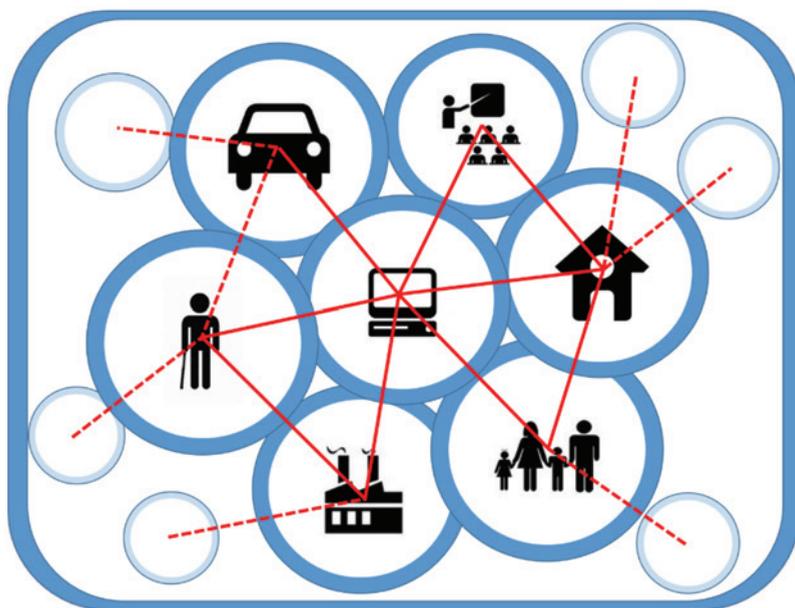


SMART ENVIRONMENTS

VALORIZZAZIONE DELLA RICERCA E CRESCITA
DEL TERRITORIO NEGLI AMBIENTI INTELLIGENTI

editors

STEFANO PANZIERI, PAOLA MARRONE,
GIANCARLO DELLA VENTURA, STEFANO CARRESE



Roma TrE-Press

2018

Università degli Studi Roma Tre

SMART ENVIRONMENTS

Valorizzazione della ricerca e crescita del territorio
negli ambienti intelligenti

editors

STEFANO PANZIERI, PAOLA MARRONE,
GIANCARLO DELLA VENTURA, STEFANO CARRESE



Roma TrE-Press

2018

Con il supporto della REGIONE LAZIO
Assessorato Formazione, Ricerca, Scuola e Università
Direzione Regionale Formazione, Ricerca e Innovazione
Scuola e Università, Diritto allo Studio
Area Ricerca e Innovazione per la Programmazione Regionale

AVVISO PUBBLICO RELATIVO A
PROGETTI DI RICERCA PRESENTATI DA
UNIVERSITA' E CENTRI DI RICERCA – LR 13/2008

(Prot. FILAS-RU- 2014 – 1024 del 06/03/2014- Convenzione del 23/07/2015, registrata il
29/07/2015 con Vs. n°. reg. cronologico 18072 – CUP F82115000450002)

Coordinamento editoriale:
Gruppo di Lavoro *Roma TrE-Press*

Edizioni: Roma TrE-Press ©
Roma, settembre 2018
ISBN: 978-88-94376-37-1

<http://romatrepress.uniroma3.it>

Quest'opera è assoggettata alla disciplina *Creative Commons attribution 4.0 International Licence* (CC BY-NC-ND 4.0) che impone l'attribuzione della paternità dell'opera, proibisce di alterarla, trasformarla o usarla per produrre un'altra opera, e ne esclude l'uso per ricavarne un profitto commerciale.



Sommario

Prefazione	7
Giuseppe Di Battista	
Introduzione	11
Stefano Panzieri	
Trasferimento Tecnologico tra Università e Imprese	15
Aleardo Furlani	
Energia e Sostenibilità	19
Paola Marrone	
Beni Culturali	25
Giancarlo Della Ventura	
Mobilità sostenibile	33
Stefano Carrese	
ENERGIA E SOSTENIBILITA'	39
1. <i>Smart Buildings: Edifici Intelligenti per Migliorare l'Efficienza Energetica e il Comfort degli Utenti</i>	41
Chiara Foglietta, Dario Masucci, Cosimo Palazzo, Stefano Panzieri, Federica Pascucci	
2. <i>La valutazione di soluzioni progettuali e tecnologiche per l'efficienza energetica del patrimonio costruito</i>	53
Laura Calcagnini, Paola Marrone	
3. <i>Ottimizzazione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili a basso impatto ambientale</i>	67
Antonino Laudani, Gabriele Maria Lozito, Francesco Riganti Fulginei, Alessandro Salvini	
4. <i>GIS per il rischio climatico e l'efficienza energetica</i>	79
Daniela De Ioris, Simone Ombuen	
5. <i>Sviluppo di un modello GTAP economico-energetico per la valutazione di politiche di sostegno delle nuove tecnologie pulite in campo energetico</i>	87
Valeria Costantini, Elena Paglialunga, Giorgia Sforza	
6. <i>Riqualficazione ambientale degli spazi aperti: proposta di uno strumento multicriteria di supporto alla progettazione</i>	97
Paola Marrone, Federico Orsini	
7. <i>Tecnologie Big Data per Data-Driven Smart Environment</i>	111
Luca Cabibbo, Donatella Firmani, Riccardo Torlone	

8. <i>Studio delle caratteristiche geotermiche del sottosuolo romano</i> Claudio Baffioni, Andrea Bonamico, Guido Giordano, Alessandro Vona	125
9. <i>Verso un sistema indossabile autonomo per il riconoscimento intelligente di parametri relativi alle attività fisiche</i> I. Bernabucci, D. Bibbo, C. Caramia, S. Conforto, C. De Marchis, A. Proto M. Schmid	135
MOBILITA'	147
10. <i>Ingegneria dei trasporti per la mobilità sostenibile nel settore dei beni culturali</i> Stefano Carrese, Andrea Gemma	149
11. <i>MUSE: turisti e mobilità pedonale</i> Lorenzo Barbieri, Andrea Filpa	161
12. <i>Fruizione dei beni culturali a Roma: un approccio smart</i> Angelo Panno, Ylenia Passiatore, Giuseppe Carrus	173
13. <i>Analisi economica della mobilità sostenibile nel settore dei beni culturali: focus sulla mobilità pedonale dei turisti a Roma</i> Valerio Gatta, Michela Le Pira, Edoardo Marcucci	183
BENI CULTURALI	195
14. <i>Banca dati per aspetti normativi in tema di beni culturali</i> Maria Chiara Buttiglione, Luigi Moccia	197
15. <i>Laboratorio virtuale su piattaforma telematica per ottimizzare e facilitare la fruizione di apparati sperimentali finalizzati alla tutela dei beni culturali</i> Andrea Benedetto, Maria Giulia Brancadoro	207
16. <i>Personal Museum: proposte per un museo personalizzato ed interattivo</i> Chiara Di Stefano, Alessandro Neri	217
17. <i>Analisi ipermediali e regia automatica</i> Enrico Menduni, Giacomo Ravesi	227
18. <i>Un Sistema di Raccomandazione Sociale basato su Linked Open Data per la Fruizione di Beni Culturali</i> Alessandro Micarelli, Giuseppe Sansonetti	241
19. <i>Diagnostica per il restauro e la conservazione: danni ambientali e di origine biologica</i> Giulia Caneva, Annalaura Casanova Municchia, Giancarlo Della Ventura, Maria Antonietta Ricci, Armida Sodo	253
20. <i>Metodologie integrate per la prevenzione sismica del costruito storico</i> Gianmarco de Felice, Bartolomeo Pantò	261

21. <i>Cervantes dal verbo all'immagine-movimento: una piattaforma interculturale</i> Daniele Corsi, Giuseppe Grilli	273
SMART FOOD	291
22. <i>Metrologia dell'olio extra vergine di oliva</i> Maurizio Caciotta, Barbara Orioni	293
23. <i>Studio degli effetti di alimenti arricchiti col flavanone naringenina sulla prevenzione di patologie degenerative</i> Manuela Cipolletti, Marco Fiocchetti, Maria Marino, Maria Teresa Nuzzo	299
PAESAGGI CULTURALI	309
24. <i>Sistema informativo integrato multipiattaforma per la promozione e l'esperienza consapevole del territorio laziale</i> Sara Carallo, Claudio Cerreti	311
25. <i>I paesaggi rurali tradizionali nel Lazio. Tutela e valorizzazione di un patrimonio "vivente"</i> Giorgia De Pasquale, Elisabetta Pallottino	325
26. <i>Strumenti e metodi di indagine per la conoscenza dei paesaggi culturali. Il centro urbano di Manziana ed il suo contesto ambientale</i> Matteo Flavio Mancini, Giovanna Spadafora	337
27. <i>Un contributo alla costruzione di un quadro unitario del paesaggio storico laziale, sulla base dei documenti del Catasto Gregoriano: il Sistema Informativo Territoriale della città storica di Tivoli</i> Antonio Cimino, Elisabetta Pallottino	349
AMBIENTE E MATERIALI	361
28. <i>Pericolosità geochimica da gas endogeni e sostanze radioattive nelle aree perivulcaniche del Lazio ed impatto sull'ambiente</i> M. Castelluccio, G. De Simone, G. Galli, C. Lucchetti, E. Pollinzi F. Pompilj, M. Soligo, P. Tuccimei, P. Tufoni	363
29. <i>Indomatic: prototipo di una piattaforma community-based per la fruizione di conoscenze avanzate sulla tecnica della nanoindentazione</i> Edoardo Bemporad, Daniele Toti	375
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE	387
30. <i>Strumenti e procedure per rendere gli ambienti digitali un moltiplicatore dello sviluppo</i> Fabio Bassan, Maria Letizia Magno	389

31. *La brevettabilità dell'innovazione biotecnologica nello spazio giuridico europeo, tra simmetrie normative e asimmetrie interpretative* 401
Giandonato Caggiano, Daniela Vitiello
32. *La disciplina europea dei "segreti commerciali" come tutela delle innovazioni delle imprese in alternativa ai brevetti* 415
Giandonato Caggiano, Ilenia Italiano
33. *L'accordo istitutivo del Tribunale Unificato dei Brevetti* 429
Giandonato Caggiano, Ilaria Ottaviano

Prefazione

Giuseppe Di Battista¹

Quando, alla fine del 2013, dopo un lungo periodo di scarsa interazione con le Università, la Regione emanò il bando per progetti di ricerca identificato dalla Determinazione 12 dicembre 2013, n. G04431, ebbe l'ottima idea di consentire a ciascun Ateneo di presentare al più un progetto.

Il Rettore Panizza mi chiese allora di favorire l'aggregazione di un insieme più ampio possibile di ricercatori di Roma Tre attorno ad un grande progetto interdisciplinare. Non fu facile. Infatti, in un mondo universitario tradizionalmente organizzato in settori tra loro scarsamente comunicanti, i rapporti con colleghi di altri settori, magari di altri Dipartimenti, possono suscitare diffidenza o addirittura ostilità.

Per fortuna però un piccolo nucleo di Colleghi capì rapidamente l'importanza dell'opportunità che si presentava. Tra essi Stefano Panzieri, che si caricò dell'onere del coordinamento del progetto. In poco tempo attorno a questo piccolo gruppo si aggregarono moltissimi altri Colleghi, distribuiti in tutti i Dipartimenti e la diffidenza iniziale fu soppiantata dapprima dalla curiosità di capire cosa stesse avvenendo e poi da una vera e profonda partecipazione scientifica e culturale.

Così è nato il SMART ENVIRONMENTS, un progetto che da una parte ha forzato l'Università ad una significativa azione di trasferimento tecnologico e dall'altra ha messo in contatto ricercatori dei settori scientifici più disparati, motivandoli a perseguire un obiettivo comune.

¹ Prorettore alla ricerca durante il progetto *Smart Environments*.

SMART ENVIRONMENTS parte innanzitutto dal presupposto che i futuri ambienti intelligenti debbano affrontare in modo nuovo le sfide energetiche, in un'ottica di piena sostenibilità. In secondo luogo il progetto focalizza l'attenzione sui beni culturali, aspetto qualificante e caratterizzante dell'ambiente-Regione Lazio. Poi vengono affrontate le sfide della mobilità intelligente, fortemente intrecciate con le due questioni appena menzionate. Il tutto viene accompagnato da una costante attenzione per le condizioni attraverso cui la conoscenza tecnologica può trasformarsi in valore economico.

Per ciò che riguarda il rapporto tra energia e sostenibilità il progetto ha conseguito interessanti risultati in termini di metodi e tecniche per l'efficientamento energetico, di ottimizzazione di sistemi per le energie rinnovabili, di generazione distribuita dell'energia elettrica, di utilizzo della geotermia e di tecniche per l'individuazione di sprechi o di utilizzi non ottimali.

Il lavoro sui beni culturali ha coinvolto ed integrato aspetti tra loro molto diversi come la diagnostica, il restauro, la valorizzazione, la collocazione storica e archeologica dei beni, gli aspetti gestionali ed economici, anche in rapporto al territorio, i paesaggi culturali, la viabilità, ma anche gli aspetti procedurali e normativi legati sia al management dei beni, sia al reperimento di risorse (anche comunitarie) per lo sviluppo del settore. Parte del lavoro su questo aspetto potrà ulteriormente essere valorizzato nell'ambito del costituendo Distretto tecnologico per i beni e le attività culturali della Regione.

Coerentemente con l'impostazione generale del progetto, il tema della mobilità intelligente è stato affrontato prevalentemente dal punto di vista dell'accessibilità pedonale di turisti e pellegrini in quanto fruitori dei beni culturali e dei siti di culto. In particolare il progetto ha affrontato gli aspetti motivazionali e psicologici del turista/ pellegrino, ha contribuito a fare il punto sulla grande disponibilità di dati sulla città e ha centrato l'attenzione sulle esigenze e richieste di un turismo/pellegrinaggio sostenibile che impatti nel minor modo possibile sulla mobilità cittadina.

Credo che il successo di SMART ENVIRONMENTS mostri che non solo fare buona ricerca interdisciplinare sia possibile in un Ateneo medio-

grande e a vocazione generalista, ma anche che tale tipo di ricerca consenta di esprimere competenze e specificità che altrimenti rischierebbero di rimanere parzialmente sopite.

Cosa rimane al termine di un progetto di questo tipo?

Senz'altro rimangono le tecnologie trasferite, almeno in parte, al tessuto produttivo, le nuove metodologie, le buone pubblicazioni in buone sedi nazionali e internazionali, la crescita dei giovani dottorandi e post-doc. Rimane la constatazione che la Regione Lazio è oggi finalmente in grado di stimolare la ricerca mettendo in contatto le Università e il territorio. Rimane però anche e soprattutto un tessuto fine di rapporti tra Colleghi, che prima quasi non si conoscevano. Tale rete è un patrimonio che potrà essere messo a frutto nei prossimi anni sicuramente nella ricerca, forse nella didattica e probabilmente in termini di incremento di competitività nell'accesso ad altri bandi non solo regionali.

Introduzione

Stefano Panzieri²

Il progetto SMART ENVIRONMENTS, svoltosi negli anni dal 2015 al 2017 presso l'Ateneo Roma Tre, è stato finanziato dalla Regione Lazio con lo scopo di sostenere "l'attività di ricerca orientata all'accrescimento della competitività tecnologica del tessuto imprenditoriale della regione" e di promuovere "il sistema della ricerca e innovazione mediante la valorizzazione delle infrastrutture di ricerca presenti sul territorio". In particolare, l'Avviso Pubblico era finalizzato "alla presentazione di proposte relative alla realizzazione di progetti di ricerca presentati da Università ed Enti di Ricerca che creino e facilitino i rapporti di collaborazione con le imprese, agevolino il trasferimento tecnologico e favoriscano la fruizione e la diffusione dei risultati della Ricerca".

Insomma, un indirizzo che aveva, fin da subito, individuato nel trasferimento tecnologico una delle chiavi in grado di sostenere lo sviluppo industriale della Regione Lazio in un periodo difficile dove però la possibile ripresa economica garantiva disponibilità di investimenti.

SMART ENVIRONMENTS, con la sua dichiarata progettualità a forte vocazione imprenditoriale, è andato a esplorare, quindi, il nuovo terreno della Terza Missione delle Università, dove il rapporto con il territorio finisce al centro dell'operare accademico non più in una ottica di diffusione del sapere che procede dall'alto verso il basso ma con la pretesa di lavorare insieme al tessuto produttivo, sia esso industriale, di servizio o

² Responsabile Scientifico del progetto SMART ENVIRONMENTS, Dipartimento di Ingegneria, Roma Tre.

culturale, per coadiuvare le imprese nel difficile compito di rinnovamento tecnologico e di idee rimanendo al contempo fecondati dalle esigenze sociali e di mercato.

Per questo motivo, insieme ai task di creazione della conoscenza e di sviluppo della ricerca di base, è stato ideato e realizzato, all'interno del progetto, un meccanismo di incentivazione del trasferimento tecnologico che contribuisca a realizzare l'incontro tra i laboratori di ricerca dove operano docenti, ricercatori e studenti, e le imprese. È stata incentivata, quindi, anche la cultura della start-up in un ambito dove ancora stenta ad attecchire a causa di ritardi organizzativi, e probabilmente culturali, che vedono solo adesso la nascita di incubatori e pre-incubatori universitari e non. Sicuramente in questo settore l'Ateneo Roma TRE sta si sta sviluppando e anche grazie a SMART ENVIRONMENTS sta comprendendo il valore estremo che è dato da questa modo di vedere la formazione in termini di espressione della creatività giovanile e di creazione di valore aggiunto di alta qualità.

Il Progetto aveva, infatti, come ulteriore obiettivo la realizzazione di un modello organizzativo composto da un nodo di competenza multidisciplinare, altrimenti chiamato Agenzia per la Ricerca, per l'offerta al territorio regionale di conoscenze e tecnologie innovative sviluppate a Roma Tre, integrato da un sistema di funzioni di **marketplace** e di finanziamento della ricerca e dell'innovazione ispirate ai principi della Smart Innovation Strategy della Regione Lazio.

Per quanto riguarda l'integrazione delle informazioni e delle attività, la nascente Agenzia della Ricerca tenderà a ottimizzare le azioni nella direzione di un'evoluzione intelligente del territorio, grazie anche alle numerose competenze presenti in Ateneo in tantissimi campi e questo libro, che contiene una raccolta di lavori scientifici realizzati dai laboratori di Roma Tre che hanno partecipato attivamente al progetto, tocca una serie di tematiche tra le quali vale la pena elencare l'energia, la sostenibilità, la mobilità smart, i beni culturali, lo smart food, i paesaggi culturali, l'ambiente, i materiali e la pubblica amministrazione.

Nell'ottica di creare il **matching** tra le competenze e i risultati prodotti

dai Dipartimenti dell'Ateneo e una più ampia comunità di possibili partner industriali e finanziari (business angels, venture capitalist, imprese, altri investitori), al fine di favorire processi di collaborazione e partnership industriali per trasferire i risultati dal mondo della ricerca al mercato e per individuare potenziali canali di finanziamento per le soluzioni innovative e sostenere il processo di avvio e crescita di eventuali iniziative imprenditoriali, è stata svolta da parte di INNOVA S.r.l. un'attività di coaching sui ricercatori e i responsabili scientifici che sono stati chiamati a presentare i risultati della ricerca nel corso di alcuni eventi organizzati da CAMPUS Consulting S.r.l. che ha seguito gli incontri e facilitato il processo di scambio di informazioni per l'avvio di possibili negoziazioni con i partner industriali e finanziari eventualmente interessati.

