio basato sull'inversione dell'umidità del suolo è stato applicato con successo su un'area intensamente irrigata nel

Nord-Est della Spagna. Dari et al. (2020), utilizzando dati di contenuto d'acqua nel suolo alla risoluzione spaziale di 1 km ottenuti dal satellite SMAP (Soil Moisture Active Passive) della NASA (National Aeronautics and Space Administration) e SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) della ESA, hanno stimato i volumi irrigui utilizzati durante il periodo 2011-2017.

Le mappe riportate in Figura 2 mostrano la distribuzione spaziale dei valori cumulati per gli anni 2016 e 2017. L'area in esame è particolarmente interessante per applicazioni di questo tipo, in quanto ricade nel bacino idrografico del fiume Ebro, per il quale i dati riguardanti i volumi di acqua destinati all'irrigazione sono resi disponibili. Questa circostanza, particolarmente rara, ha permesso di validare le stime di irrigazione da satellite, rivelando risultati soddisfacenti.

Il metodo basato sull'inversione dell'umidità del suolo è stato recentemente applicato nel progetto Irrigation+ per sviluppare dei prodotti regionali di irrigazione da satellite alla

*L'umidità del suolo:  
una variabile chiave  
per rilevare l'irrigazione  
dallo spazio*

risoluzione spaziale di 1 km. La disponibilità di stime di questo tipo apre importanti prospettive nella gestione della risorsa idrica. Infatti, analizzando i volumi irrigui ricavati da satellite per un certo numero di anni è possibile gettare le basi per fare il punto su quanta acqua viene effettivamente utilizzata in agricoltura e prevedere quanta ne servirà negli anni avvenire. Un tentativo in questo senso è stato fatto considerando le aree agricole nel bacino del Po. Sono stati calcolati i valori minimi e massimi delle cumulate stagionali di irrigazione stimate da sa-

tellite per il periodo 2016-2020, poi aggregati per regione. Tale informazione è riassunta in Figura 3. Queste semplici statistiche, pur se generate sulla base di pochi anni di dati, rendono bene l'idea sulle potenzialità degli strumenti appena descritti. Infatti, immaginando di avere, magari tra qualche anno, serie temporali più lunghe, potrebbero facilmente realizzarsi dei servizi operativi di previsione del fabbisogno irriguo.

È bene chiarire tuttavia che esistono diverse fonti di incertezza che collocano attività di questo tipo ancora in

una fase prettamente sperimentale. La stima dell'irrigazione da telerilevamento è infatti influenzata dalla risolu-

*In un prossimo futuro  
si potrà conoscere  
quanta acqua viene  
utilizzata per l'irrigazione*