In particolare, ogni evento ha avuto lo scopo di valorizzare i risultati ottenuti dai Ricercatori dell'Università degli Studi Roma Tre. Il ruolo di INNOVA S.r.l. è stato quello di individuare anzitutto l'imprenditore più adatto e metterlo quindi in contatto prima con i responsabili scientifici delle due filiere e poi con i singoli assegnisti, organizzando il lavoro in gruppi, suddivisi per Panels tematici.

Per tornare brevemente al ruolo dell'Agenzia della Ricerca è certamente possibile, e direi doveroso visto che le Università entrano a far parte dell'orizzonte delle aziende che mostrano aperture crescenti verso questo mondo sia nella ricerca delle competenze sia per quanto riguarda innovazione e ricerca, rifarsi al paradigma dell'*open innovation*³ per definirne correttamente i compiti:

1. Realizzare un network strutturato tra università e impresa
2. Stimolare la capacità innovativa delle imprese del territorio
3. Combinare progetti di ricerca e domanda delle imprese per il mercato
4. Promuovere la cultura dell'innovazione quella brevettuale

³ Henry Chesbrough, The Era of Open Innovation, Mit Sloan Management Review, Spring, 2003; Henry Chesbrough, Open Innovation: Researching a New Paradigm, Oxford University Press, 2006.

5. Sostenere e valorizzare le potenzialità delle filiere
6. Agevolare il trasferimento tecnologico alle PMI della Regione
7. Attrarre maggiori finanziamenti europei e privati
8. Supportare la competitività e l'internazionalizzazione.
9. Favorire la nascita di network tra imprese locali, nazionali e internazionali

Seguendo questa traccia nei due anni del progetto SMART ENVIRONMENTS è stata progettata e sono state costruite le basi di una Agenzia della Ricerca di Roma TRE innovativa e di avanguardia. La struttura dell'Agenzia è riportata nella Figura seguente e mostra tutte le attività di trasferimento tecnologico e di assistenza ai bandi che sono state implementate o stanno per essere varate. È importante notare che l'Agenzia della Ricerca di Roma Tre si pone come soggetto di brokerage tecnologico e si farà carico di rappresentare i laboratori e le iniziative scientifiche e culturali dei docenti di Roma Tre verso il territorio e verso le aziende riuscendo sperabilmente in tutti e nove gli obiettivi sopra riportati.



Agenzia della Ricerca

Trasferimento Tecnologico tra Università e Imprese

Aleardo Furlani⁴

Le Università hanno un ruolo centrale nei processi di attivazione del trasferimento tecnologico ma il peso e gli investimenti che le Università destinano all'interno delle alla cosiddetta "terza missione" sono residuali e di importi minimi rispetto all'importanza che questa missione ha in termini di impatto sociale ed economico.

Per questa ragione il progetto SMART ENVIRONMENT ha rappresentato un elemento di novità per aver testato (i) un processo bottom-up di valorizzazione della conoscenza e (ii) aver promosso le condizioni attraverso cui il processo di conoscenza tecnologica in valore economico può avvenire. L'approccio del progetto SMART ENVIRONMENT è stato aperto nel senso che – nell'esame dei risultati di ricerca prodotti dai borsisti e nel proporre le possibili alternative di valorizzazione economica – sono state valutate una varietà possibili modalità di azione e accordi contrattuali: consorzi di R&S, contratti di ricerca, ricerca cooperativa, workshop, licensing, cessione di brevetti, ricerca sponsorizzata, consulenze tecniche, scambio di dipendenti/ricercatori, utilizzo delle dotazioni di laboratorio, pubblicazioni scientifiche e comunicazioni formali. Tale approccio non è inconsueto nel trasferimento tecnologico in quanto si tratta di un processo complesso e non sempre così "lineare", che si attiva e produce risultati concreti sulla base del contesto tecnologico e di mercato, della motivazione e delle priorità che gli attori coinvolti.

La mancanza di una infrastruttura di TT stabile all'interno dell'Università

⁴ INNOVA S.r.l.

o (Industrial Liaison Office - ILO) con il mandato di promuovere in modo strutturato le dotazioni scientifiche interne e la mancanza di un portafoglio brevetti ha spinto molti borsisti a considerare la creazione di start-up come la modalità principale con cui attivare il trasferimento tecnologico. Sono nate pertanto molte idee di nuove imprese creative e tecnologiche in vari campi che hanno da un lato (i) dimostrato la nuova spinta imprenditoriale che – spesso per necessità – caratterizza i giovani laureati, dall'altro la vitalità e la capacità delle risorse tecnologiche che esistono all'interno dell'Università Roma Tre e il loro potenziale di essere trasformate in valore per il sistema economico. Le start-up o spin-off progettati hanno visto come proponenti – oltre al borsista – almeno un professore/ricercatore universitario o un dottorando/contrattista che ha effettuato attività di ricerca su un tema specifico, oggetto di creazione dell'impresa stessa.

Ma la vitalità e il potenziale di trasferimento tecnologico all'interno dell'università, ha mostrato una forte incisività nell'avvio di relazioni con gli utenti industriali in merito soprattutto alle soluzioni tecnologiche innovative sviluppate e alla proprietà intellettuale attraverso la negoziazione di accordi di licenza. Le imprese – infatti – non possono perseguire strategie di sviluppo dell'innovazione facendo affidamento esclusivamente sulle proprie risorse e competenze ma devono aprirsi alla possibilità di utilizzare a proprio vantaggio il contributo di soggetti sui quali l'azienda non ha un controllo di tipo gerarchico. In quest'ottica si inserisce bene il modello SMART ENVIRONMENT che di fatto ha adottato pratiche di Open Innovation in merito al trasferimento tecnologico. Attraverso l'OPEN INNOVATION SMART ENVIRONMENT ha sostenuto le imprese nel loro sforzo di combinare la conoscenza prodotta internamente con quella acquisita dall'esterno, per ottenere le soluzioni più adeguate per il proprio business. E d'altra parte, non tutta la conoscenza prodotta internamente può essere efficacemente sfruttata entro i confini dell'impresa, ma può essere maggiormente valorizzata se viene immessa sul mercato per essere acquisita da altre aziende o per costituire la base di un nuovo business attraverso la creazione di una start-up.

Il modello dell'Open Innovation adottato da SMART ENVIRONMENT prevede dunque un passo ulteriore in merito allo sfruttamento della

conoscenza: il trasferimento tecnologico non serve solo a innovare il business di un'azienda ma può diventare esso stesso un modello di business. In particolare l'esperienza di Trasferimento tecnologico realizzata all'interno di SMART ENVIRONMENT mostra che:

- il trasferimento tecnologico di successo nasce dall'efficace connubio tra R&S/conoscenza tecnologica e imprenditorialità/capacità di penetrare il mercato per cui l'interfacciamento produttivo tra Università i partner industriali è la leva di avvio e efficacia dell'intero processo;
- esiste una correlazione tra le potenzialità – espresse in termini di qualità dei progetti – e la capacità innovativa dei borsisti e ricercatori;
- i costi di transazione e di informazione associati all'attività di trasferimento tecnologico di SMART ENVIRONMENT possono essere considerati un importante costo di avvio di una attività più strutturata e stabile di rafforzamento della terza missione all'interno dell'Università;
- la modalità di attuazione di questa attività potranno essere basate su (i) dimensioni e costi ridotti, (ii) coinvolgimento attivo dei Dipartimenti tecnologici in grado di assicurare la necessaria profondità tecnologica e specializzazione, (iii) un ruolo di broker di conoscenza e c di consulenza per il business.

SMART ENVIRONMENT è stato un importante frame-work di riferimento per l'avvio di una strategia di valorizzazione del sistema della ricerca e della capacità di produrre innovazione da parte dell'Università a cui dovrà essere reso permanente attraverso la creazione di un nuovo modello organizzativo "open" per la promozione del trasferimento tecnologico.

Energia e Sostenibilità

Paola Marrone⁵

Far emergere, coordinare e organizzare in una struttura operativa le competenze qualificate in tema di Energia dell'Università Roma Tre era uno degli obiettivi di SMART ENVIRONMENTS, nel rispetto di un progetto dedicato al trasferimento tecnologico e al sostegno dell'innovazione unito alla crescita dei settori produttivi di interesse per la Regione Lazio: dalla riqualificazione edilizia alla rigenerazione ambientale e urbana, dalla produzione di componenti e tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili alle Smart Energy Technologies per applicazioni sostenibili in ambienti intelligenti.

In particolare, il gruppo di lavoro sulle Energie Rinnovabili aveva il compito di sviluppare "processi, soluzioni progettuali e prodotti per l'efficientamento energetico, in cui fonti rinnovabili e ad alta efficienza si integrano con tecnologie intelligenti, direttamente fruibili dai consumatori e dagli operatori".

Questi obiettivi fotografavano, infatti, le principali conoscenze maturate allora all'interno dell'Ateneo, sostenute dai laboratori attivi nel campo delle energie rinnovabili e suscettibili di sviluppare sinergie con le aziende del territorio regionale nella progettazione e nell'uso delle fonti rinnovabili, nelle tecnologie intelligenti per il risparmio energetico e nell'utilizzazione efficiente dei supporti energetici.

Così, in occasione della redazione del progetto SMART ENVIRONMENTS sono state individuate sei principali aree di competenze, articolate in più temi, a partire dai quali dare impulso al sistema delle conoscenze

⁵ Coordinatrice filiera Energia e Sostenibilità, Dipartimento di Architettura, Roma Tre.

dell'Ateneo e intensificare le relazioni con le realtà economiche e industriali operanti nella Regione Lazio nel campo dell'energia e della sostenibilità ambientale:

- metodologie e tecnologie per l'efficientamento energetico e la rigenerazione urbana; modelli predittivi di consumo energetico e di disponibilità di energie rinnovabili; strumenti per la caratterizzazione eco-energetica del territorio; tecniche di valutazione dei diversi rischi climatici;
- tecniche e algoritmi di ottimizzazione di sistemi per l'energia rinnovabile; modellizzazione di pannelli fotovoltaici; sistemi per l'*energy harvesting*;
- macchine elettriche e convertitori elettronici di potenza e azionamenti elettrici per la trazione e la generazione distribuita dell'energia elettrica; sistemi di regolazione e controllo degli azionamenti elettrici; progettazione di macchine elettriche e magneti permanenti; prototipi di convertitori elettronici di potenza;
- strumenti e strategie per l'individuazione e l'impiego della geotermia per usi diretti e progetti pilota per il *district heating* e la produzione agro-industriale; tetti verdi estensivi;
- mappatura delle tecnologie per il risparmio energetico; *network analysis* con dati brevettuali;
- dispositivi *wireless* indossabili per la valutazione del dispendio energetico.

Allo sviluppo dei temi proposti dal progetto hanno collaborato undici assegnisti con ricerche guidate da docenti interni e orientate a promuovere le capacità dell'Ateneo, a valorizzare anche dal punto di vista economico i risultati raggiunti e, infine, a creare i presupposti per imprese innovative a forte carattere tecnologico.

A conclusione del lavoro, ai giovani ricercatori è stato chiesto di individuare i punti di forza dei risultati raggiunti e gli elementi utili a sostenere potenziali *business model* con l'aiuto di un tutor esperto del mondo aziendale. Il Seminario finale «Ricerca e Impresa: verso un modello innovativo

di cooperazione. Workshop sulle tecnologie innovative in ambito Energia e Ambiente»⁶ ha mostrato difficoltà e successi di questo percorso verso una produzione scientifica orientata anche al trasferimento tecnologico. Sei sessioni o *panel* hanno presentato alle imprese e alle aziende invitate, i lavori degli assegnisti⁷, riconducendoli ad altrettanti sei campi di ricerca che, a conclusione del progetto Smart Environments, possono contribuire a caratterizzare l'Ateneo nel campo dell'energia e dell'ambiente:

- Panel 1 - Efficienza energetica: modelli e sistemi per la valutazione e l'ottimizzazione;
- Panel 2 - Territorio ed edifici: potenzialità e rischi in campo energetico;
- Panel 3 - Big Data e Informazione: tecnologie per l'elaborazione della conoscenza in campo energetico;
- Panel 4 - Rigenerazione urbana e mobilità sostenibile;
- Panel 5 - Wellbeing;
- Panel 6 - Brevetti e diritti di proprietà intellettuale.

Una sintesi dei lavori presentati è riportata in questo volume, ma molti altri risultati sono stati raggiunti durante lo svolgimento di SMART ENVIRONMENTS. Accanto alle ricerche pubblicate e presentate a convegni, alle convenzioni e agli accordi stipulati, le sinergie avviate tra i ricercatori di più discipline, per affrontare un tema così articolato come quello dell'energia e della sostenibilità ambientale, costituiscono, a mio

⁶ Il seminario si è tenuto presso il Dipartimento di Ingegneria di Roma Tre il 15 giugno 2017.

⁷ Nella sessione 1 sono state presentate le ricerche di Gabriele Maria Lozito (tutor prof. Alessandro Salvini), Laura Calcagnini (tutor prof.ssa Paola Marrone), Alessandro Vigna (tutor prof. Antonio Casimiro Caputo), Giorgia Sforna ed Elena Pagialunga (tutor prof.ssa Valeria Costantini); nella sessione 2 di Daniela De Ioris (tutor prof. Simone Ombuen) e Chiara Foglietta (tutor prof. Stefano Panzieri e ing. Federica Pascucci); nella sessione 3 di Donatella Firmani (tutor proff. Luca Cabibbo e Alessandro Torlone), Maria Letizia Magno (tutor prof. Fabio Bassan); nella sessione 4 di Federico Orsini (tutor prof.ssa Paola Marrone), Lorenzo Barbieri e Angelo Panno (tutor proff. Andrea Filpa e Giuseppe Carrus); nella sessione 5 di Maria Teresa Nuzzo (tutor prof. Maria Marino) e, infine, nella sessione 6 di Ilenia Italiano, Daniela Vitiello e Ilaria Ottaviano (tutor prof. Giuseppe Caggiano).

avviso, il risultato più importante. È quello che intravedeva il progetto SMART ENVIRONMENTS immaginando la costituzione di un Polo Servizi energetico-ambientali dell'Ateneo con lo scopo di riunire competenze scientifiche e laboratori in grado di offrire servizi nel campo del monitoraggio e della diagnostica per la gestione efficace dell'energia, della progettazione e della riqualificazione energetica e ambientale, dalla scala territoriale a quella dell'edificio. Una struttura da consolidare e ampliare del Polo è stata così delineata, a partire da un primo censimento degli ambiti di ricerca dei colleghi di tutto l'Ateneo, con l'obiettivo di trasmettere conoscenze, supportare aziende e pubbliche amministrazioni con consulenze e servizi su:

- a. **dalla scala territoriale a quella edilizia**
 - modelli predittivi di consumo energetico o di disponibilità di energie rinnovabili;
 - sistemi informativi e visualizzazione delle informazioni;
 - valutazioni di sostenibilità ambientale;
- b. **scala urbana e territoriale**
 - pianificazione per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico;
 - zonizzazione energetica per la pianificazione energetica comunale;
 - basi dati e metodiche valutative per la redazione di Piani per l'energia sostenibile (SEAP);
 - costruzione e gestione di sistemi GIS e WEB-GIS;
- c. **scala urbana ed edilizia**
 - valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici attraverso metodologie di *benchmarking*;
 - monitoraggio e analisi non invasive delle condizioni di funzionamento energetico di edifici esistenti;
 - monitoraggio microclimatico e valutazioni delle condizioni ambientali;

- strategie per il miglioramento dell'efficienza di edifici esistenti;
- progettazione di edifici ad elevata efficienza energetica in clima mediterraneo;
- efficientamento energetico di impianti di illuminazione, *indoor* e *outdoor*, attraverso l'impiego di nuove tecnologie e l'ottimizzazione dei sistemi di regolazione e gestione.

In attesa di avviarne la struttura e l'organizzazione definitiva, alcune occasioni hanno permesso di sperimentare sul campo il futuro Polo Servizi energetico-ambientali. In particolare, ricercatori dei Dipartimenti di Architettura, Economia, Ingegneria e Scienze hanno collaborato ad alcuni progetti, tra cui:

- la valutazione *ex post*, per conto della Regione Lazio, di 170 interventi di efficientamento energetico sul patrimonio edilizio regionale;
- la valutazione di sostenibilità dell'Ateneo secondo i criteri del *ranking* «UI-Green Metric»;
- una proposta per un parco urbano delle energie rinnovabili all'interno di un'area dell'Ateneo;
- la rigenerazione urbana dell'isola verde lungo via Ostiense, e in corrispondenza delle sedi dell'Ateneo, con spazi pubblici, una ciclo-officina e postazioni riservate agli operatori di *car-sharing*;
- la costituzione del primo nucleo di «Roma Tre Sostenibile», alla sua Carta degli Impegni e alle iniziative che ne sono seguite;
- l'elaborazione di un parere per la Presidenza del Consiglio dei Ministri per la consultazione pubblica sulla strategia nazionale per le *Green Community*;
- l'organizzazione di due eventi per il Festival della Sostenibilità 2017;
- valutazione della *carbon footprint* dell'Ateneo Roma Tre.

La ricchezza dei temi affrontati dentro SMART ENVIRONMENTS, ma soprattutto le iniziative inevitabilmente generate dalle interazioni

degli assegnisti con le competenze di tutto l'Ateneo, dimostrano che un modello di ricerca costruito sulle sinergie interdisciplinari funziona, valorizza le singole conoscenze e, se opportunamente guidato e sostenuto, può attivare le condizioni per trasformare il processo di conoscenza tecnologica in valore economico.

Beni Culturali

Giancarlo Della Ventura⁸

I Beni Culturali costituiscono un nodo centrale nelle politiche di sviluppo della Regione Lazio, la regione probabilmente più ricca in Italia, e quindi al mondo, di emergenze culturali come i siti archeologici, i musei, le biblioteche storiche, le chiese storiche, le cavità sotterranee etc. I Beni Culturali compaiono ormai in tutte le proposte progettuali, sia nazionali che internazionali, tra gli argomenti chiave su cui sviluppare proposte di finanziamento. La Regione Lazio, in particolare, ha presentato recentemente, in sinergia con il MIUR, il progetto per il nuovo Distretto Tecnologico per i Beni e le Attività Culturali (DTC) del Lazio, che prevede investimenti per 41,7 milioni di euro per 5 grandi interventi finalizzati alla valorizzazione del patrimonio culturale della Regione, oltre che a consolidare e stimolare l'innovazione delle imprese e degli organismi di ricerca dedicati ai Beni Culturali. Questa azione sottolinea sempre di più il fortissimo interesse sia politico che economico per questo tema, e soprattutto per il trasferimento tecnologico tra Enti di ricerca pubblici e mondo imprenditoriale, volto a stimolare la crescita occupazionale in tutti quei comparti potenzialmente coinvolti nella strutturazione di una economia basata sulla cultura.