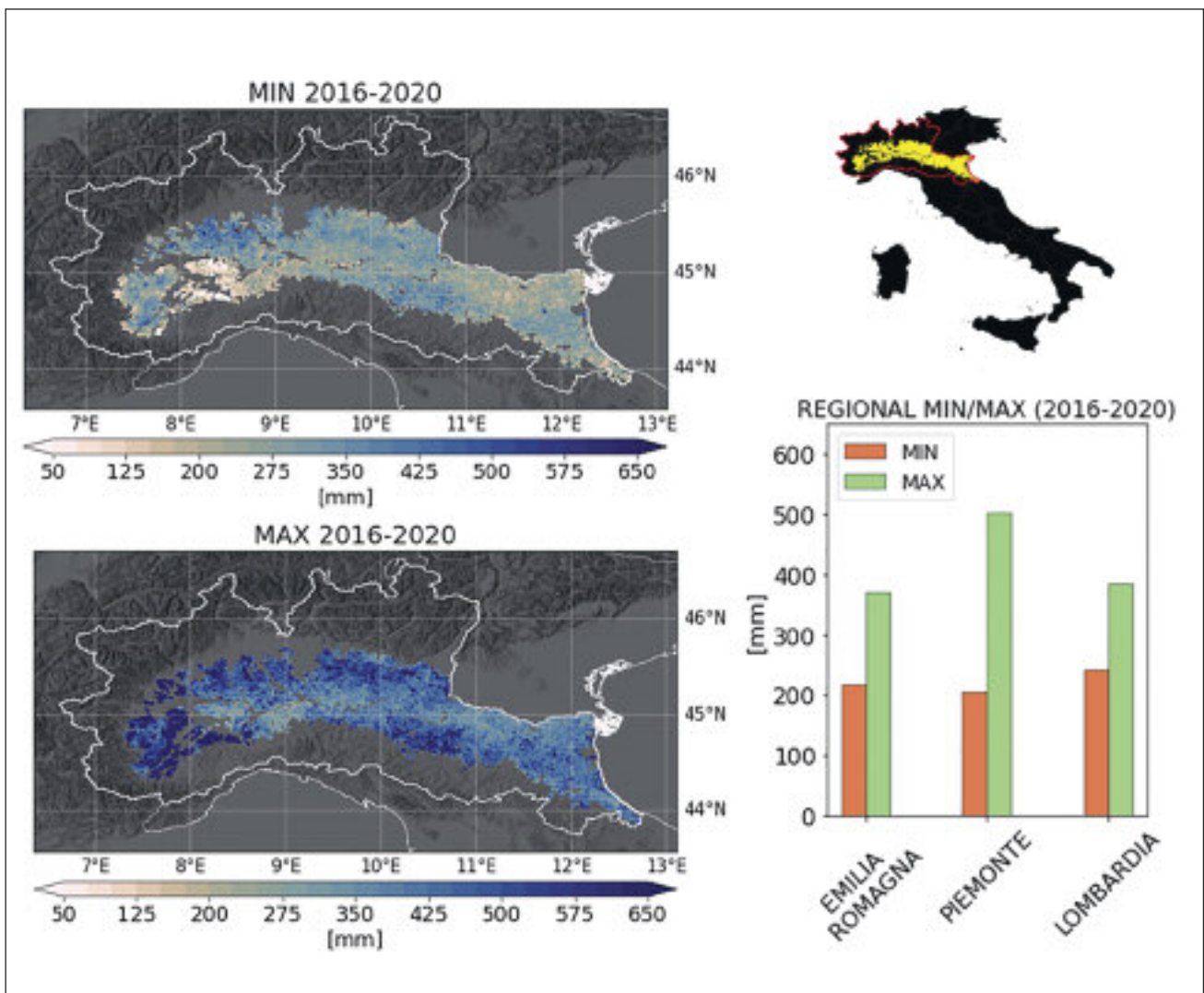


Figura 3: Valori minimi e massimi delle stime stagionali di irrigazione da satellite alla scala spaziale di 1 km sulle aree agricole del bacino del Po per il periodo 2016-2020. I valori aggregati per regione sono mostrati nel grafico a barre di destra.



zione temporale e spaziale delle osservazioni satellitari, che auspicabilmente dovrebbero coincidere il più possibile con la frequenza e la scala con cui avvengono le pratiche irrigue (Massari et al., 2021). Inoltre, limita-

zioni nell'accuratezza dei prodotti satellitari utilizzati come dato di input possono certamente influenzare le prestazioni dell'algoritmo. Non ultimo, spesso è difficile validare i risultati ottenuti proprio a causa della mancanza

di dati di riferimento circa i volumi di acqua utilizzati per l'irrigazione, circostanza che finisce per essere paradossalmente il motore e al tempo stesso il maggior fattore limitante di questa tipologia di ricerca.

### Bibliografia

Brocca, L., Ciabatta, L., Massari, C., Moramarco, T., Hahn, S., Hasenauer, S., Kidd, R., Dorigo, W., Wagner, W., Levizzani, V., 2014. Soil as a natural rain gauge: Estimating global rainfall from satellite soil moisture data. *J. Geophys. Res.*, 119, 5128–5141.

Brocca, L., Tarpanelli, A., Filippucci, P., Dorigo, W., Zaussinger, F., Gruber, A., Fernández-Prieto, D., 2018. How much water is used for irrigation? A new approach exploiting coarse resolution satellite soil moisture products. *Int. J. Earth Obs. Geoinformation*, 73, 752-766.