Come spiegato in diversi punti di questo libro, il progetto SMART ENVIRONMENT è stato concepito come veicolo di collegamento tra giovani e tessuto economico per la creazione di strutture (start up) basate proprio su quel trasferimento di idee innovative in azioni pratiche, in

⁸ Coordinatore filiera dei Beni Culturali, Dipartimento di Scienze, Roma Tre.

forte sinergia con il mondo del lavoro. All'interno del progetto SMART ENVIRONMENT, il tema dei Beni Culturali, di cui questo libro descrive i risultati più significativi, è forse quello più caleidoscopico, perché coinvolge aspetti tra loro molto diversi come la diagnostica, il restauro, la collocazione storica e archeologica del bene, gli aspetti gestionali anche in rapporto alla città, la viabilità, ma anche gli aspetti procedurali e normativi legati sia alla gestione dei beni, sia al reperimento di risorse comunitarie per lo sviluppo del settore. Data la sua natura, il Work Package dei Beni Culturali, è stato quindi suddiviso in una serie di Panel i cui risultati sono stati raggruppati in diversi capitoli, come viene sintetizzato qui di seguito.

Il capitolo Beni Culturali comprende studi che vanno dagli aspetti normativi, alla tecnologia diagnostica, alla museologia virtuale e gli aspetti audiovisivi connessi. Maria Chiara Buttiglione (SubTask 2.1.6) si è occupata della costruzione di una banca dati sulle normative riguardanti le politiche culturali degli Stati membri dell'Unione europea. Per ogni Paese è stata realizzata una scheda riassuntiva degli elementi essenziali sulla governance e le eventuali forme di partenariato tra pubblico e privato. Come discusso ampiamente nel lavoro, la conoscenza dei diversi modelli di gestione del patrimonio artistico adottate a livello europeo è infatti un pre-requisito fondamentale per orientare nei prossimi anni le strategie progettuali ed economiche di lungo periodo, anche in funzione dell'accesso ai finanziamenti comunitari.

Maria Giulia Brancadoro descrive uno studio sperimentale di simulazione dei meccanismi di deterioramento che si innescano nei materiali porosi in seguito all'interazione diretta o indiretta con l'acqua, e che possono comportare un'alterazione dello stato originario del manufatto fino a comprometterne l'integrità. Il lavoro è stato eseguito utilizzando modelli di calcolo avanzati sviluppati dal Team di Infrastrutture Viarie del Dipartimento di Ingegneria (Sezione Civile). Grazie all'ausilio di tali modelli di calcolo è stato possibile ricostruire la matrice solida tipica di un materiale, ed investigare i processi di infiltrazione dell'acqua nel provino. I risultati si sono rivelati utili per la definizione di un modello di simulazione più avanzato necessario per lo studio dei processi di degrado indotti dall'infiltrazione dell'acqua nei materiali ad alta porosità, tipicamente

costitutivi di beni culturali (malte, tufi, mattoni, ceramiche, marmi) e progettarne un eventuale restauro tramite infiltrazione di consolidanti.

Chiara Di Stefano si è occupata dell'uso di tecnologie di realtà virtuale per la museologia interattiva 3D. Il lavoro ha preso in esame due casi di studio: Caravaggio a Roma e la collezione delle opere di Degas del Metropolitan Museum of Art di New York. Le opere di Caravaggio, disperse in varie località di Roma, sono state inserite in un unico "Museo Virtuale" realizzato grazie al programma di modellazione Unity3D, e collocate in diverse stanze, secondo il loro tema. Sulla base di test effettuate su 10 utenti è stata scelta la strumentazione HTC Vive per la visione dell'applicazione perchè meno soggetta a Motion Sickness ovvero al malessere provocato nell'utente dalla visione virtuale. La stessa tecnologia è stata quindi utilizzata per la costruzione di una collezione dei capolavori di Degas.

Il lavoro di Giacomo Ravesi è stato finalizzato (i) alla progettazione di un sistema informatico per classificare automaticamente i parametri principali del Linguaggio Cinematografico e Audiovisivo a partire da un video generico (Analisi Ipermediali), e (ii) alla realizzazione di un dispositivo di regia automatica, cioè di un sistema di montaggio automatico di immagini ottenute a partire da video generici di uno stesso evento, riprese da apparati (smartphone, tablet, GoPro, videocamere amatoriali) con punti di vista differenti. Il lavoro sfrutta i processi di catalogazione intelligente e di accesso alle informazioni reso possibile dalle tecnologie informatiche moderne, e mira alla facilitazione dello studio dei testi filmici e video, intesi come beni culturali.

Sempre all'interno del comparto dei Beni Culturali, Giuseppe Sansonetti si è occupato di Itinerari personalizzati per la fruizione dei Beni Culturali. Nello specifico, sono state sperimentate tecniche di Intelligenza Artificiale per la realizzazione di sistemi di raccomandazione (*Recommender System*, RS) di percorsi fra luoghi di interesse artistico e culturale, con caratteristiche tali da risultare (i) personalizzati (cioè in grado di tenere conto del profilo dell'utente, inteso come informazioni in grado di rappresentare un individuo in maniera univoca rispetto agli altri, per interessi e preferenze), (ii) sensibili al contesto (cioè in grado di adattare le raccomandazioni in funzione del contesto di utilizzo), (iii) sociali (cioè in grado di ricavare le

informazioni sugli utenti in base all'uso che gli stessi fanno dei social media e sull'enorme mole di risorse informative in rete sull'utente sotto forma di *Linked Open Data*. Il sistema è poi in grado di arricchire la fruizione dei luoghi di interesse, inclusi nei 18 percorsi suggeriti dal sistema, con informazioni accessorie, di carattere anche multimediale (audio, video, etc).

Il capitolo Paesaggi Culturali è dedicato a due applicazioni WebGIS per il trattamento, visualizzazione ed analisi di dati geografici, territoriali, paesaggistici, architettonici e storici. Nel dettaglio, Matteo Flavio Mancini si è occupato del centro urbano di Manziana (RM) e del suo contesto ambientale, con l'obiettivo di proporre un metodo di indagine per la conoscenza dei paesaggi culturali basato sull'uso di strumenti grafici digitali sia 2D che 3D. Lo studio è stato condotto attraverso algoritmi in grado di analizzare le varie componenti morfologiche, sia naturali che artificiali, che costituiscono il paesaggio, in modo da definirne la visibilità prospettica come supporto alla progettazione degli spazi aperti e alla loro connessione con l'architettura. Antonio Cimino si è occupato della costruzione di un sistema informativo territoriale della città storica di Tivoli, basato sui documenti del Catasto Gregoriano. Lo studio è stato realizzato attraverso strumenti GIS, al fine di costruire un quadro di conoscenze del paesaggio storico, di valutarne la qualità, le trasformazioni avvenute nel tempo e di promuovere processi di riqualificazione al fine di una possibile valorizzazione. La metodologia utilizzata per realizzare il sistema geografico è stata importata dal progetto "Descriptio Romae WebGIS", realizzato a cura del Prof. Paolo Micalizzi del Dipartimento di Architettura della nostra Università e oramai sperimentata in diversi contesti regionali, ad esempio per la realizzazione di un WebGIS della città storica di Viterbo. Il sistema è stato realizzato tramite un programma open source (QGIS), e contiene una banca dati di informazioni storiche sulla città costituita dai documenti del Catasto Pio-Gregoriano (mappe catastali in scala 1:1000 ed 1:2000 e brogliardi). Il sistema, organizzato in più livelli informativi, permette di ricostruire la fisionomia della città ottocentesca sulla base delle informazioni riportate nei predetti documenti catastali, fornisce una serie di dati sulla toponomastica, sulla geometria e natura dell'edificato (casa, palazzo, bottega...) e sulla proprietà, riporta la suddivisione degli immobili contraddistinti dalle relative particelle catastali, classificati secondo una numerazione progressiva.

Nel capitolo Ambiente viene trattato, da Carlo Lucchetti e collaboratori, un tema poco conosciuto ma estremamente importante legato alla fruizione di alcuni siti culturali, cioè il possibile inquinamento da gas endogeni e sostanze radioattive presenti, in modo particolare, nelle rocce vulcaniche. Gran parte del Lazio, ed in particolare tutta la fascia peritirrenica della regione, dai confini della Toscana a nord fino ai confini campani a sud è geologicamente di origine vulcanica. È alla presenza e grande disponibilità di questi materiali che si deve la fortuna delle civiltà nate in questo territorio, come l'etrusca e la romana, che hanno saputo sfruttare in modo eccellente i materiali messi loro a disposizione dalla natura (tufi e pozzolane in particolare) per le costruzioni e per la preparazione di leganti idraulici (malte). Gli antichi abitanti del Lazio non potevano sapere che questi materiali, preziosi per lo sviluppo della vita, avevano un aspetto negativo nella loro ricchezza in elementi radioattivi che, per decadimento naturale, generano l'emissione di gas ora riconosciuti pericolosi, come il ²²²radon. La presenza di questo inquinante naturale deve essere studiata e monitorata per una corretta gestione del flusso turistico all'interno di strutture archeologiche, in particolare quelle sotterranee, di cui sia la città di Roma che la campagna romana sono ricchissime.

Nel capitolo dedicato alla pubblica amministrazione, sono infine riportati tre contributi su un tema di forte interesse per la gestione dei beni culturali e delle risorse comunitarie dedicate ai progetti per lo sviluppo del settore. In particolare, Maria Letizia Magno ha esaminato gli aspetti giuridici del processo di trasferimento tecnologico, dalle aree accademiche di ricerca e dalle imprese regionali verso la pubblica amministrazione locale e viceversa, sulla base del fatto che il forte sviluppo delle tecnologie digitali può essere, se ben gestito, un potente motore di innovazione ed economia. Come prodotto finale della ricerca è stato redatto un documento suddiviso in diverse sezioni dedicate alle varie tematiche, come l'inquadramento giuridico del tema degli smart environments, il contesto politico e giuridico in tema di informazione digitale, il processo di digitalizzazione della pubblica amministrazione e il rapporto tra pubblica amministrazione e i cittadini o imprese. Sempre all'interno delle stesse tematiche, Daniela Vitiello si è occupata di problematiche giuridiche relative alla brevettabilità di idee innovative in biotecnologia,

un tema estremamente controverso e delicato visto l'enorme sviluppo di ricerche in questo campo, che comprende anche prodotti agroalimentari, ed il vuoto normativo ancora esistente in materia. Di normative giuridiche relative alla tutela di know-how innovativo e di informazioni commerciali, oltre che di diritti di proprietà intellettuale e brevettabilità a livello europeo, si è anche occupata Ilenia Italiano, con un lavoro di sintesi critica delle normative esistenti.

Anna Laura Casanova Municchia e collaboratori presentano i risultati ottenuti utilizzando diverse tecniche diagnostiche, per scopi di studio e di restauro di manufatti archeologici. Il progetto, fortemente finalizzato alla caratterizzazione di danni ambientali alle opere dovuti ad agenti biologici, è stato sviluppato su diversi casi di studio di rilevanza internazionale, tra cui l'opera *"Triumphs and Laments"* dell'artista sudafricano William Kentridge, realizzata lungo un tratto di 550 metri del muraglione del Lungotevere (Roma), le statue bronzee *Ettore* e *Andromaca* e *il Cardinale*, rispettivamente realizzate da Giorgio de Chirico e Giacomo Manzù e collocate presso il museo di arte contemporanea "Carlo Bilotti" di Roma, la Chiesa di Üzümlü in Cappadocia (Turchia) costruita con rocce vulcaniche locali e soggetta a forti problemi di degrado biologico, il restauro dell'opera *"Trittico di Santa Liberata"* di Hieronymus Bosch, conservata presso le Gallerie dell'Accademia a Venezia, e i pigmenti della decorazione presente sui frammenti d'intonaco provenienti dal sito archeologico Abu Erteila, a pochi km dalla necropoli reale di Meroe (Sudan). Il lavoro è stato possibile grazie a una rete funzionale di servizi tecnici e scientifici dotata di competenze qualificate e multidisciplinari presenti presso l'Università Roma Tre, oltre che in collaborazione con diversi Enti pubblici e privati che operano nell'ambito dei Beni Culturali, come l'Istituto Centrale del Restauro, l'Associazione Tevereterno, l'Università La Sapienza, il CROMA. Il progetto ha quindi comportato un effettivo e proficuo scambio di informazioni, know-how e trasferimento di tecnologie e competenze tra i laboratori universitari e gli operatori del mondo del restauro.

Da questo breve riassunto, si percepisce chiaramente come le attività svolte nell'ambito del progetto SMART ENVIRONMENT, legate ai Beni Culturali, hanno toccato tematiche molto diverse tra loro ma di sicuro

impatto per lo sviluppo di attività future. I vari progetti, sviluppati nei diversi SubTask sono stati tutti finalizzati allo sviluppo di competenze innovative nell'ambito della governance dei beni Culturali, in forme diverse e con modalità diverse. Alcuni di questi progetti sono più suscettibili ad avere uscite immediate in termini applicativi, con possibile creazione di start-up imprenditoriali, ma di sicuro tutto il know-how accumulato costituisce un patrimonio di estremo interesse per un settore in forte espansione per l'enorme indotto, sia culturale che economico, che potrebbe creare nella nostra Regione.

Mobilità sostenibile

Stefano Carrese⁹

Dopo decine di anni in cui la mobilità sostenibile in Italia è stata celebrata in convegni, congressi, esperimenti e progetti pilota, si può dire che negli ultimi mesi abbiamo assistito ad un netto cambiamento collettivo nell'atteggiamento e nelle abitudini sostenibili della mobilità degli italiani.

Nonostante le condizioni al contorno tutt'altro che favorevoli (ad esempio, il prezzo del petrolio viaggia ormai stabilmente sui 50 dollari al barile, circa la metà di qualche anno fa; i prezzi delle auto, considerando le promozioni, sono gli stessi dell'anno scorso se non inferiori) il trasporto privato soprattutto nelle città ha avuto una brusca battuta di arresto e i diversi sistemi di trasporto sostenibile (trasporto pubblico, elettrico, a piedi e soprattutto la bicicletta) stanno conoscendo numeri importanti.

Senza voler sembrare ottimisti a tutti i costi, la strada da percorrere sulla via della mobilità sostenibile è ancora lunga, ma il percorso avviato sembra quello giusto. Tale tendenza è peraltro in linea con la crescente attenzione dell'opinione pubblica a livello mondiale verso i temi ambientali globali, quali cambiamento climatico e *global warming*. Nel campo della mobilità sostenibile, negli ultimi due anni i passi avanti sono stati molti:

- il coordinamento dei mobility manager italiani si sta allargando sempre di più e gli spostamenti casa-scuola e casa-lavoro col trasporto pubblico, con la bici e a piedi sono incrementati sensibilmente. Presto si potranno vedere anche i mobility manager

⁹ Coordinatore filiera Mobilità, Dipartimento di Ingegneria, Roma Tre.

scolastici organizzare la mobilità di studenti e professori;

- fenomeni legati alla sharing economy, come il car sharing ed il bike sharing, animano le principali città italiane grazie soprattutto ad una generazione di giovani nativi digitali (i cosiddetti millenials nati fra il 1985 ed il 2000) che al possesso prediligono il servizio: così come nella musica si è passati dallo scaricare gli mp3 allo streaming, così nella mobilità, il possesso di una autovettura ha lasciato il posto all'abbonamento ad uno o più servizi di car-sharing;
- inoltre il trasporto elettrico (bus, auto, moto e bici), che non rappresenta certo una novità, beneficia della innovazione tecnologica e dei bassi prezzi di produzione dei nuovi sistemi di accumulatori di energia e penetra nel mercato con prezzi sempre più accessibili e modelli sempre più accattivanti. Se poi si considera l'enorme sviluppo delle tecnologie per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e la diffusione di colonnine di ricarica per veicoli elettrici con tempi di ricarica sempre più corti, si può dire con tranquillità che la filiera del trasporto elettrico è sempre più pulita, efficiente e diffusa;
- su tutto gioca un ruolo dominante la tecnologia ICT con la enorme diffusione di app per smartphone sulla mobilità per la informazione in tempo reale durante il viaggio. Ciò ha reso l'utente più consapevole delle proprie scelte e delle possibili alternative.

Il trasporto merci nelle aree urbane è invece rimasto ancor troppo legato al tradizionale e inquinante trasporto stradale, nonostante gli sforzi di tanti progetti pilota in campo sostenibile. Naturalmente per le merci è doveroso considerare le filiere intere ed è difficile rendere pulita solo l'ultima parte della catena logistica.

In pratica, dove le persone sono state messe in condizioni di poter scegliere il loro modo di trasporto fra uno tradizionale ed uno sostenibile (auto propria o car sharing), sono stati presi in considerazione anche criteri di sostenibilità economica e sociale: dove invece i criteri di scelta restano principalmente costo e tempo (come nel caso del trasporto merci) l'innovazione sostenibile stenta a crescere.

In questa piccola “rivoluzione culturale” ancora una volta un ruolo di protagonista è stato interpretato dalla comunità universitaria, che forte dell’impatto sociale degli studenti nella vita reale ha saputo farsi promotore di iniziative operative e culturali che hanno spinto gli studenti a riprendere la bicicletta, ad usare la sharing mobility e a considerare l’automobile un modo di trasporto costoso ed inquinante e non uno status symbol.

Infatti il coordinamento dei mobility manager universitario diffonde le migliori pratiche dei singoli atenei nel campo della mobilità sostenibile fra le altre università, contribuendo a educare i ragazzi di vent’anni a nuovi modi di trasporto socialmente responsabili e sostenibili.

In questa visione, il progetto MUSE (Mobilità Urbana SostenibilE) all’interno di Smart Environment è stato pensato e sviluppato come un approccio olistico alla mobilità sostenibile in grado di soddisfare contemporaneamente l’efficienza dello spostamento, la disponibilità di strutture esistenti nella città di Roma e la soddisfazione delle persone. Con questo spirito, la ricerca si è avvalsa del contributo di ricercatori di 4 dipartimenti dell’ateneo: Architettura (Prof. Andrea Filpa e Arch. Lorenzo Barbieri), Ingegneria (Prof. Stefano Carrese e Ing. Andrea Gemma), Scienze della Formazione (Prof. Giuseppe Carrus, Dott. Angelo Panno e Dott.ssa Ylenia Passatore) e Scienze Politiche (Prof. Edoardo Marcucci, Ing. Michela Le Pira e Ing. Valerio Gatta).

Il progetto MUSE si è sviluppato su un tema centrale della mobilità romana quale l’accessibilità pedonale di turisti e pellegrini ai beni culturali e ai siti di culto. Ben consapevoli della dimensione storica del problema e delle scarse risorse che la città riesce a mettere in gioco, il progetto ha affrontato 1) gli aspetti motivazionali e psicologici del turista/ pellegrino, 2) la grande disponibilità di dati sulla città e 3) le esigenze e richieste di un turismo/pellegrinaggio sostenibile che impatti nel minor modo possibile sulla mobilità cittadina.