Dari, J., Brocca, L., Quintana-Seguí, P., Casadei, S., Escorihuela, M.J., Stefan, V., Morbidelli, R., 2022a. Double-scale analysis on the detectability of irrigation signals from remote sensing soil moisture over an area with complex topography in central Italy. *Adv. Water Res.*, 161, 104130.

Dari, J., Brocca, L., Quintana-Seguí, P., Escorihuela, M.J., Stefan, V., Morbidelli, R., 2020. Exploiting high-resolution remote sensing soil moisture to estimate irrigation water amounts over a Mediterranean region. *Remote Sens.*, 12, 2593.

Dari, J., Quintana-Seguí, P., Escorihuela, M.J., Stefan, V., Brocca, L., Morbidelli, R., 2021. Detecting and mapping irrigated areas in a Mediterranean environment by using remote sensing soil moisture and a land surface model. *J. Hydrol.*, 126129.

Dari, J., Quintana-Seguí, P., Morbidelli, R., Saltalippi, C., Flammini, A., Giugliarelli, E., Escorihuela, M.J., Stefan, V., Brocca, L., 2022b. Irrigation estimates from space: Implementation of different approaches to model the evapotranspiration contribution within a soil-moisture-based inversion algorithm. *Agric. Water Manag.*, 265,107537.

Massari, C., Modanesi, S., Dari, J., Gruber, A., De Lannoy, G.J.M., Girotto, M., Quintana-Seguí, P., Le Page, M., Jarlan, L., Zribi, M., Ouaadi, N., Vreugdenhil, M., Zappa, L., Dorigo, W., Wagner, W., Brombacher, J., Pelgrum, H., Jaquot, P., Freeman, V., Volden, E., Fernandez Prieto, D., Tarpanelli, A., Barbetta, S., Brocca, L., 2021b. A review of irrigation information retrievals from space and their utility for users. *Remote Sens.*, 13(20), 4112.

Ouaadi, N., Jarlan, L., Khabba, S., Ezzahar, J., Le Page, M., Merlin, O., 2021. Irrigation Amounts and Timing Retrieval through Data Assimilation of Surface Soil Moisture into the FAO-56 Approach in the South Mediterranean Region. *Remote Sens.*, 13, 2667.

## LA NUOVA ILLUMINAZIONE DEL COMUNE DI GUBBIO



*di Jonas Orlandi*

Una ventina di anni fa sfogliando il manuale di storia delle superiori mi sono imbattuto in un estratto di un testo storiografico in cui l'autore, nel tinteggiare l'immagine del mondo medioevale "by night" descriveva un quadro essenzialmente buio, rischiarato, oltre che dagli astri del firmamento, da qualche isolata lanterna collocata alla porta di ingresso della cinta muraria cittadina piuttosto che in corrispondenza di qualche edicola votiva di un crocevia di campagna.

Immagino che la descrizione in questione avrebbe estasiato il climatologo Luca Mercalli che, invitato dall'Amministrazione Comunale di Gubbio a presentare il progetto di riqualificazione della pubblica illuminazione in quella che si presenta come "la più bella città medioevale" ha esordito denunciando l'eccesso di illuminazione nelle notti contemporanee, che tra le altre cose avrebbe conclamati effetti deleteri sulla biologia degli insetti impollinatori notturni.



*Simulazione dell'illuminazione di Palazzo Ducale*

È con l'esigenza di conciliare le quantomai attuali istanze ambientaliste con quella di fornire un pubblico servizio secondo i dettami della normativa vigente che l'Amministrazione ha ravvisato la necessità di un intervento complessivo di riqualificazione degli impianti di pubblica illuminazione, rispetto agli interventi a spot succedutisi nel corso degli anni, con un approccio progettuale che tenesse conto delle specificità della situazione eugubina, caratterizzata da un territorio comunale estremamente vasto e