Gli aspetti motivazionali e psicologici del turista/pellegrino sono stati oggetto di una lunga e dettagliata indagine conoscitiva (preferenze rilevate e dichiarate) che ha portato a far emergere le vere esigenze durante

la visita ai due maggiori siti culturali: il Colosseo e i Musei Vaticani. Oltre quattrocento questionari sono stati somministrati a turisti e pellegrini nelle diverse ore del giorno, nei diversi giorni della settimana e nei diversi mesi dell'anno con le più diverse condizioni meteo.

La grande disponibilità di dati sulla città ha consentito la creazione di un database interattivo contenente informazioni non solo sui diversi sistemi di trasporto e sulle loro prestazioni ma anche sulla presenza di servizi igienici e di fontanelle lungo i percorsi, sull'ombreggiamento dei percorsi alle diverse ore del giorno e in generale su tutti quei fattori che possono condizionare la scelta di un percorso pedonale.

Le esigenze e richieste di un turismo/pellegrinaggio sostenibile vengono quindi fatte emergere dal confronto fra le preferenze individuate dalla indagine comportamentale di tipo preferenze rilevate e le intenzioni non soddisfatte emerse dalla analisi delle preferenze dichiarate secondo le teorie della all'economia comportamentale (Daniel Kahneman) e della teoria comportamentale delle decisioni (Daniel Mcfadden).

Nel capitolo Mobilità, Lorenzo Barbieri, Andrea Gemma, Michela Le Pira e Angelo Panno descrivono i loro studi riguardanti rispettivamente gli aspetti urbanistici, ingegneristici, economici e psicologici collegati alla accessibilità turistica di siti storico-culturali.

In particolare Lorenzo Barbieri, attraverso un approccio da Architetto e Urbanista sviluppato insieme al Prof. Andrea Filpa, descrive alcuni risultati del progetto MUSE, finalizzato al miglioramento dell'uso dei percorsi turistici all'interno della città di Roma. Utilizzando i risultati dell'indagine comportamentale dei turisti e pellegrini nella città di Roma nell'anno giubilare 2016, Lorenzo ha studiato i fattori che influenzano la scelta dei percorsi utilizzati per raggiungere a piedi i vari siti di interesse. I risultati sono stati inseriti in un sistema GIS ed analizzati al fine di ottimizzare le politiche di pedonalizzazione che possano essere applicate nel centro storico di Roma, migliorando così la fruibilità delle aree verdi e dei servizi pubblici.

Andrea Gemma invece ha impostato la sua ricerca secondo un approccio classico della ingegneria dei trasporti, con una particolare attenzione agli aspetti legati al mondo dei big data e della tecnologia

per smartphone. L'idea di fondo di questa ricerca è basata sulla considerazione che la città risulta diversamente gradevole in funzione di come questa viene visitata: il turista risulterà più soddisfatto della propria visita se raggiunge la meta attraverso un percorso ombreggiato e verdeggianti piuttosto che attraverso una strada trafficata e poco pulita. Grandezze come pulizia, traffico, ombra, verde, accessibilità all'acqua o ai servizi igienici influenzano la percezione della città stessa. La ricerca si è quindi incentrata nella definizione di un modello comportamentale della mobilità turistica attraverso la definizione di un indice di gradimento del turista (IGT) nella fruizione dei beni culturali della città, indice che può essere usato per comprendere come il territorio influenza la percezione del turista

Sempre all'interno del progetto MUSE, Michela Le Pira, ingegnere dei trasporti che collabora con il prof. Marcucci sui temi dell'economia dei trasporti, si è occupata di approfondire le problematiche della fruibilità di beni culturali legate al trasporto di persone e di merci. La ricerca, anch'essa basata sulla somministrazione di questionari, è stata suddivisa in due filoni distinti, riguardanti sia l'analisi comportamentale delle scelte dei turisti/pellegrini a Roma in tema di trasporto, che la movimentazione delle merci in un'ottica di sostenibilità. I dati sono stati elaborati secondo modelli statistici "a scelta discreta" (Discrete Choice Models - DCM) che consentono di analizzare il comportamento di un individuo che sceglie tra diverse alternative, ed è stato quindi definito un indice di gradimento del turista (IGT) basato su diversi parametri ambientali e comportamentali. I risultati della ricerca consentiranno di realizzare una applicazione (nome proposto "StreetAdvisor"), orientata alla guida ai percorsi pedonali per visitare le città turistiche, oltre alla creazione di un sistema di supporto alle decisioni (DSS) per le pubbliche amministrazioni in grado di indirizzare la progettazione di una città più orientata ai turisti e alla mobilità sostenibile.

Infine, Angelo Panno, secondo un approccio di psicologia dei trasporti condiviso con il prof. Carrus, ha sviluppato la sua ricerca avendo in mente due principali obiettivi: i) effettuare una profilatura del turista che si è recato a Roma durante l'anno giubilare e ii) analizzare le relazioni tra la soddisfazione dei turisti visitanti la città di Roma e i comportamenti ecologici da loro adottati durante tale soggiorno. In particolare, saranno

presentati il campione reclutato per questa ricerca oltre alla metodologia e gli indicatori utilizzati, i risultati inerenti la profilatura del turista e l'effetto moderatore del rammarico per aver scelto Roma come meta turistica nella relazione tra la soddisfazione del turista e l'adozione di comportamenti pro-ambientali durante il soggiorno.

Il Lavoro che risulta dall'insieme di questi capitoli offre uno splendido esempio di approccio multidisciplinare e collaborativo ad un tema quale quello della pedonalità turistica a Roma, che per sua natura richiede competenze e metodologie di studio diverse. La banca dati della città di Roma, il questionario e l'analisi della indagine secondo profili comportamentali, i modelli di scelta discreta e i modelli di scelta dei percorsi utilizzati dai turisti sono stati elaborati dai singoli gruppi di lavoro e poi condivisi e messi a disposizione degli altri gruppi per organizzare la somministrazione dei questionari ai turisti e pellegrini e la elaborazione dei rispettivi studi.

Un prezioso esempio di sinergia nella ricerca italiana, un'altra pratica eccellente da trasferire nella vita reale.

ENERGIA E SOSTENIBILITA'

I *Smart Buildings*: Edifici Intelligenti per Migliorare l'Efficienza Energetica e il Comfort degli Utenti

Chiara Foglietta, Dario Masucci, Cosimo Palazzo,
Stefano Panzieri¹⁰, Federica Pascucci

1.1 *Abstract*

Ottimizzare le prestazioni energetiche degli edifici pur mantenendo un livello di comfort accettabile per gli utenti è un problema complesso che sta diventando di primaria importanza per aumentare i risparmi e ridurre le emissioni. In questo capitolo, la soluzione proposta consiste in un sistema poco invasivo e modulare che consenta, tramite una rete di monitoraggio wireless, di ottenere un buon livello di monitoraggio delle grandezze fisiche che determinano lo stato attuale dell'edificio. Si prevede quindi un modulo con funzionalità di motore di analisi in grado di gestire e processare diversi flussi di dati real-time. Questo motore è composto da due fasi. La prima è una pre-elaborazione dei dati, come filtraggio e media per i dati con tempo di campionamento molto bassi. La seconda consiste nell'analisi dei dati per poter determinare anomalie (come malfunzionamenti degli impianti o cattivi comportamenti degli utenti) e le possibili contromisure da applicare per mitigarne le conseguenze. Il sistema è attualmente in fase di sviluppo presso l'Università Roma Tre ma è stato testato presso lo Smart Village Casaccia dell'ENEA con buoni risultati.

1.2 *Introduzione*

Gli edifici dedicati allo svolgimento di attività didattiche rappresentano una delle più estese reti di presidio sul territorio, luogo di identificazione

¹⁰ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre, Via della Vasca Navale 79 - 00146 Roma, Italia.

collettiva della comunità locale e nazionale (seggi elettorali, riproduzione sociale del sapere). La loro distribuzione territoriale, promossa dalla pianificazione urbanistica è fondata su un mix di criteri di copertura del territorio e di servizio alla popolazione. Tutti gli enti territoriali italiani, anzitutto comuni e province, gestiscono il patrimonio edilizio scolastico di competenza che rappresenta, quasi sempre, gran parte del patrimonio edilizio destinato ai servizi in loro possesso.

L'applicazione di azioni di efficienza energetica del patrimonio scolastico, e più in generale di istruzione, presenta elevata capacità di orientamento della popolazione e delle stesse istituzioni territoriali verso nuovi paradigmi di sostenibilità ambientale. La valenza innovativa è, quindi, legata al particolare approccio modellistico e tecnologico, basato su Building Management System (BMS), in grado di tener presente modelli edificio/impianto/utente e quindi di calcolare indici prestazionali e diagnostici. Grazie a questi indici sarà possibile progettare dei sistemi di supporto alle decisioni che forniscano utili indicazioni per la gestione dell'edificio e per la progettazione di eventuali riqualificazioni.

Il bisogno di correlare le condizioni microclimatiche ambientali e i reali consumi energetici è espressamente richiamato dalla direttiva europea 2002/91/CE [1], che include anche benessere visivo ed acustico. Più precisamente, si definisce comfort ambientale quella particolare condizione di benessere determinata da temperatura, umidità dell'aria e livello di rumorosità e luminosità rilevati in funzione delle percezioni sensoriali di un individuo inserito all'interno di un ambiente.

Proprio la Sick Building Syndrome (SBS) [1] è la definizione data ad una serie di sintomi legati alla presenza in edifici "malati". Essa è caratterizzata da sintomi non gravi ma che possono influire sull'assenteismo e sulla qualità professionale dei lavoratori.

Allo stesso tempo negli ultimi dieci anni sono state messe in campo diverse normative per la gestione e il controllo dell'utilizzo energetico, come ad esempio la Direttiva CE 2010/31/UE [2] e la Nearly Zero Energy Building. Ci si è resi conto, infatti, che alla gestione energetica degli edifici è riconducibile circa il 45% del consumo di energia elettrica in Europa.

In questo capitolo, si vuole descrivere il sistema di monitoraggio che si è stato implementato presso gli edifici didattici dell'Università degli Studi

Roma Tre con lo scopo di acquisire in tempo reale, non solo i consumi elettrici dell'edificio, ma anche di riconoscere situazioni anomale legate sia al sistema impianto/edificio sia ai comportamenti degli occupanti. Lo scopo ultimo risulta essere un'ottimizzazione dinamica multi-obiettivo in cui si vuole massimizzare il comfort, minimizzare il consumo elettrico e avvisare il responsabile dell'edifici sull'insorgenza di anomalie di funzionamento. In questo modo si attiva un processo sistematico e documentato finalizzato anche a individuare i possibili interventi di miglioramento di natura tecnologica e gestionale.

1.3 Analisi della Letteratura

Un edificio intelligente deve soddisfare le esigenze degli utenti utilizzando opportune strutture edili per ottenere risparmi a lungo termine. [6] Lo scopo di un edificio intelligente è quello di creare un ambiente produttivo ed efficiente in cui la sicurezza e l'integrità garantita, oltre al comfort termico, acustico, ambientale (ossia la qualità dell'aria). La definizione di edificio intelligente non è univoca in letteratura, ma ha come elemento principale quello dell'integrazione di sistemi eterogenei. La maggior parte degli edifici intelligenti comprende tre livelli di integrazione che includono:

- I. Il livello più alto si occupa della fornitura di particolari servizi per il funzionamento dell'edificio sia in condizioni normali che in condizioni di emergenza;
- II. Il livello intermedio comprende diversi sistemi che controllano, supervisionano e coordinano l'edificio stesso, tra cui Building Automation System (BAS), Energy Management System (EMS), Communication Management System (CMS) e Office Automation (OA);
- III. Il livello più basso contiene i sotto-sistemi, tra cui i sistemi HVAC (Heating, Ventilation and Air-Conditioning), il sistema di illuminazione, il sistema anti-incendio, i sistemi di trasporto verticali (ascensori), e il sistema di comunicazione.

Lo studio relativo alle reti di monitoraggio e controllo è cominciato studiando i protocolli attualmente usati negli edifici.

BACnet (a Data Communication Protocol for Building Automation

and Control Networks) [3] è stato sviluppato a metà degli anni 90, ed è un standard di comunicazione per le parti meccaniche ed elettriche di un edificio. In particolare, BACnet viene utilizzato per il riscaldamento, la ventilazione e il condizionamento dell'aria (HVAC). Tale standard è uno standard di comunicazione aperto e non proprietario.

BACnet è compatibile con Internet Protocol (IP) e quindi oggetti e dispositivi possono essere visti nei comuni browser web, e il sistema edificio può essere gestito da remoto utilizzando il protocollo BACnet stesso. BACnet inoltre consente lo scambio di informazioni tra dispositivi all'interno dello stesso edificio. BACnet infatti definisce un insieme di messaggi che abilitano lo scambio di dati tra differenti dispositivi in una rete di monitoraggio e controllo per edifici, risolvendo anche i conflitti quando due differenti messaggi sono stati ricevuti dallo stesso apparecchio.

BACnet può essere implementato sia in modalità wired che wireless. Le reti di comunicazioni per edifici stanno seguendo il paradigma delle Wireless Sensor Networks (WSN) e attualmente di Internet of Things (IoT). [4] L'idea è quella di sensori e attuatori che possono essere collegati usando tecnologie radio, come Z-Wave and Zigbee, Internet Protocol versione 6 (IPv6), come per 6LoWPAN e Wi-Fi. Infine, la tecnologia EnOcean sfrutta efficacemente la leggera eccitazione meccanica applicata e altri potenziali dall'ambiente (movimento, pressione, luce e temperatura) utilizzando i principi della raccolta energetica per la connessione di sensori, attuatori e trasmettitori wireless autonomi.

Allo stato attuale, non esiste una tecnologia consolidata per le reti di monitoraggio e controllo wireless poiché ognuno dei protocolli elencati presenta vantaggi e svantaggi. Tuttavia è necessario focalizzare l'attenzione sulla possibilità di introdurre una rete di monitoraggio e controllo in un edificio già esistente senza bisogno di opere di muratura estensive, con il minimo grado di invasività, e quindi con un minore costo. La soluzione proposta è una rete di monitoraggio flessibile e scalabile che presenta una caratteristica molto importante, ossia la modularità. Ogni componente è stato progettato e realizzato ad hoc per garantire efficacia ed efficienza all'interno dell'intero sistema.

Oltre allo studio della rete di monitoraggio si è anche cominciato a studiare le metodologie presenti in letteratura per la rilevazione di anomalie e

malfunzionamenti. Le metodologie per la diagnostica di edifici sono state analizzate in due articoli, [7] e [8], generando una struttura ad albero che consente di analizzare diverse metodologie in maniera coerente.

È possibile suddividere le metodologie presenti in letteratura in tre categorie principali: metodologie basate sullo storico dei dati, metodologie basate su modelli qualitativi, metodologie basate su modelli quantitativi. In particolare si ha che nel primo caso vengono generati modelli comportamentali a partire dalle misure dei dati ottenuti nel tempo dal processo. Nel secondo caso i modelli qualitativi consistono in relazioni qualitative ottenute dalla conoscenza del processo fisico sottostante. Nel terzo caso i modelli quantitativi si concretizzano in insiemi di relazioni matematiche quantitative basate sulla fisica del processo.

A seconda della formulazione di un modello, i metodi basati sulla storia del processo possono essere classificati come modelli a scatola grigia (gray box) o a scatola nera (black box). Il modello a scatola nera si basa sulla stima dei parametri per identificare i guasti nel sistema, anche se in molti casi il significato fisico della deviazione dei parametri non è noto. Il modello a scatola grigia è formulato in modo tale che le stime dei parametri utilizzate per la diagnostica possano essere ricondotte a parametri fisici effettivi (ad esempio, stima del coefficiente di prestazione di un sistema di compressione vapore) che regolano il sistema o il componente. In alcuni casi i modelli a scatola nera sono stati combinati con altri metodi per gestire errori multipli o per isolare ulteriormente i guasti.

I metodi basati sui modelli qualitativi si basano su una conoscenza a priori per trarre conclusioni sullo stato di un sistema. Includono le tecniche basate su regole (rule based) e quelle basate sulla fisica del sistema (qualitative physics-based). La tecnica qualitative più usata è quella basata su regola, che utilizza un ampio insieme di regole if-then-else e un motore di inferenza per identificare la condizione di processo da un insieme predefinito di potenziali stati. A volte, anche una tecnica a scatola nera come il riconoscimento del pattern viene combinata per identificare e isolare specifici guasti. Metodi qualitativi basati sulla fisica, che permettono di trarre conclusioni su un processo senza espressioni esatte che regolano il processo e gli input numerici precisi, vengono utilizzati parzialmente.

I metodi basati su modelli quantitativi usano un modello matematico

esplicito dell'impianto controllato o di un sistema per ottenere la ridondanza analitica per rilevare e diagnosticare la causa dei guasti. Le equazioni matematiche per rappresentare ogni componente del sistema possono essere sviluppate e risolte per simulare il comportamento costante e transitorio del sistema. I metodi quantitativi basati sul modello devono essere correttamente convalidati con dati sperimentali per operazioni sia prive di errori che "difettosi" prima che sia possibile mettere in credibilità la loro precisione e l'utilità di previsione. Questi modelli possono essere ulteriormente sotto-classificati come modelli fisici dettagliati e semplificati. I metodi quantitativi basati sul modello richiedono una conoscenza dettagliata del sistema.

Delle tre categorie di metodologie, gli algoritmi basati sullo storico dei dati sono quelli che vengono più utilizzati, mentre gli algoritmi basati su modelli quantitativi sono i meno popolari in quanto richiedono un modello matematico esplicito del sistema o impianto. La tecnica a black box, che si basata sullo storico dei dati, è l'approccio più utilizzato per la sua semplicità; la tecnica basata su regole è quella più utilizzata all'interno dei metodi basati su modelli qualitativi.

La combinazione di diversi metodi viene comunemente utilizzata per migliorare l'efficienza dei singoli metodi e rilevare errori simultanei nel sistema. Ad esempio, il metodo basato su regole può essere combinato con il metodo statistico per ridurre il disturbo, il rumore e l'incertezza di modellazione. La maggior parte delle tecniche di diagnostica, in particolare quelle basate su regole, si basano su soglie per individuare i guasti. Se le soglie non sono correttamente selezionate o non sono abbastanza generali, possono essere generati troppi falsi allarmi o possono essere erroneamente identificati i guasti.

La novità dell'approccio che si intende seguire consiste nell'integrazione dei dati che vengono da differenti tipologie di sensori in un modello unificato che veda il comportamento dell'utente come una variabile fondamentale del sistema tecnologico. L'integrazione del comfort degli utenti con i consumi elettrici non è semplice ed è molto innovativo dal punto di vista della ricerca.

1.4 Obiettivo degli Edifici Intelligenti

Lo scopo degli edifici intelligenti è quello di migliorare l'efficienza complessiva dell'edificio stesso, mantenendo un livello di comfort accettabile per gli utenti. Questi due obiettivi sono spesso in contrapposizione tra di loro e richiedono la realizzazione di un sistema che abbia una struttura poco invasiva (e quindi economica), per poter essere aggiunta a edifici già esistenti, e complessa, per poter determinare anomalie e malfunzionamenti in tempo reale.

La rete di monitoraggio che consente l'acquisizione dei dati in real-time deve essere poco invasiva ma deve consentire il funzionamento continuo per lunghissimi periodi di tempo. I sistemi di controllo degli impianti normalmente installati non possiedono, nella maggior parte dei casi, la capacità di eseguire un monitoraggio completo di tutte le variabili energetiche e ambientali di un edificio. In particolare, negli edifici scolastici ci si limita al controllo della temperatura delle aule tralasciando altri fattori come, umidità, percentuale di CO₂, presenza di utenti, apertura o chiusura di porte e finestre e presenza di gas. Questi fattori, monitorati e correlati possono fornire molte informazioni sull'effettivo utilizzo degli ambienti, l'adeguatezza dei consumi energetici, lo stato di funzionamento (o malfunzionamento) degli impianti, il livello di comfort degli utenti e, in generale sull'efficiente utilizzo delle risorse energetiche e degli spazi. Il sistema di monitoraggio, pertanto, non può limitarsi solo a una raccolta dati indistinta e classificata solo in base ad una logica stanza-sensore.

Una volta ottenuti i dati, questi devono essere elaborati per poter ottenere indici prestazionali mirati a specifiche problematiche (consumi energetici, comfort, comportamento degli utenti) e per poter individuare malfunzionamenti in corso, le possibili cause e le contromisure adottabili sul breve e medio periodo. I dati devono essere filtrati per eliminare le inevitabili imprecisioni operative di cui sono affetti i sensori utilizzati. In questo modo sarà possibile produrre importanti informazioni per il riconoscimento e la segnalazione di anomalie riguardanti le condizioni di benessere all'interno delle aree analizzate, e la definizione di un modello energetico degli edifici considerati che approssima con un alto grado di precisione il loro reale profilo di consumo.

Risulta evidente come la costruzione degli indici corretti e lo sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni (Decision Support System - DSS) adeguato non possano prescindere dall'utilizzo di modelli edificio/utente e di modelli di diagnostica/manutenzione. Gli algoritmi di analisi vengono valorizzati dalle esperienze costituite durante i molteplici anni di collaborazione tra Roma Tre e l'ENEA che hanno portato alla realizzazione sperimentale di sistemi di monitoraggio e diagnostica per alcuni edifici della Casaccia adibiti principalmente ad uffici. Queste esperienze hanno contribuito a definire una metodologia "vincente" che si intende ampliare nel contesto degli edifici per l'istruzione.

1.5 Soluzione Proposta

L'edificio deve essere in grado di scambiare informazioni con l'aggregatore secondo principi di interoperabilità che vuol dire lo sviluppo di metodi e strumenti secondo standard aperti che possono essere individuati in queste attività:

1. definizione di variabili, modelli e tecnologie per l'acquisizione, gestione e archiviazione dei dati "freddi", relativi allo stato di fatto degli edifici, dati sulla manutenzione e informazioni sull' utilizzo e fornitura del vettore energetico
2. definizione di KPI (Key Performance Indicator) energetico-ambientali
3. definizione delle interfacce e dei protocolli di comunicazione (WSDL, XSD) tra l'edificio e l'aggregatore
4. studio della vulnerabilità dei sensori/attuatori e dei sistemi di automazione e controllo in condizioni di particolare sollecitazione (robustezza e adattabilità dei sistemi)
5. studio di algoritmi che rendano i quadri di telecontrollo di nuova generazione capaci di gestire le criticità del controllo remoto per avere più robustezza del sistema edificio-impianti.

La struttura di monitoraggio che si vuole realizzare consiste nell'integrazione di due diversi sistemi di acquisizione dati, uno fisso e l'altro customizzabile.

Il primo ha riguardato l'inserimento di otto punti di metering, essenziali per monitorare l'effettivo stato di salute di due edifici del Dipartimento di Ingegneria di Roma Tre, siti nel complesso in Via della Vasca Navale. Sono stati quindi installati misuratori di energia sugli interruttori elettrici per le cinque aule interessate, e i classici sensori EnOcean per il monitoraggio ambientale (luminosità, concentrazione di CO₂, presenza, contatto porte e finestre). Si rende noto che tutti i dispositivi di acquisizione sono auto-alimentati e non hanno quindi bisogno di nessun tipo di alimentazione. Per gestire il sistema è stato previsto un controllore a logica programmabile (PLC Beckhoff), che permette di visualizzare i consumi energetici in maniera continua dei maggiori parametri elettrici di funzionamento (correnti, voltaggio, frequenza, potenza attiva, potenza reattiva, potenza apparente, energia consumata, fattore di potenza $\cos\phi$) tramite un'interfaccia raggiungibile via web da qualsiasi dispositivo PC/Tablet/Smartphone.

Il secondo sistema di acquisizione dati, realizzato dal gruppo di ricerca dell'MCIP Lab [9] dell'Università Roma Tre, consiste in una serie di postazioni di monitoraggio mobili dislocate all'interno dell'edificio, ognuna delle quali caratterizzata da sensori cablati usati per l'acquisizione in continuo dei parametri di comfort. Si utilizza un modulo Arduino che governa cinque sensori standard per la rilevazione delle grandezze di interesse (temperatura, umidità, luminosità, inquinamento acustico, qualità dell'aria) con la possibilità di avere tre ulteriori sensori connessi per la rilevazione e il conteggio di presenze che caratterizzano l'ambiente in analisi. In collaborazione con uno studio di design è stato realizzato un modulo contenitore per ogni postazione in grado di garantire l'alimentazione, la protezione e la corretta disposizione dei componenti elettronici sopra menzionati. Per ogni sensore è stato previsto un apposito alloggiamento tale da permetterne la facile installazione e connessione con il micro-controllore Arduino Mega a cui si riferisce. La *monitoring box* è formata da una base, ottenuta mediante stampa 3d con materiale PLA, ed una copertura realizzata tramite taglio laser in materiale plexiglas satinato.

Per elaborare e gestire il traffico di informazioni, a livello logico e fisico, è stato utilizzato il sistema di *home automation* Kosmo Server [10], che permette quindi di controllare i sensori e gli attuatori della rete customizzabile. I dati raccolti da ogni sensore della rete, ottenuta come

integrazione delle due sopradescritte, vengono replicati e mantenuti all'interno di database definiti ad hoc, privati e mantenuti sul Cloud, per facilitarne la manipolazione da parte degli operatori.

Si è sfruttata la spiccata propensione verso l'IoT del sistema per strutturare una analisi e archiviazione dei dati tramite MicroCloud. Questo modello si basa sul concetto di analizzare e memorizzare tutti i dati provenienti dai nodi del sistema all'interno di un server condiviso e gestito tramite l'applicativo MongoDB.

MongoDB permette la gestione di basi di dati non relazionale, è quindi un database di tipo NoSQL con schema dinamico che rende l'archiviazione e l'integrazione di dati eterogenei più facile e veloce. Una volta memorizzati i dati, possono essere attivate routine di diagnostica, algoritmi per il riconoscimento delle anomalie o di pattern comportamentali per produrre informazioni ad alto livello fruibili per l'energy manager.

Grazie all'integrazione degli strumenti a disposizione è stato possibile implementare un sistema di monitoraggio caratterizzato dalla struttura in Figura 1.

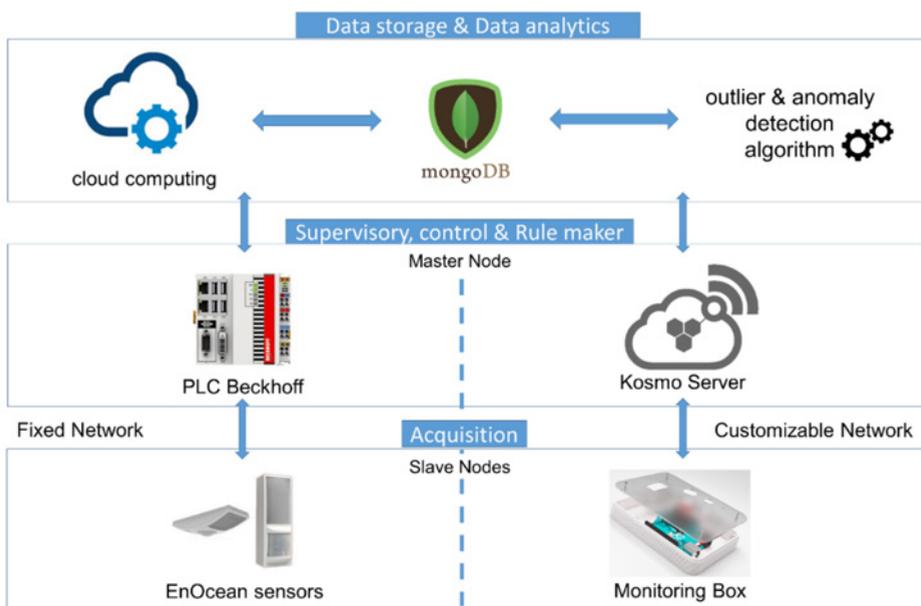


Fig. 1 – Schematizzazione della rete di monitoraggio e controllo per edifici

L'analisi dei dati ha come scopo diversi obiettivi:

6. diagnostica di malfunzionamenti di sensori e attuatori
7. riconoscimento di cattive abitudini degli utenti
8. miglioramento del comfort degli utenti
9. gestione delle emergenze come incendi
10. ottimizzazione del sistema e supporto alle decisioni

1.6 Conclusioni

La soluzione proposta in questo capitolo è costituita da una rete di monitoraggio wireless per la ricezione dei dati ambientali (temperatura, umidità, luminosità, inquinamento acustico, qualità dell'aria, presenza, ecc.) e dei dati energetici in termini di consumi elettrici. Una volta acquisiti i dati, quest'ultimi vengono pre-elaborati e analizzati per poter determinare anomalie, come comportamenti sbagliati degli utenti o malfunzionamenti degli impianti di riscaldamento. Il sistema è anche in grado di suggerire contromisure per poter mitigare gli effetti negativi delle anomalie.

Possibili sviluppi futuri riguardano l'implementazione completa del sistema, che al momento è nella fase iniziale, e, parallelamente, lo sviluppo di strumenti per il supporto alle decisioni real-time da prendere nell'eventualità che si debbano fronteggiare di situazioni molto complesse. Due scenari sicuramente molto interessanti riguardano uno la gestione dell'evacuazione degli occupanti di un edificio a causa di incendio, l'altro l'integrazione del sistema con la rete elettrica con l'obiettivo di sviluppare algoritmi di demand/response.

BIBLIOGRAFIA

- [1] European Commission, "Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings," Off. J. Eur. Union, pp. 65-71, 2002.
- [2] P. Sarafis, K. Sotiriadou, D. Dallas, P. Stavrakakis, and M. Chalaris, "Sick-building syndrome," *J. Environ. Prot. Ecol.*, vol. 11, no. 2, pp. 515-522,

- Apr. 2010.
- [3] EU, "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)," *Off. J. Eur. Union*, pp. 13-35, 2010.
 - [4] D. Snoonian, "Smart buildings," *IEEE Spectr.*, vol. 40, no. 8, pp. 18-23, Aug. 2003.
 - [5] O. Hersent, D. Boswarthick, and O. Elloumi, *The internet of things: applications to the smart grid and building automation*. Wiley, 2012.
 - [6] A.T. P. So, A. C.W. Wong, and K. Wong, "A new definition of intelligent buildings for Asia," *Facilities*, vol. 17, no. 12/13, pp. 485-491, Dec. 1999.
 - [7] S. Katipamula and M. Brambley, "Review Article: Methods for Fault Detection, Diagnostics, and Prognostics for Building Systems? A Review, Part I", *HVAC&R Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 3-25, Jan. 2005.
 - [8] J.W. Kim and S. Katipamula, "A review of fault detection and diagnostics methods for building systems," *Sci. Technol. Built Environ.*, pp. 1-18, Apr. 2017.
 - [9] MCIP Lab, Models for Critical Infrastructure Protection Laboratory, www.mciplab.it.
 - [10] Kosmo Server, www.kosmoserver.com.

2 La valutazione di soluzioni progettuali e tecnologiche per l'efficienza energetica del patrimonio costruito

Laura Calcagnini, Paola Marrone¹¹

2.1 *Sommario*

Il contributo descrive il percorso di ricerca, svolto nell'ambito del *Task Energia*, per la valutazione di interventi di riqualificazione energetico-ambientale sul patrimonio edilizio pubblico della Regione Lazio, e con l'obiettivo di sostenere, nelle decisioni progettuali e tecniche, sia la Pubblica Amministrazione nel finanziamento di nuovi interventi, sia le imprese nel loro riposizionamento tecnologico.

La ricerca è stata mirata, in primo luogo, a individuare, indicatori economici e tecnici di valutazione *ex-post* degli interventi di *retrofitting* energetico e, in secondo luogo, casi rappresentativi delle principali tipologie edilizie e d'intervento che possono costituire, in ambito regionale, esempi di riferimento o *benchmark* per la programmazione *ex ante* degli interventi.

I risultati, qui riportati in sintesi, rappresentano 'prove di efficacia' utili allo sviluppo di attività di progettazione, di scelte tecnologiche e, conseguentemente, di allocazione di finanziamenti, basate sull'evidenza (*Evidence Based Design*), ossia su una valutazione comparata tra prestazioni energetiche attese e realmente ottenute.

2.2 *Riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: un approccio metodologico per le strutture scolastiche della Regione Lazio*

In questi ultimi anni, in attuazione delle Direttive Europee e degli

¹¹ Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Architettura.

obiettivi fissati dai Piani d'Azione Europei per l'Efficienza Energetica (PAN)¹², l'Italia ha introdotto numerose misure per ridurre i consumi energetici e le emissioni di carbonio, incrementando l'efficienza energetica del patrimonio edilizio, riducendo i costi dell'energia e promuovendo filiere tecnologiche innovative per sostenere un nuovo sviluppo del settore edilizio. Tuttavia, accanto all'aggiornamento del quadro legislativo e all'adeguamento delle relative norme tecniche, che hanno introdotto standard e metodologie di calcolo per le nuove edificazioni e riqualificazioni soprattutto degli edifici pubblici, non è stato ancora avviato un processo di valutazione dell'efficacia dei progetti di riqualificazione energetica per garantire, non solo la qualità dei materiali e delle soluzioni tecnologiche da adottare, ma anche per verificare i risultati attesi rispetto a quelli realmente raggiunti [1]. A differenza di altri Paesi, in Italia mancano adeguate procedure di Monitoring&Evaluation (M&E) o di *benchmarking*, per un controllo comparato delle prestazioni energetiche.

In questa direzione si stanno sviluppando ricerche sul comportamento energetico degli edifici per raggiungere un livello di conoscenza¹³ utile ai progettisti e alla stessa industria delle costruzioni nella valutazione delle soluzioni progettuali e tecnologiche [2].

In questo quadro, grazie a un Accordo di Collaborazione con la Regione Lazio ed ENEA, la possibilità di disporre dei dati relativi ad oltre 150 interventi di riqualificazione energetica del patrimonio pubblico (finanziamento FESR Lazio 2007-2013), realizzati e conclusi nel 2015, ha permesso di confrontare dati sulle pratiche di retrofitting energetico del territorio regionale.

Per gestire la grande quantità di dati e restituire una valutazione complessiva ex-post dei risultati raggiunti con gli interventi di riqualificazione energetica, sono state considerate le soluzioni di efficientamento in termini tecnico-costruttivi, energetici ed economici:

- elaborando un'analisi multivariata dei dati per il raggruppamento

¹² Direttive europee 2002/91/CE (EPBD), 2009/28/CE e 2010/31/CE (nZEB).

¹³ In ambito anglosassone, e sul modello dei protocolli decisionali dell'*Evidence-Based Medicine*, si sta sviluppando, anche nel campo della progettazione edilizia, l'*Evidence-Based Design* (EBD) basato su decisioni responsabili, motivate da informazioni rilevanti, tratte dalla letteratura scientifica e dalla buona pratica delle realizzazioni.

- degli edifici in classi omogenee (la *cluster analysis*);
- impostando indicatori di prestazione e di efficacia economica;
- costruendo modelli di simulazione energetica e validazione dei dati di progetto;
- compiendo indagini sul campo con misure strumentali;
- comparando le prestazioni tecnologiche dei componenti e dei materiali utilizzati.

È stato sviluppato un percorso metodologico in tre fasi¹⁴ (Fig. 1):

- analisi dei progetti esecutivi di tutti i 155 edifici oggetto degli interventi di riqualificazione (dati climatici, caratteristiche dimensionali e costruttive, tipologie di interventi e loro costi, etc.), effettivamente realizzati e conclusi entro dicembre del 2015 (Fase 1);
- monitoraggio (Fase 2a) e modellazione in regime dinamico (Fase 2b) di alcuni edifici, individuati (attraverso la *cluster analysis*) come i più rappresentativi del patrimonio riqualificato in ragione dei

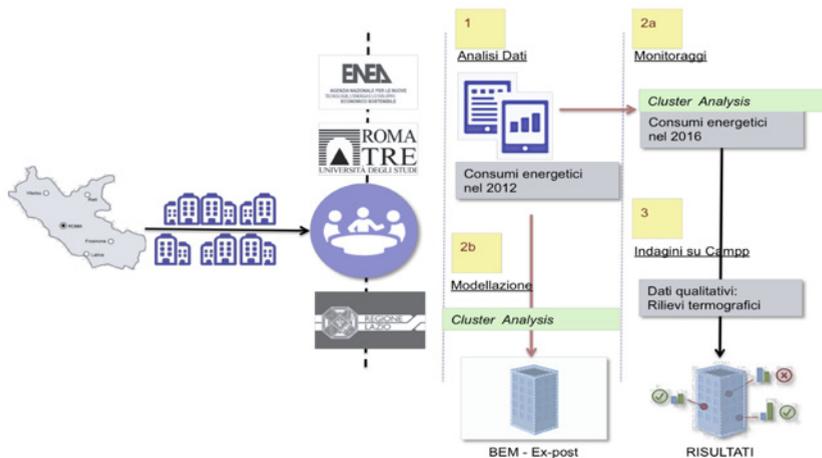


Fig. 1 – Metodologia generale. Le tre fasi: 1-Analisi dati, 2-Monitoraggio (a) & Modellazione (b) (monitoraggio sul 10% degli edifici e modellazione sugli edifici di riferimento), 3-Indagini su campo (sul 10% degli edifici)

¹⁴ Si ringraziano i proff. Francesco Asdrubali e Paola Gori con ingg. Luca Evangelisti, Claudia Maria Guattari e Luca Grazieschi per l'importante supporto nella definizione e applicazione della *cluster analysis* e delle indagini sul campo.

- loro caratteri costruttivi ed energetici (campione pari al 10%);
- indagini sul campo e analisi della qualità tecnologica e materica degli interventi realizzati sugli edifici rappresentativi (Fase 3).

Sulla base dei dati messi a disposizione dalla Regione Lazio sono stati costruiti due *database*: il primo raccoglie tutti gli interventi, classificandoli secondo le caratteristiche previste dal primo livello di indagine (Fase 1); il secondo contiene le informazioni più dettagliate relative a solo settanta-sette strutture con funzioni socio-educative e che sono state oggetto di monitoraggio, modellizzazione e indagini sul campo (Fase 2 e 3).