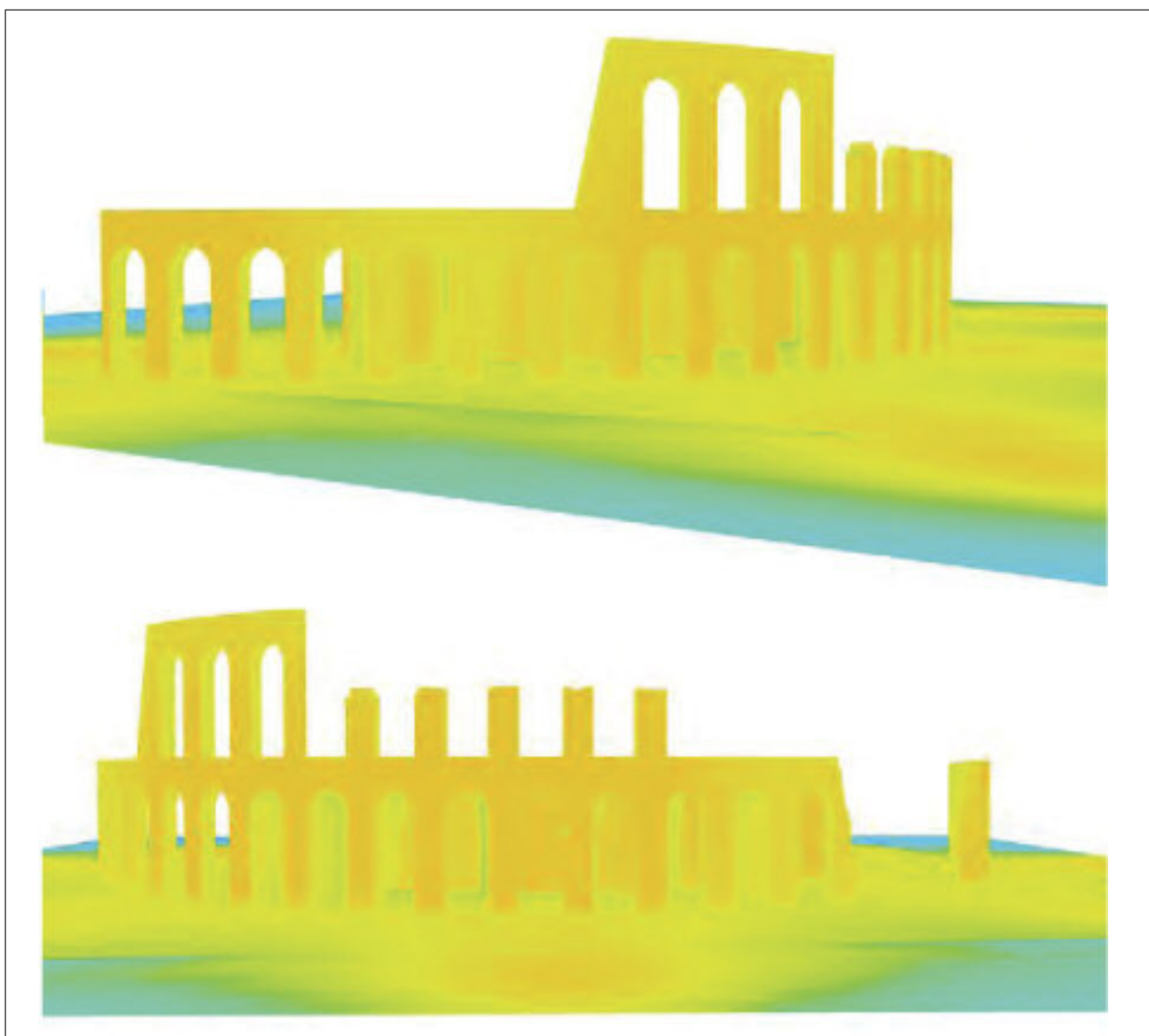
da un centro storico soggetto a un importante regime vincolistico di carattere paesaggistico e monumentale.