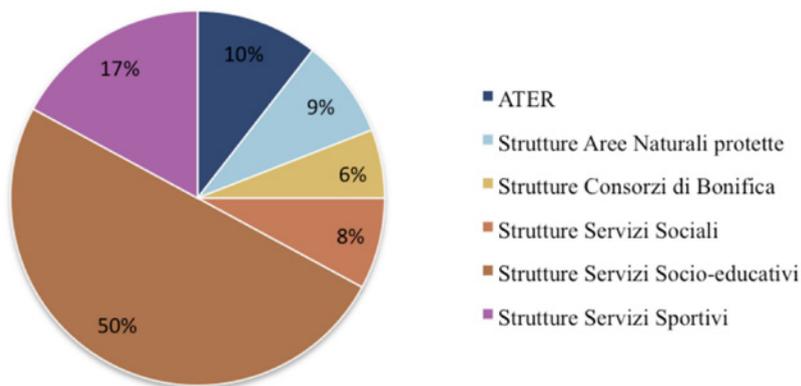


Fig. 2 – Distribuzione delle tipologie di intervento

La scelta di approfondire la valutazione complessiva solo per gli edifici a uso scolastico ha diverse ragioni:

- le strutture socio-educative rappresentano il 50% degli edifici oggetto di intervento (Fig. 2);
- gli interventi eseguiti sulle altre tipologie funzionali, come per esempio, gli impianti sportivi che rappresentano il 17%, sono in prevalenza di natura impiantistica e, pertanto, poco rappresentativi del complesso degli interventi edificio-impianto;
- le altre tipologie funzionali, presenti in quantità meno significative (ad es., le strutture per i servizi sociali), sono estremamente

- eterogenee costruttivamente (ad es., le strutture all'interno delle aree naturali protette variano da piccoli presidi a palazzi storici), o poco significative sotto il profilo dell'utenza (consorzi di bonifica), o senza una utenza omogenea (i 9 complessi residenziali ATER);
- la letteratura scientifica internazionale e le recenti normative in materia di riqualificazione edilizia dimostrano l'importanza del *retrofitting* energetico del patrimonio edilizio scolastico [3, 4, 5, 6];
 - il 48% del patrimonio ad uso scolastico – edificato in prevalenza tra gli anni sessanta e ottanta – è ancora da riqualificare e, presumibilmente, corrisponde a circa 10.000 edifici [7];
 - il 3% degli edifici scolastici è stato costruito prima del 1900, la maggior parte, circa il 45%, tra il 1961 al 1980, ossia circa 20.000 edifici scolastici sono stati realizzati prima dell'entrata in vigore delle prime leggi sull'energia e quindi, presumibilmente, sono estremamente energivori¹⁵ [7];
 - secondo il Programma per la Riqualificazione Energetica degli Edifici e della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC), si dovrà riqualificare il 3% degli edifici pubblici ogni anno¹⁶.

2.3 Evidenze

Le evidenze esito dei diversi livelli di indagine sono numerose e articolate. Si riportano in sintesi alcune conclusioni con l'obiettivo di mostrare il percorso nella sua interezza, sebbene occorra omettere le elaborazioni complete dei dati¹⁷ svolte e già oggetto di pubblicazioni scientifiche [10, 11].

¹⁵ Il patrimonio scolastico della Regione Lazio corrisponde come epoche costruttive al quadro nazionale [7].

¹⁶ la Legge 102/2014 ha stanziato 355 milioni di Euro nel periodo 2014-2020 per la riqualificazione energetica delle Pubbliche Amministrazioni [8, 9].

¹⁷ Si omettono pressoché completamente le analisi dei costi e i dati relativi agli interventi impiantistici e alle FER.

2.3.1 Valutazioni sulle tipologie di intervento

La distribuzione sul territorio degli edifici scolastici è piuttosto omogenea nelle cinque provincie del Lazio, gli edifici ricadono in tre differenti zone climatiche (C, D, E) secondo la classificazione italiana¹⁸. Gli interventi realizzati sono classificabili in tre (3) classi tipologiche e sette (7) tipologie:

1. il 49% sull'involucro edilizio (sostituzione dei serramenti, isolamento termico delle chiusure opache verticali, isolamento termico delle chiusure opache orizzontali);
2. il 21% sugli impianti (riqualificazione dell'impianto di riscaldamento e di raffrescamento);
3. il 30% sulle fonti rinnovabili (installazione Solare termico, installazione solare fotovoltaico).

Gli interventi sono distribuiti nelle zone climatiche D, (48%) C (30%) ed E (22%) e caratterizzati in prevalenza dalla sostituzione di generatori vetusti con nuovi a condensazione, dalla sostituzione di impianti tradizionali di riscaldamento con nuovi impianti di climatizzazione, dall'isolamento termico dell'involucro con materiali tradizionali e dall'installazione di impianti fotovoltaici (n. 63 impianti).

2.3.2 Valutazioni economiche

Rispetto al totale degli interventi sull'edilizia scolastica, il cui costo finanziato è pari a circa 19,3 milioni di euro, circa 13,2 milioni di euro sono stati impiegati per la riqualificazione energetica dell'involucro edilizio e poco più di 6 milioni di euro per gli interventi sugli impianti e per introdurre fonti rinnovabili. Il costo finale delle riqualificazioni per superficie calpestabile rientra, per la maggior parte degli interventi, in un costo inferiore ai 500 €/m². Questo dato fa riferimento all'applicazione di tecnologie tradizionali, legate a pratiche comuni (non migliori, né innovative) e a materiali anch'essi tradizionali (ad es., isolanti termici quali

¹⁸ In funzione dei gradi giorni, il territorio nazionale è suddiviso in 6 zone climatiche (DPR 412/1993), dalla più calda (zona A) alla più fredda (zona F).

poliuretano, polistirene, intonaci civili non isolanti, etc.). In termini di costi benefici il risparmio medio dichiarato è pari al 18,64%¹⁹, per un costo di efficientamento medio pari a 8,95 euro a kWh risparmiato²⁰ (Tab. 1).

Risparmio energetico (escluse FER) [kWh]	Consumi nel 2012 [kWh]	Risparmio energetico medio [%]	Costo degli interventi [€]	Costo per kWh risparmiato [€/kWh]	Energia risparmiata per unità di superficie di superficie [kWh/m ² a]
2.290.234,70	12.285.956,50	18,64	16.854.018	7,47	25,56

Tab. 1 – Risparmi energetici e costi relativi

Il Piano d'Azione Nazionale per Incrementare gli Edifici a Energia quasi Zero (PANZEB)²¹ ha stimato il risparmio energetico potenziale per il 2020 per la riqualificazione energetica degli edifici a uso scolastico pari a 9, 19 e 31 kWh/m² anno, rispettivamente per le zone climatiche C, D ed E [12]. In riferimento agli interventi analizzati, il risparmio energetico per unità di superficie, nelle tre zone climatiche, è pari a 25,87, 22,70 e 29,93 kWh/m²anno, rispettivamente per i ventuno (21) edifici in zona C, i ventidue (22) edifici in zona D, gli undici (11) edifici in zona E; questo indicatore mostrebbe che i risparmi ottenuti si configurano come leggermente inferiori, in termini di risparmio energetico a quelli potenzialmente attesi dal Piano per la zona climatica E (quella più energivora) e superiori nella zona C.

2.3.3 Valutazioni sulla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂

Per valutare la riduzione dichiarata dei consumi e, pertanto, la reale efficacia della riqualificazione energetica, in questa fase dello studio si è deciso di sperimentare un processo metodologico basato sull'individuazione di

¹⁹ Nel complesso i dati di 57 su 77 edifici sono considerati maggiormente affidabili poiché corrispondenti in tutti gli elaborati presenti dalla documentazione preliminare fino a quella esecutiva.

²⁰ Il costo per kWh risparmiato è uno dei criteri di valutazione per il finanziamento della riqualificazione energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione.

²¹ Allegato I al Decreto interministeriale 19 giugno 2017.

classi omogenee e di edifici rappresentativi delle singole classi per l'elevato numero di edifici da sottoporre a monitoraggio. Il monitoraggio documentale dei consumi è stato realizzato su una casistica pari a circa il 10% degli edifici oggetto di intervento, che corrisponde a sette edifici, ritenuti i più rappresentativi attraverso la *cluster analysis*²² dei dati disponibili.

Sono state così individuate due classi di edifici²³ con caratteristiche omogenee rispetto ai loro caratteri costruttivi ed energetici, nonché all'esito degli interventi di riqualificazione effettuati. Le due classi (o cluster) raggruppano rispettivamente 39 e 18 edifici²⁴ con caratteristiche variabili secondo quanto riportato nella Tabella 2.

Variabili per determinare i cluster	Cluster 1 (39 edifici)		Cluster 2 (18 edifici)	
	Valori di appartenenza	Valori del centroide	Valori di appartenenza	Valori del centroide
Fattore di forma S/V [$1/m$]	0.29-0.74	0.46	0.51-0.91	0.75
Volume Riscaldato [m^3]	2682-41633	8535.77	685-4156	1906.00
Salto di classe energetica [num]	0-7	3.43	1-7	4.72
Costo a kWh risparmiato [€/kWh]	1.33-34.97	12.57	5.76-69.89	25.61
Consumi normalizzati [$kWh/m^3 N$]	7.82-49.79	25.26	6.97-58.56	24.59
Risparmi energetici attesi [kWh]	0.24-15.48	6.12	1.85-27.60	10.09

Tab. 2 – Esiti della cluster analysis e variabili che hanno determinato le classi

All'interno di ciascuna classe, sono stati poi individuati alcuni edifici rappresentativi (evidenziati nella Tabella 3) del patrimonio considerato e degli interventi di riqualificazione effettuati. Sui due edifici di riferimento (n. 2 e n. 58) sono stati verificati i risparmi ottenuti attraverso la modellizzazione in regime dinamico²⁵. I due edifici hanno caratteristiche costruttive diverse che ben rappresentano due tipologie edilizie e costruttive ricorrenti: l'edificio con struttura muraria e intelaiata in c.a. L'edificio n. 2, infatti, è

²² È stata condotta su un campione ridotto di edifici pari a 55 anziché a 77 per poter valutare un campione di dati congruenti e affidabili.

²³ Le classi di edifici sono state determinate sulla base dei seguenti parametri: volume lordo riscaldato, il rapporto di forma (rapporto tra la superficie disperdente e il volume netto riscaldato dell'edificio), i consumi di energia primaria *ex-ante* interventi di riqualificazione, i risparmi energetici dichiarati e il salto di classe energetica previsto in fase di progetto.

²⁴ La *cluster analysis* è stata condotta sui 57 edifici i cui dati originari risultavano attendibili.

²⁵ La simulazione è stata effettuata con *Design Builder*, motore di calcolo Energy Plus.

stato costruito nel 1930, ha un volume piuttosto compatto e una struttura massiva in muratura portante con poche superfici vetrate; l'edificio n. 58 è stato realizzato nel 1978, ha un volume più articolato e una struttura intelaiata in calcestruzzo armato, con una maggiore percentuale di superfici vetrate. Entrambi sono in buono stato.

La Tabella 3 riporta i dati di risparmio effettivamente ottenuti, confrontando i consumi termici *ex-ante*, dichiarati²⁶ ed *ex-post* reali, nonché gli esiti della modellizzazione sugli edifici di riferimento (ante e post interventi).

	Edifici di riferimento	Consumi del 2012 [kWh anno] (ex ante)	Consumi del 2016 [kWh anno] (ex post)	Consumi attesi da progetto [kWh anno] (ex post)	Consumi secondo modellazione [kWh anno]	% Risparmio energetico
Cluster 1	Edificio n.2	75146,58	59853,96	52540,78	56933,00	20%
Cluster 2	Edificio n.58	96604,8	64389,92	57491,6	61884,80	33%

Tab. 3 – Verifica delle corrispondenze tra dati di risparmio di progetto, di simulazione e di realizzazione

La corrispondenza, abbastanza soddisfacente, tra i consumi calcolati con la modellazione e i consumi *ex post* reali aiutano nel confermare la validità della *cluster analysis* e nell'utilizzare gli edifici di riferimento per verificare anche sugli edifici dei due cluster la corrispondenza tra consumi dichiarati e ottenuti dopo gli interventi di riqualificazione.

Per quanto riguarda i risparmi dichiarati, possiamo osservare che sono stati ottenuti attraverso un complesso di centoquarantotto (148) interventi sull'involucro edilizio (isolamento termico delle chiusure opache e sostituzione dei serramenti), sessanta (60) interventi di sostituzione impiantistica (nuovi generatori in prevalenza, sistemi a regolazione delle emissioni, passaggio da sistemi tradizionali a sistemi idronici e a pompa di calore e ottantasei (86) interventi di installazione di fonti pannelli solari (fotovoltaici in prevalenza e termici).

In conclusione, in termini di sola prestazione energetica simulata e con

²⁶ Per consumi dichiarati si intendono quelli presentati nella documentazione per il finanziamento del progetto senza che sia stato comunicato il metodo di calcolo e gli strumenti; mentre per consumi attesi quelli ottenuti dal calcolo delle prestazioni in regime dinamico.

riferimento al campione degli edifici selezionati, il processo di progettazione e realizzazione degli interventi appare essere stato virtuoso per la corrispondenza tra quanto determinato in fase di progetto e quanto effettivamente ottenuto con gli interventi realizzati.

2.3.4 Valutazioni sulla qualità tecnologica e costruttiva

Gli interventi sull'involucro edilizio rappresentano oltre il 50% degli interventi complessivi e oltre il 70% dei costi finanziati. Le opere sull'involucro consistono, per la maggior parte, in opere compiute secondo le pratiche comuni, certamente non le migliori, e con materiali senza attenzione alla qualità ambientale. La quasi totalità degli interventi riguarda l'introduzione di un sistema di isolamento a cappotto delle chiusure verticali e all'estradosso delle coperture con 6-10 cm in poliuretano o polistirene (per l'83%, ossia 85.000 m² circa di superfici riqualificate). I serramenti sono stati sostituiti con nuovi infissi in alluminio a taglio termico e vetro basso-emissivo e di sicurezza.

Per controllare la qualità tecnologica e materica degli interventi si è inoltre fatto ricorso a indagini termografiche sulla selezione dei sette edifici rappresentativi (inclusi i due edifici di riferimento), individuati con la *cluster analysis*. La valutazione dei difetti è stata ricondotta alle categorie di danno che rappresentano in forma più o meno esaustiva i possibili difetti di un involucro edilizio su un edificio esistente [13]: in Figura 3 il caso di un edificio oggetto di tre interventi sull'involucro (isolamento delle chiusure orizzontali e verticali e sostituzione dei serramenti). Sono significativi i gradienti termici tra i nodi di connessione degli elementi costruttivi, tra serramenti e tamponatura che dimostrano, in linea generale, un'attitudine, sia progettuale sia realizzativa, a non concertare gli interventi sull'involucro edilizio. La mancata considerazione delle connessioni tra le componenti costruite determina, per la maggior parte, difetti di isolamento non uniforme. Questo tipo di difetti è stato riscontrato in tutti i sette edifici indagati che rappresentano il 10% della totalità degli interventi.

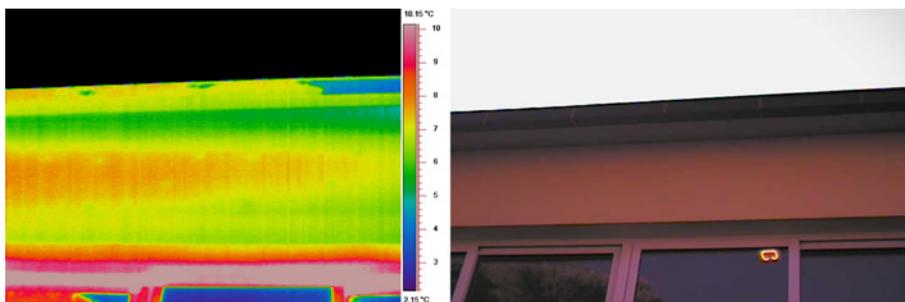


Fig. 3 – Immagine all'infrarosso e al visibile della facciata Nord dell'edificio n. 43

2.3.5 Valutazioni sulla qualità ambientale

Settantasette (77) edifici su settantaquattro (74) sono stati oggetto di almeno un intervento sull'involucro, ma solamente per due sono stati utilizzati materiali a basso impatto ambientale e/o con etichettature di prodotto ISO 14000. Poiché il ricorso a materiali con valenza ambientale è pressoché nulla, si può concludere che, in questi interventi, la riduzione dell'impatto ambientale è stata affidata solo al risparmio energetico ottenuto e a nessuna scelta materica. Se si dovessero confrontare le scelte operate con le prescrizioni degli attuali Criteri Ambientali Minimi (CAM)²⁷, potremmo affermare che gli interventi non ottemperano o ottemperano parzialmente a tali criteri ambientali [14], come riportato nel quadro comparativo in Tabella 4.

Criteri presenti nei CAM	Dati degli interventi sui 77 edifici
Valori minimi di trasmittanza delle pareti < 1,8-2,1 W/m ² K (1,8 zona C, 2,0 per zona D, 2,1 for zona E).	24 su 45 interventi rispettano i CAM. Nessuna informazione presente nei progetti sui restanti 21 int.
Nuovi serramenti se non in materiali rinnovabili debbono contenere una percentuale di materiale riciclato, se in legno con certificazioni FSC o PEFC.	Nessuna informazione presente nei 77 progetti esecutivi.
Vecchi serramenti debbono essere recuperati o riciclati con processo e operatori dichiarati.	Nessuna informazione presente nei 77 progetti esecutivi.
Privilegiare la realizzazione di tetti giardino nel caso di interventi di isolamento termico delle coperture.	Assente in tutti i 44 interventi d'isolamento delle coperture.
Negli interventi d'isolamento termico delle coperture devono garantire un indice SRI > 29 per tetti inclinati e SRI > 76 quando l'inclinazione < 15%.	Nessuna informazione presente nei 77 progetti esecutivi.

Tab. 4 – Confronto tra i CAM e le soluzioni di progetto nei 77 edifici

²⁷ D.M. 11 gennaio 2017 (G.U. Serie Generale n. 23 del 28 gennaio 2017).

2.4 Conclusioni

In questo contributo che illustra in sintesi la ricerca, sono stati presentati il percorso metodologico (analisi dati, *cluster analysis*, modellizzazioni energetiche, indagini su campo) e alcune considerazioni conclusive per una valutazione *ex-post* complessiva sugli interventi di retrofitting. La possibilità di ottenere i dati relativi alle prestazioni energetiche, non solo del 2016, ma anche del 2017, ci fa ritenere lo studio ancora non concluso. Tuttavia, sulla base delle evidenze riscontrate e delle modellizzazioni compiute, possiamo osservare che:

- in termini di efficacia, gli interventi di riqualificazione, valutati su alcuni edifici rappresentativi dei cluster individuati sul campione degli edifici analizzati, hanno permesso di raggiungere le prestazioni energetiche attese;
- in termini di qualità delle realizzazioni, sono stati riscontrati difetti ricorrenti e corrispondenti, in particolare, alla mancata realizzazione delle connessioni tra gli elementi isolati termicamente e gli altri elementi costruttivi degli edifici, con evidenti gradienti termici tra gli elementi;
- in termini di qualità ambientale, la riduzione delle emissioni di CO₂ è stata ottenuta solo attraverso il risparmio energetico e non con adeguate scelte materiche o l'applicazione di criteri ambientali.

Il quadro prestazionale emerso dal confronto tra prestazioni attese/dichiarate/progettate e le prestazioni realmente verificate e dalle indagini sulla qualità ambientale e tecnologica degli interventi consente di concludere la ricerca con indicazioni a sostegno della redazione di nuovi bandi per la riqualificazione energetica dell'edilizia scolastica regionale, soprattutto in vista degli obblighi recentemente stabiliti dai CAM e ribaditi nella recente Strategia Energetica Nazionale [15] e nella Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile [16].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fasano, G. (a cura di), *L'efficienza energetica nel settore civile*, Quaderno Enea, 2011.
- [2] Kirk Hamilton, D. and Watkins, D.G., *Evidence Based Design for Multiple building types*, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, 2009.
- [3] Dias Pereira, L.; Raimondo, D.; Corgnati, S.P.; Gameiro Da Silva M., *Energy consumption in schools - A review paper*, Renew. Sustain. Energy n. 40, 911-922, 2014.
- [4] Corgnati, S.P.; Corrado, V.; Filippi, M., *A method for heating consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 Italian schools*, Energy Build. 40, 801-809, 2008.
- [5] Dall'O, G. e Sarto, L., *Potential and limits to improve energy efficiency in space heating in existing school buildings in northern Italy*, Energy Build. 67, 298-308, 2013.
- [6] Ascione, F.; Bianco, N.; De Masi, R.F.; Mauro, G.M.; Vanoli, G.P., *Energy retrofit of educational buildings: Transient energy simulations, model calibration and multi-objective optimization towards nearly zero-energy performance*, Energy Build. 144, 303-319, 2017.
- [7] MIUR. Dalla presentazione dell'Anagrafe edilizia scolastica del 7 Agosto 2015 <<http://www.istruzione.it/ediliziascolastica/anagrafe.shtml>> (ultima consultazione in data 12.04.2017).
- [8] PREPAC. Linee guida alla presentazione dei progetti per il Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (D.M. 16 Settembre 2016). Maggio 2017.
- [9] MISE. <<http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/energia/efficienza-energetica/pubblica-amministrazione>> (ultima consultazione in data 14.08.2017).
- [10] Marrone, P.; Gori, P.; Evangelisti, L.; Calcagnini, L.; Grazieschi, G., *Energy benchmarking in educational buildings through cluster analysis of energy retrofitting*, Applied energy (articolo in review).
- [11] Asdrubali, F.; Calcagnini, L.; Evangelisti, L.; Guattari, M.C.; Marrone, P., *Effectiveness of materials, technologies and renewable energy in educational buildings through cluster analysis of energy retrofitting*, in Proceedings of IV International Conference Med Green Forum

- 2017 (in stampa).
- [12] <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/normativa/all_decreto_interministeriale_19_giugno_2017_panzeb.pdf> (ultima consultazione in data 10.09.2017).
- [13] Lanzoni, D. "Il quadro normativo nel settore della termografia" in neo-Eubios n.36, Giugno 2011.
- [14] CAM. Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione. Adottati con Decreto Ministeriale 11 gennaio 2017 (G.U. Serie Generale n. 23 del 28 gennaio 2017) e Criteri ambientali minimi serramenti esterni. Adottati con DM 25 luglio 2011 (G.U. n. 220 del 21 settembre 2011)
- [15] <http://dgsaie.mise.gov.it/sen/Strategia_Energetica_Nazionale_2017_-_documento_di_consultazione.pdf> (ultima consultazione il 10.09.2017)
- [16] <<http://www.minambiente.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>> (ultima consultazione il 10.09.2017).

3 Ottimizzazione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili a basso impatto ambientale

Antonino Laudani, Gabriele Maria Lozito, Francesco Riganti Fulginei, Alessandro Salvini²⁸

3.1 *Abstract*

In questo capitolo si presenta l'estratto di una serie di studi sulla ottimizzazione della produzione di energia da sorgente fotovoltaica. Il lavoro descrive l'implementazione di modelli circuitali relativi ai sistemi di generazione fotovoltaica in ambienti di calcolo. Sono state studiate e implementate alcune varianti del modello per la riduzione della complessità computazionale relativa al processo di identificazione, ed è stato analizzato il problema dell'inseguimento del punto di massima potenza. È stata poi identificata, tra diverse opzioni, una piattaforma di prototipazione per la implementazione in ambiente integrato di algoritmi di controllo. L'algoritmo, basato su reti neurali, è stato valutato in termini di prestazioni, occupazione di memoria e precisione su dati sperimentali.

3.2 *Estrazione della massima potenza da un Dispositivo Fotovoltaico*

L'utilizzo di sistemi fotovoltaici (PV) per la produzione centralizzata o distribuita di energia elettrica richiedono un sistema di controllo che permetta una estrazione efficiente della potenza elettrica generata dai pannelli stessi. Questo a causa della natura non-lineare intrinseca nella

²⁸ Università Degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Ingegneria, ESTLab, Via Vito Volterra 62b - 00146 - Roma.

relazione corrente-tensione (I/V) del pannello. Il punto di massima potenza (MPP) di questa curva (V_{MPP} I_{MPP}) si trova nei pressi del “ginocchio” della curva. Una tensione di lavoro diversa da V_{MPP} causa una riduzione della potenza utile estraibili dal pannello. Per questa ragione, i sistemi di controllo mirano a mantenere il dispositivo in un punto di lavoro il più vicino possibile al punto di massima potenza. Per effettuare questa operazione, i sistemi di controllo agiscono sulla modulazione dello stadio DC/DC che è normalmente posto in cascata rispetto al dispositivo fotovoltaico. Agendo sul Duty-Cycle del convertitore DC/DC è possibile variare la sua resistenza di ingresso, ottenendo quindi un accoppiamento di impedenza ottimale. Il calcolo delle quantità (V_{MPP} I_{MPP}) non è un processo semplice. La caratteristica I/V di un particolare pannello dipende sia dai suoi parametri costruttivi, sia dalle condizioni ambientali di temperatura (T) ed irradianza (G), come mostrato in Fig. 1. La relazione tra la caratteristica I/V di un pannello e i suoi parametri costruttivi è un problema aperto in letteratura, ed esistono numerosi modelli e tecniche di identificazione.

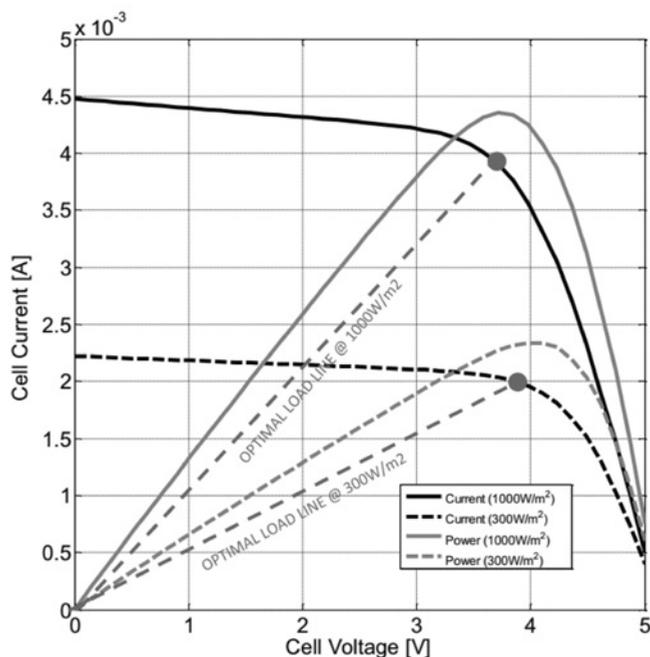


Fig. 1 – Caratteristica corrente-tensione e potenza-tensione in due differenti condizioni ambientali

In condizioni operative, un pannello fotovoltaico è esposto a condizioni ambientali (G, T) variabili nel tempo. Ciò significa che il processo di controllo del Duty-Cycle del convertitore DC-DC deve essere reiterato periodicamente, essendo il punto di controllo ottimale variabile con le condizioni ambientali. Un algoritmo che pilota lo stadio di adattamento di tensione del pannello PV al fine di estrarne la massima potenza è detto Maximum Power Point Tracking (MPPT) Algorithm. Comunemente in ambito industriale gli algoritmi di MPPT sono di natura iterativa, ovvero procedono a modificare il punto di lavoro del dispositivo PV nella direzione di una potenza crescente fino ad ottenere la potenza massima. Il vantaggio principale degli algoritmi iterativi consiste nel non necessitare di conoscenze a priori delle condizioni ambientali. Lo svantaggio principale consiste invece in una bassa convergenza dell'algoritmo in caso di condizioni ambientali variabili. Un approccio molto più avanzato [1, 2] consiste nell'effettuare un controllo tramite rete neurale (NN). Il metodo consiste nell'usare una rete addestrata su un insieme di curve generate matematicamente da un modello circuitale del pannello stesso. Da questo insieme di curve, la rete impara a predire il punto di MPP a partire dalle condizioni di temperatura (T), di tensione (V) e di corrente (I). La soluzione tramite rete neurale ha una convergenza estremamente robusta in condizioni ambientali variabili, e soprattutto, non essendo un algoritmo iterativo, permette la risoluzione del problema di tracking con tempi computazionali definiti a priori. Va sottolineato che le grandezze relative al punto di lavoro e alla temperatura sono estremamente caratterizzanti per un dispositivo fotovoltaico. È infatti possibile, a partire da queste grandezze, stimare l'irradianza solare che illumina il pannello, sia tramite reti neurali, sia tramite un espressioni analitiche [3, 4].

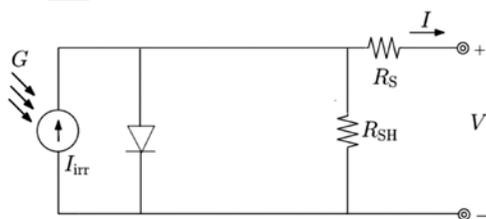


Fig. 2 – Modello "One-Diode" per dispositivi PV

3.3 Modello One-Diode per dispositivi PV

Il componente fondamentale di un dispositivo PV è la cella PV. Uno dei modelli più comunemente usati per la rappresentazione di una cella PV è il modello "One-Diode", rappresentato in Fig. 2. Questo modello può rappresentare un dispositivo fotovoltaico composto da una singola cella, o da una combinazione di più celle in serie e/o parallelo. Gli elementi circuitali costitutivi di questo modello sono il generatore di tensione di valore I_{irr} , il diodo con corrente di saturazione inversa I_0 e fattore di idealità n , la resistenza in parallelo R_{SH} e la resistenza serie R_S . La caratteristica corrente-tensione del circuito in figura è la seguente.

$$I = I_{irr} - I_0 \left[\exp\left(\frac{q(V + IR_S)}{nkT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_S}{R_{SH}} \quad (1)$$

Nell'Eq. 1 appaiono i cinque parametri fondamentali che definiscono il modello $\{I_{irr}, I_0, n, R_S, R_{SH}\}$. Questi parametri possono essere espressi come funzione delle variabili ambientali (G, T) e del loro valore di riferimento a delle condizioni standard (SRC, Standard Reference Conditions, $G_{ref} = 1000\text{W/m}^2, T_{ref} = 25\text{C}$) tramite il seguente insieme di equazioni.

$$\left\{ \begin{array}{l} n = n_{ref} \\ R_S = R_{S,ref} \\ I_{irr} = \frac{G}{G_{ref}} [I_{irr,ref} + \alpha_T (T - T_{ref})] \\ I_0 = I_{0,ref} \left[\frac{T}{T_{ref}} \right]^3 \exp \left[\frac{E_{g,ref}}{kT_{ref}} - \frac{E_g}{kT} \right] \\ E_g = 1.17 - 4.73 \times 10^{-4} \times \frac{T^2}{T + 636} \\ R_{SH} = \left(\frac{G_{ref}}{G} \right) R_{SH,ref} \end{array} \right. \quad (2)$$

L'identificazione di questo modello è attualmente un problema aperto in letteratura. Un possibile approccio consiste nel risolvere un

problema ai minimi quadrati (LSQ) che minimizzi l'errore che commette il modello rispetto a delle curve sperimentali. Un altro approccio consiste nel concentrarsi in alcune condizioni di lavoro (circuito aperto, OC, corto circuito, SC e massima potenza, MP) per le quali il produttore del pannello fornisce dei valori nel datasheet del dispositivo. Il problema così posto è non-lineare, multimodale e soggetto a convergenza su soluzioni prive di significato fisico. Un recente approccio consiste nel creare delle equazioni di vincolo a partire dalle condizioni di OC, SC ed MP per creare delle relazioni esplicite tra i parametri [5, 6, 7]. È infatti stato dimostrato che è possibile esprimere tre dei cinque parametri in funzione dei rimanenti due. Questo permette di ridurre notevolmente la dimensionalità del sistema, trasformandolo da un problema di identificazione a cinque variabili ad un problema di identificazione a due variabili.

3.4 MPPT tramite Reti Neurali su dispositivi ARM

L'implementazione di un algoritmo di MPPT su dispositivi integrati (microcontrollori, FPGA) è di fondamentale importanza per quantificare l'effettiva fattibilità pratica dell'approccio. Infatti, molti algoritmi proposti in letteratura sebbene siano teoricamente efficienti, dal punto di vista computazionale non presentano prestazioni sufficienti per una loro implementazione su dispositivi commerciali. La famiglia di microcontrollori TIVA Cortex M4-F sviluppata dalla Texas Instruments sono rappresentativi di un dispositivo embedded *general purpose* ad alte prestazioni che può essere trovato in numerosi sistemi di controllo avanzati per impianti fotovoltaici. Per questo motivo, questo dispositivo è stato scelto come banco di prova per lo sviluppo e il test dell'algoritmo di MPPT tramite rete neurale. Il primo passo necessario per implementare un algoritmo di controllo tramite rete neurale è l'individuazione della architettura da usare per la rete neurale stessa. Per problemi di tipo statico (i.e. non rappresentati da equazioni di stato, ma semplicemente caratterizzati da ingresso e uscita) è normalmente consigliabile usare reti neurali con architetture semplici quali le Multi-Layer Perceptron (MLP). Una rete con architettura MLP non presenta i neuroni organizzati in strati successivi,

non ci sono connessioni tra i neuroni dello stesso strato ed ogni neurone è connesso a tutti i neuroni dello strato successivo, senza possibili salti. Sebbene una rete neurale a singolo strato nascosto sia stata dimostrata essere un interpolatore universale, spesso per ottenere una interpolazione adeguata è necessario creare reti neurali di dimensioni elevate (con rischi di perdita di capacità di generalizzazione). Architetture alternative come la Fully Connected Cascade (FCC) permettono la soluzione a problemi di interpolazione con un numero minore di neuroni rispetto alle MLP. Una FCC è composta da una sequenza di strati nascosti a singolo neurone, ed ogni neurone e l'uscita di ogni neurone è propagata all'ingresso di tutti i neuroni successivi. Lo scopo perseguito dalla rete è la predizione del punto di massima potenza V_{MPP} per ogni possibile condizione ambientale (G, T) . In linea teorica, un set di dati per l'addestramento ideale avrebbe come ingressi i valori di (G, T) e come uscite i valori ottimali V_{MPP} . Questo perché per ogni valore di (G, T) esiste una caratteristica unica I/V , che presenta uno specifico punto V_{MPP} . Questo approccio è corretto, ma in fase di implementazione pratica, la rete necessiterebbe di una misura di irradianza G . Fornire questa misura al sistema di controllo MPPT richiederebbe una strumentazione costosa e di difficile calibrazione. Una soluzione alternativa consiste nel fornire alla rete neurale come ingresso il punto di lavoro corrente del dispositivo PV, e la sua temperatura. Tramite questo approccio la rete neurale è in grado di prevedere il punto di massima potenza. La rete, quindi, presenta tre ingressi, come mostrato in Fig. 3, la tensione del pannello V , la corrente del pannello I , e la temperatura del pannello T . Per garantire una precisione elevata del sistema di controllo, tutte le grandezze sono elaborate con precisione *floating point* a 32 bit. Il microcontrollore usato per i test, un LM4FI20H5QR della Texas Instruments è costruito intorno a un microprocessore ARM con alte prestazioni sull'aritmetica dei numeri interi. Tuttavia, per ottenere prestazioni accettabili su aritmetica *floating point*, è necessario ricorrere alla FPU (Floating Point Unit) inclusa nel microcontrollore. I costi computazionali di una rete neurale possono essere divisi in due contributi. Il primo è lineare, ed è relativo alla somma pesata degli ingressi di ciascun neurone. Questo contributo è gestito in maniera rapida ed efficiente dal blocco MAC (Multiply And Accumulate)

della FPU. Il secondo è non lineare, ed è legato alla funzione di attivazione. Questo secondo contributo è preponderante rispetto al primo, e per questo motivo, è necessario operare delle approssimazioni numeriche della funzione di attivazione.

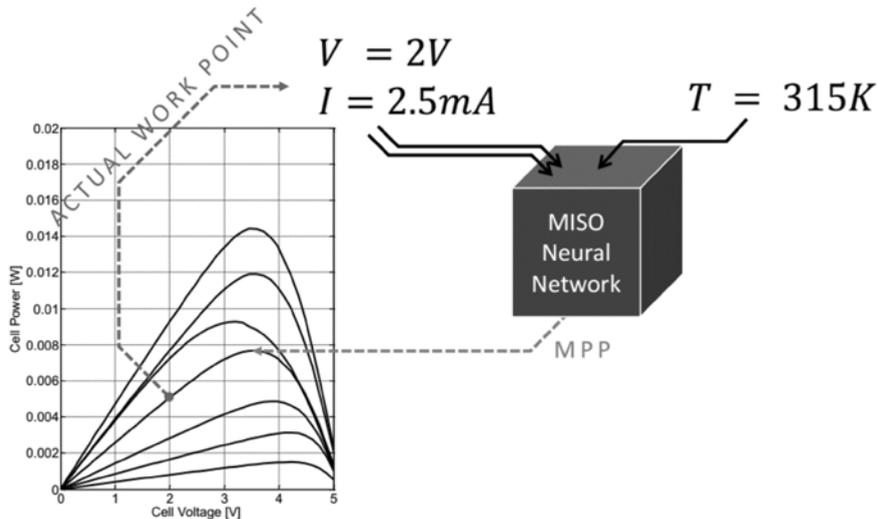


Fig.3–Controllo MPPT tramite rete neurale MISO (Multiple-Input-Single-Output) a tre ingressi (V,I,T)

Nel caso in esame, la funzione di attivazione è la tangente iperbolica. Sono stati considerati tre tipi di modalità di calcolo:

- **Full Precision:** la funzione di attivazione è calcolata esplicitamente, portando al risultato più preciso, ma con tempi di calcolo maggiori
- **Polynomial Interpolation:** Sfruttando i moltiplicatori hardware presenti nella FPU, la funzione di attivazione può essere approssimata tramite un insieme di polinomi. La soluzione è più rapida della Full Precision, ma meno accurata
- **LookUp Table:** Una versione campionata della funzione di attivazione è caricata all'interno della memoria del microcontrollore. È la soluzione più rapida e meno precisa.