Sotto il profilo tecnico il lavoro progettuale è stato coordinato dal personale dell'ufficio tecnico comunale, in particolare prima che dallo scrivente dai colleghi ingegneri Luigi Casagrande, Viviana Suvieri e Paolo Bottegoni.

#### **Percorso amministrativo**

L'iter procedurale seguito è stato quello della finanza di progetto ex art. 183 comma 15 del Codice degli ap-

palti. A seguito di una prima procedura di gara volta all'individuazione del promotore si è dato il via ad una seconda procedura con la quale l'appalto è stato aggiudicato ad ENGIE Servizi S.p.a., che ha offerto un investimento di circa due milioni di euro in lavori di riqualificazione ed efficientamento a fronte della corresponsione da parte dell'Amministrazione di un canone annuo per il servizio di gestione e manutenzione degli impianti e la fornitura di energia elettrica che per i diciotto anni di durata della concessione porta



*Render illuminotecnico in falsi colori del Teatro Romano*



a un importo totale dell'appalto di circa nove milioni di euro, con un risparmio di circa il venti per cento sulla base del costo storico del servizio.

Il contratto si configura come un Energy Performance Contract ai sensi del D.lgs 102/2014, con il concessionario che assume il ruolo di ESCo per l'accesso agli incentivi GSE per l'efficiamento energetico, che andranno a beneficio dell'Amministrazione per la parte eccedente il recupero di quota dell'investimento iniziale. L'avvio del servizio, una volta conclusi i passaggi

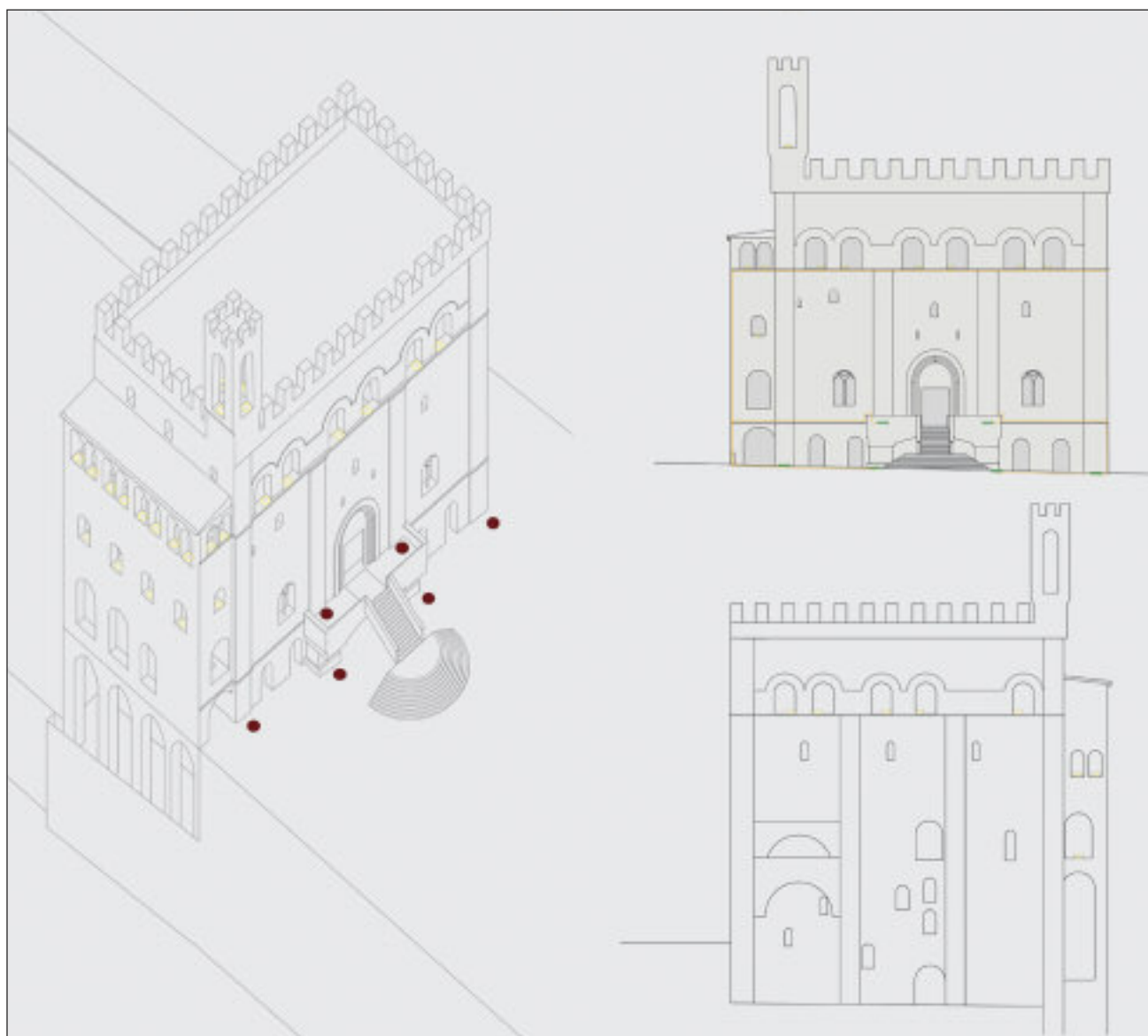
autorizzativi e approvativi, è previsto per la seconda metà del 2022.

#### Aspetti tecnici del progetto

Per quanto riguarda gli aspetti illuminotecnici del progetto, redatto dallo Studio INTRE di Lucca, su un totale di circa 6800 punti luce è stata prevista la sostituzione di circa 6300 corpi illuminanti, attualmente caratterizzati in prevalenza da sorgenti luminose a vapore di mercurio, con corpi illuminanti con sorgente luminosa a LED e dotati di meccanismi di regolazione del

flusso luminoso, che potrà essere ridotto nelle ore notturne di minore utilizzo delle strade, in conformità a quanto previsto dai CAM. Il risparmio energetico prodotto da questa operazione è stimato in 2,171 MWh, corrispondenti a circa 400 TEP.

Nel centro storico si procederà al retrofit delle caratteristiche lanterne e pali in ferro battuto e l'integrazione dei punti luce esisterà privilegerà soluzioni a basso impatto visivo, quali ad esempio l'installazione sotto gronda. Sono inoltre previsti quindici interventi



*Distribuzione dei corpi illuminanti di Palazzo dei Consoli*

di lighting design volti alla valorizzazione di altrettante emergenze monumentali del centro cittadino, dalle Logge dei Tiratori al Palazzo Ducale, passando per l'Anfiteatro Romano e il complesso monumentale di Piazza Grande e i cui dettagli esecutivi saranno definiti di concerto con la Soprintendenza.

La progettazione illuminotecnica delle strade seguirà i dettami definiti dalle norme UNI11248 e UNI13201, con i parametri illuminotecnici individuati in funzione della classificazione della strada ai sensi del Codice con particolare attenzione in corrispondenza delle intersezioni, degli attraversamenti pedonali e delle strutture scolastiche.

Sotto il profilo della sicurezza sono previsti interventi di riqualificazione o sostituzione sui circa 430 quadri elettrici a servizio degli impianti, che presentano diffuse problematiche di degrado legate alla vetustà. In particolare, nell'ottica della riduzione dei consumi energetici è prevista la sostituzione degli interruttori crepuscolari basati su fotocellula con più evoluti e precisi interruttori astronomici. La risoluzione delle situazioni di promiscuità elettrica ravvisabili nel centro storico, con punti luce e quadri derivati direttamente dalle linee del distributore di energia elettrica è prevista con la realizzazione di circa 8 km di nuove linee dedicate che correranno in parte nei sottoservizi sfruttando le predisposizioni esistenti e in parte appoggiandosi ai fasci di linee collocati sulle facciate degli edifici.

A seguito di un censimento sui circa 4000 sostegni dei punti luce è prevista una campagna di verifiche spessimetriche sui pali che risultano nelle situazioni più critiche.

Si stima sia necessario procedere alla sostituzione di circa 230 pali, privilegiando tipologie a elevata capacità di dispersione dell'energia in caso di urto, quali quelle a sicurezza passiva o "pali cedevoli" ai sensi della norma UNI EN 12767.



*Locandina dell'evento di presentazione del progetto alla cittadinanza*

#### Aspetti gestionali

La concessione prevede la gestione, con servizio di reperibilità e pronto intervento, e la manutenzione degli impianti di pubblica illuminazione e la fornitura di energia elettrica.

In particolare sono a carico del concessionario la manutenzione ordinaria e correttiva, sulla base del piano di manutenzione, compresa la fornitura di materiali minuti di consumo.

La manutenzione straordinaria degli impianti di pubblica illuminazione sarà di tipo FULL RISK, ovvero compresa nel canone concessorio.

La gestione e il monitoraggio dello stato degli impianti avverranno con un sistema informativo GIS web based, predisposto per l'integrazione con sistemi di telegestione e telecontrollo.

In conclusione, visto l'orizzonte temporale ventennale della concessione e le strategiche finalità di riduzione dei consumi energetici, l'intervento pro-

ietta il Comune di Gubbio nel futuro. Futuro che, riallacciandosi a quanto pronosticato dal climatologo Luca Mercalli, verosimilmente porterà a una nuova centralità delle aree appenniniche, in virtù di quelle caratteristiche geografiche che, da tradizionale causa storica di marginalità economica e demografica, risulteranno particolarmente favorevoli in uno scenario imminente segnato dall'innalzamento del livello dei mari con conseguente spopolamento delle fasce costiere.

#### **Committente:**

Comune di Gubbio

#### **Responsabile unico del procedimento:**

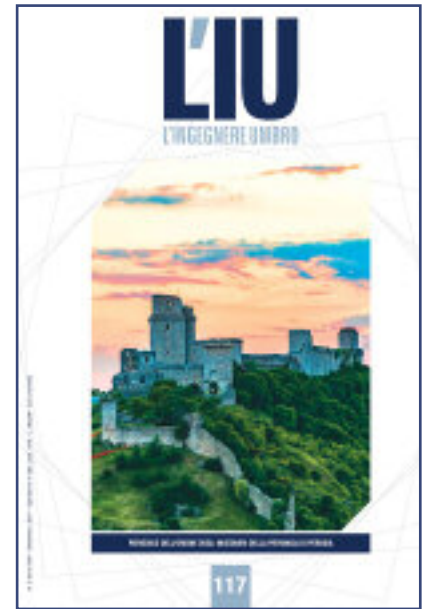
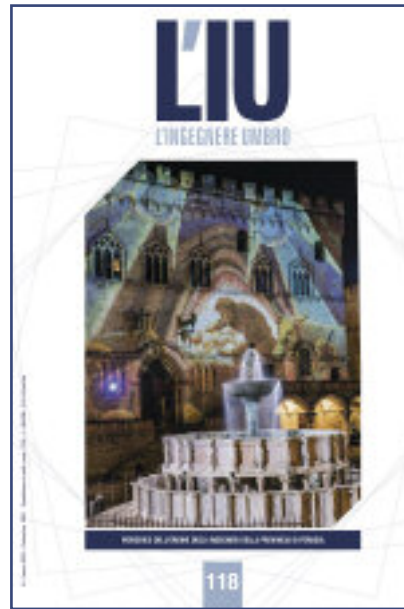
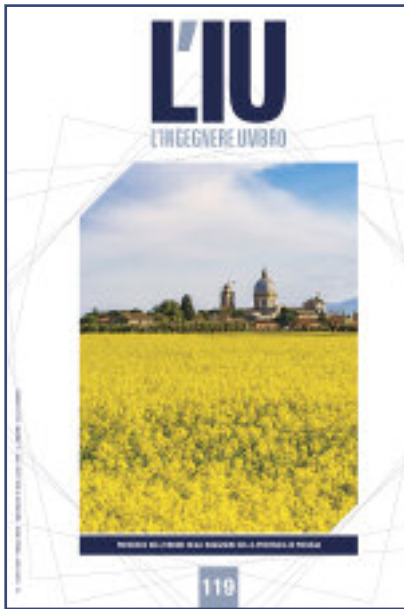
Ing. Jonas Orlandi

#### **Progettazione:**

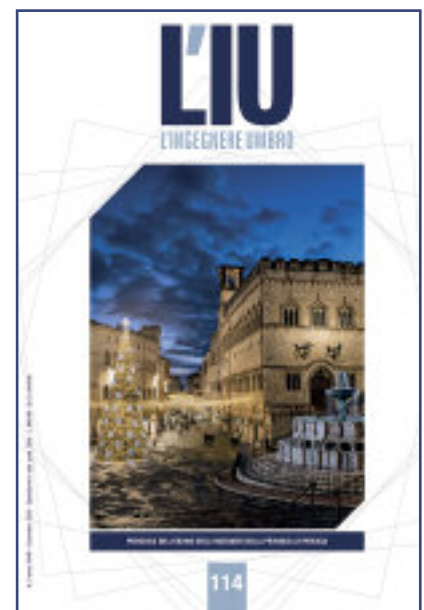
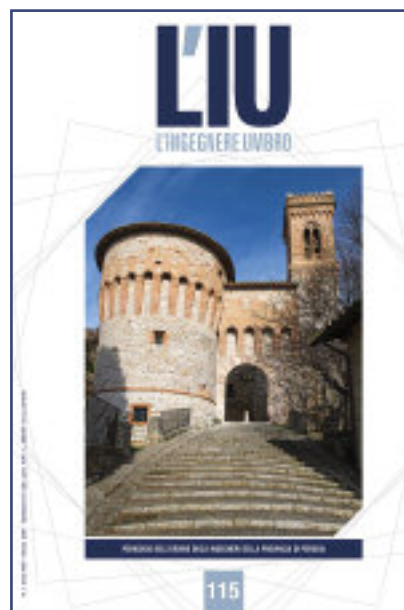
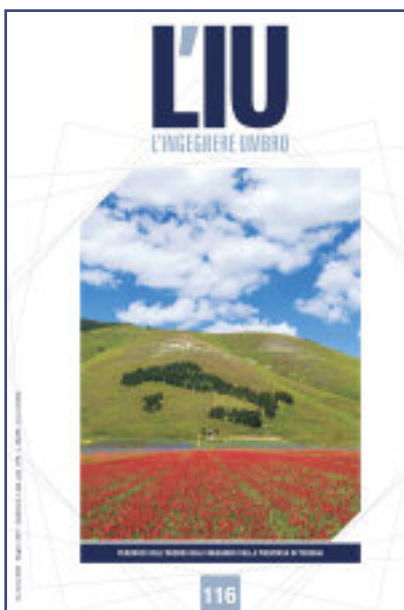
Studio INTRE

#### **Concessionario:**

ENGIE Servizi S.p.A.



ORDINE DEGLI  
INGEGNERI  
PROVINCIA DI PERUGIA







# MODELLIAMO LE TUE IDEE

**Multiasset Lab s.r.l.** è uno spin off dell'Università degli Studi di Perugia nato dalla sinergia tra ricercatori e professionisti con esperienza nel campo delle indagini numeriche e sperimentali per lo studio del comportamento strutturale.

La società si pone al servizio di studi di ingegneria, enti ed aziende per realizzare modelli fisici e numerici o svolgere indagini sperimentali finalizzate allo studio del comportamento di strutture e componenti sotto vari tipi di azioni (azioni statiche, vento, terremoto, incendio, vibrazioni ambientali, fatica).

## SERVIZI E PRODOTTI

- Modelli statici e dinamici per prove in galleria del vento e su tavola vibrante.
- Modelli numerici avanzati per analisi di strutture e componenti.
- Modelli per simulazioni di fluido-dinamica computazionale.
- Prove di carico per certificazione di prodotti e sviluppo di brevetti.
- Identificazione dinamica e monitoraggio statico e dinamico di strutture e infrastrutture.
- Modelli fisici e virtuali di architettura (plastici, rendering...).