Il sistema è stato quindi implementato sul microcontrollore avendo cura di predisporre l'acquisizione analogica di tensione e corrente

e l'acquisizione digitale della temperatura tramite il sensore DS18B20 collegato al microcontrollore tramite protocollo 1-Wire. Lo schema implementato è rappresentato in Figura 4.

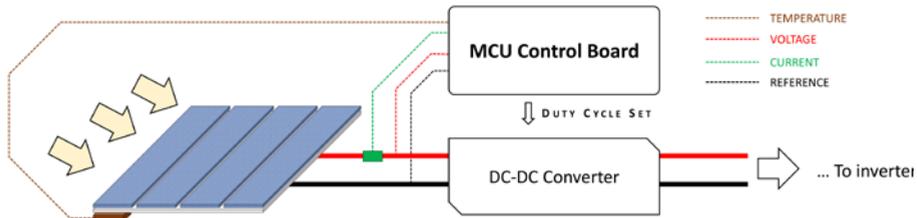


Fig. 4 - Sistema fotovoltaico (Pannello e DC-DC) controllato tramite rete neurale su microcontrollore. Le linee tratteggiate rappresentano i collegamenti per le misure di tensione, corrente e temperatura

3.5 Risultati

Seguono delle tabelle rappresentative dei risultati ottenuti in termini di cicli di clock, memoria occupata e precisione di calcolo usando le differenti architetture per la rete neurale e i diversi metodi di approssimazione per la funzione di attivazione.

3.6 Conclusioni

Il presente lavoro ha analizzato la problematica della estrazione della massima potenza da un dispositivo fotovoltaico al fine di ottimizzare la produzione di energia da una sorgente a basso impatto ambientale. Nel contesto di questa ricerca è stato studiato un modello estremamente versatile per la rappresentazione circuitale di un dispositivo fotovoltaico, le tecniche di identificazione del suddetto modello, e una metodologia per la riduzione della complessità computazionale relativa ad esso. Sulla base di questo modello circuitale, sfruttando lo strumento delle reti neurali, è stato realizzato un sistema ad alte prestazioni per l'inseguimento del punto di massima potenza in condizioni ambientali variabili. Il sistema

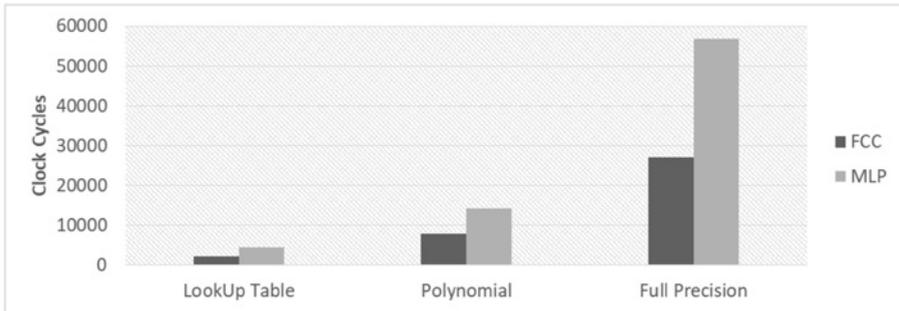


Fig. 5 – Cicli di clock necessari per il calcolo di un campione di rete neurale su architettura FCC ed MLP con diverse tecniche di approssimazione

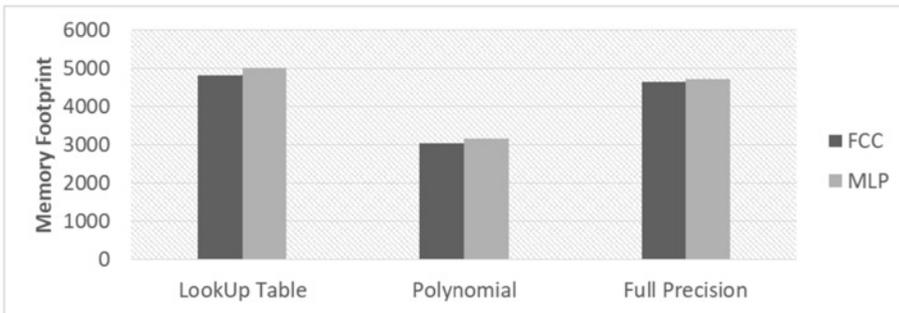


Fig. 6 – Memoria occupata sul microcontrollore dalla rete neurale su architettura FCC ed MLP con diverse tecniche di approssimazione

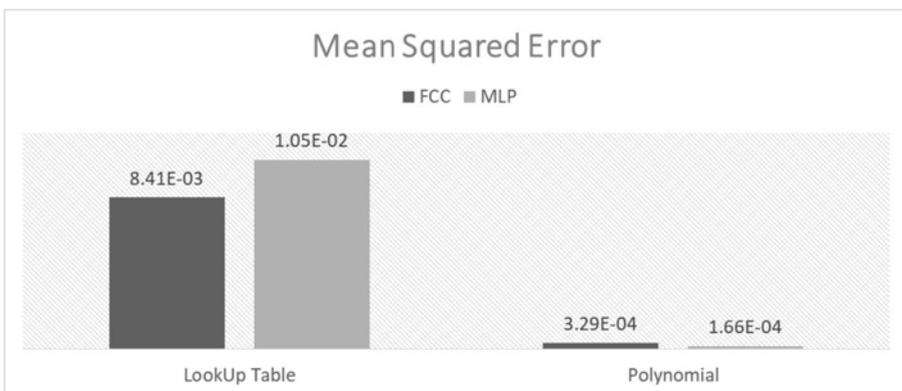


Fig. 7 – Riduzione di precisione introdotta dalle approssimazioni Polynomial e LookUp Table

proposto è stato teorizzato, implementato in ambiente Matlab/C, e successivamente sviluppato su una piattaforma a microcontrollore per applicazioni general purpose. Lo studio ha concluso la fattibilità della soluzione proposta, e la flessibilità ottenibile in termini di precisione, prestazioni ed occupazione di memoria. Questo ultimo aspetto è di fondamentale importanza per una applicazione embedded, per assicurare la possibilità di implementare il sistema proposto su piattaforme di tipo commerciale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Laudani, A., Riganti Fulginei, F., Salvini, A., Lozito, G. M., & Mancilla-David, F. (2014, June). Implementation of a neural MPPT algorithm on a low-cost 8-bit microcontroller. In *Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2014 International Symposium on* (pp. 977-981).
- [2] Lozito, G. M., Bozzoli, L., & Salvini, A. (2014, September). Microcontroller based maximum power point tracking through FCC and MLP neural networks. In *Education and Research Conference (EDERC), 2014 6th European Embedded Design in* (pp. 207-211). IEEE.
- [3] Oliveri, A., Cassottana, L., Laudani, A., Riganti Fulginei, F., Lozito, G. M., Salvini, A., & Storace, M. (2017). Two FPGA-Oriented High-Speed Irradiance Virtual Sensors for Photovoltaic Plants. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(1), 157-165.
- [4] Carrasco, M., Laudani, A., Lozito, G. M., Mancilla-David, F., Riganti Fulginei, F., & Salvini, A. (2017). Low-Cost Solar Irradiance Sensing for PV Systems. *Energies*, 10(7), 998.
- [5] Laudani, A., Riganti Fulginei, F., & Salvini, A. (2014). Identification of the one-diode model for photovoltaic modules from datasheet values. *Solar Energy*, 108, 432-446.
- [6] Laudani, A., Riganti Fulginei, F., Salvini, A., Lozito, G. M., & Coco, S. (2014). Very fast and accurate procedure for the characterization of photovoltaic panels from datasheet information. *International Journal of Photoenergy*, 2014.

- [7] Laudani, A., Riganti Fulginei, F., & Salvini, A. (2014). High performing extraction procedure for the one-diode model of a photovoltaic panel from experimental I-V curves by using reduced forms. *Solar Energy*, 103, 316-326.

4 GIS per il rischio climatico e l'efficienza energetica

Daniela De Ioris, Simone Ombuen²⁹

4.1 *Abstract*

La ricerca analizza le relazioni sottese tra la componente energia e la pianificazione urbana e territoriale, con una particolare attenzione a quella integrata con i temi della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici, nonché quella relativa all'efficientamento del patrimonio (abitativo, produttivo e infrastrutturale) esistente.

4.2 *Per una pianificazione e programmazione del territorio in chiave eco-energetica e climatica*

La disciplina energetica, (se e) quando considerata in letteratura così come nelle strategie urbane, è sovente vista in modo settoriale e/o alla scala del singolo edificio, piuttosto che a quella territoriale, dove invece esprime maggiormente le sue potenzialità (tra cui efficienza e miglioramento della produttività e competitività locale).

L'obiettivo generale della ricerca è far sì che l'energia possa assumere entro i processi ordinari di pianificazione e programmazione una veste trasversale (sia a livello territoriale che urbano), divenendo elemento caratterizzante nelle scelte di piano e occasione per migliorare sia l'efficienza del sistema urbano (i.e. patrimonio insediativo, produttivo e infrastrutturale esistente) che la sua resilienza, soprattutto in caso di shock climatici capaci di minarne stabilità e produttività.

²⁹ Dipartimento di Architettura, Roma Tre.

In funzione di ciò, si fornisce un quadro di riferimento per la pianificazione e la programmazione climatica a medio-lungo termine, assumendo come metodologia di ricerca lo studio di caso, nonché la sperimentazione empirica di metodologie replicabili per la caratterizzazione eco-energetica del territorio. Quest'ultime acquistano un ruolo importante entro i quadri conoscitivi, soprattutto nel caso della redazione dei PAES 2.0 (piani in cui si debbono mettere a sistema strategie di mitigazione con quelle di adattamento), così come nei processi di riqualificazione energetica e ambientale di contesti antropizzati oggetto di riqualificazione morfologico-funzionale.

Il lavoro di ricerca, a tal proposito, si è focalizzato su:

- la collezione di strategie e azioni per la resilienza urbana;
- l'individuazione di una famiglia di elementi (strategie, approcci, azioni e interventi) da applicarsi alla pianificazione urbanistico-territoriale ed energetica per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico;
- la definizione e l'uso di metodiche valutative per la redazione di Piani per l'energia sostenibile (PAES) della Provincia di Roma (adottati o in corso di attuazione) integrati con i temi dell'adattamento, al fine di individuare strategie, scenari, azioni e interventi capaci di far collimare l'esigenza della mitigazione a quella dell'adattamento urbano ai cambiamenti climatici;
- la costruzione (e gestione) di basi dati per la definizione di bilanci energetico-ambientali, elementi conoscitivi utili da impiegarsi sia per la riconversione delle aree produttive in APEA (Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate) e per il miglioramento delle relative prestazioni (gestione efficace dei cicli produttivi e del *loop* domanda-offerta reale e potenziale di energia), che per la progettazione e la riqualificazione territoriale, in chiave energetica e ambientale, di contesti urbani limitrofi, secondo il sistema della domanda e dell'offerta locale di energia, con sperimentazione diretta entro il contesto dell'ASI Rieti-Cittaducale,
- le dinamiche e le strategie territoriali per il metabolismo urbano e il miglioramento della vulnerabilità locale, interfacciate a processi (tecnologici o meno) di simbiosi industriale e all'applicazione di tecnologie e *governance* per l'energia e l'efficienza territoriale.

4.3 Resilienza, efficienza e riqualificazione: i risultati della ricerca

I risultati a cui si è giunti sono differenti, a cominciare dalle considerazioni riguardanti la resilienza urbana e i relativi elementi utili per una significativa riqualificazione dei contesti urbanizzati.

Integrando la pianificazione urbanistica con l'ingegneria idraulica, infatti, si può amplificare la risposta agli shock climatici di un sistema urbano complesso. A partire dalla metodologia della "Carta della vulnerabilità climatica di Roma" [4], la ricerca ha sperimentato (entro il quartiere periferico e informale di Labaro-Prima Porta, che nell'ultimo decennio è stato spesso vessato da eventi climatici intensi) come il ricorso ad interventi di natura *green, blue and grey* (ad es. tetti verdi, cisterne per la raccolta delle acque piovane, sistemi *Low Impact Development - LID*) può sia contribuire a mitigare gli impatti che a contenere gli shock climatici nel lungo termine (ad esempio riduzione del tempo di corrivazione delle acque). Da qui la presa di coscienza che la mappatura della vulnerabilità assume significato, ancor più se inserita sin dal quadro conoscitivo, perché diventa tramite per direzionare priorità e modalità di intervento nelle scelte di piano.

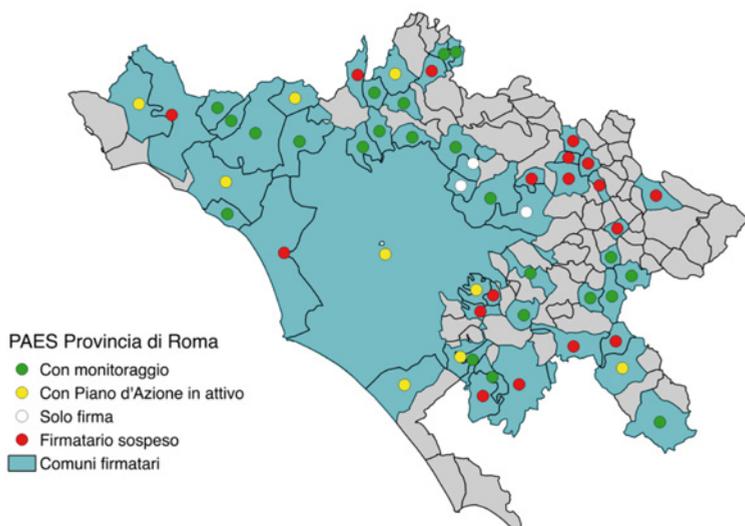


Fig. 1 – I PAES con coordinamento ad opera della Città metropolitana di Roma: visione di insieme

Dalla comparazione tra i PAES presentati per il Patto 2020 dalla Città di Roma Capitale [6] in qualità di coordinatore emergono alcune questioni di interesse.

In prima istanza, su 50 firmatari, a dicembre 2016 solo 31 di loro avevano un PAES accettato dal JRC ed appena 23 avevano comunicato i primi dati riguardanti il monitoraggio dei risultati. Sebbene tali dati siano piuttosto timidi, c'è da dire che tra i PAES in attivo, 30 di questi grazie al supporto della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile hanno BEI prossimi alla realtà, allineati e confrontabili tra loro (poiché tutti stimati col supporto del modello di calcolo ECORegion).

Si è altresì riscontrata entro i piani di azione una certa attenzione per precise famiglie di interventi, scarsamente strutturanti le scelte di programmazione e pianificazione del territorio.

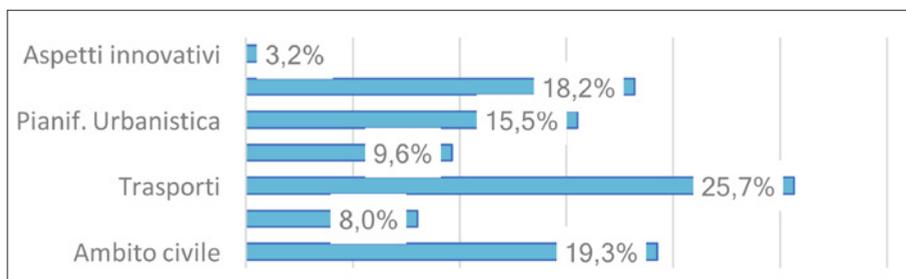


Fig. 2 – I PAES con coordinamento ad opera della Città metropolitana di Roma: ranking delle famiglie di azioni

A questo aspetto va ad aggiungersi un significativo “disallineamento” tra gli interventi previsti dal piano di azione e quelli inclusi entro la programmazione (al momento in fase di rendicontazione) POR-FESR 2007-2013 riguardanti l'efficienza energetica e l'impiego di energia da FER entro il settore pubblico. A dicembre 2016, erano 87 i Comuni finanziati dalla programmazione POR-FESR, ma soltanto 12 si erano dotati di PAES, un numero davvero esiguo, ancor più severo se si guarda all'integrazione tra gli strumenti di programmazione/pianificazione vigenti e le azioni dei piani di azione: sono soltanto 3 i PAES che integrano totalmente interventi di efficientamento del patrimonio pubblico.

Si evincono, quindi, profonde discrepanze sia per ciò che concerne il

raggiungimento del target di riduzione di CO₂ stimato in sede di piano, che di collimazione tra le azioni del PAES e i bandi di efficientamento. Da qui la necessità di “ripensare” il processo di redazione dei PAES (passando, ad esempio, in rassegna tutte le strategie pianificatorie in essere all’atto della sottoscrizione e successiva redazione del piano, nonché affiancando alla definizione del BEI una fase di *survey* con la caratterizzazione del territorio).

Di pari passo, la ricerca si è adoperata per l’individuazione di una metodologia per la caratterizzazione eco-energetica del territorio, ovvero di uno strumento (metodologico) operativo per ripensare l’efficienza del patrimonio (infrastrutturale, produttivo e insediativo) del territorio ma anche tramite per individuare inefficienze e comportamenti “insostenibili” degli utenti.

Il lavoro di ricerca ha considerato la caratterizzazione come elemento propedeutico per programmare priorità e gradi di cogenza di azioni e interventi, in quanto capace di considerare simultaneamente la componente energia (i.e. valutazione dei caratteri e delle componenti del territorio significativi dal punto di vista energetico) e di gestire i relativi dati attraverso un GIS.

La metodologia in questione è stata sperimentata entro il consorzio industriale ASI Rieti-Cittaducale (contesto di prossima trasformazione in APEA, secondo quanto proposto dalle Linee Guida BUR [1]), allo scopo di evidenziare le suscettività presenti per la produzione di energia da FER e i caratteri della domanda energetica attiva nel territorio reatino.

Si è trattato dapprima di costruire (e gestire) basi dati per bilanci consumi/produzioni a valenza energetico-ambientale, al fine di individuare (mappando sin dai quadri conoscitivi) inefficienze e potenzialità energetiche locali; poi dall’intersezione fra i differenti strati, sono stati individuati coerenze, priorità di intervento, gradi di miglioramento delle prestazioni territoriali, opzioni per l’allineamento tra scelte territoriali e gli obiettivi strategici EU (i.e. EU 2020, *low carbon economy*, *EU Energy Roadmap 2050* [2] per la decarbonizzazione), nonché requisiti di sostenibilità energetica secondo cui innescare interventi di trasformazione urbanistica dei contesti urbani limitrofi, facendo proprie le risultanze connesse alla sperimentazione di processi di simbiosi energetica e simbiosi industriale.

4.4 Prodotti di ricerca e considerazioni conclusive

I principali prodotti della ricerca sono: un GIS con dati connessi alla mitigazione e all'adattamento climatico e linee guida adatte per la definizione di *tools* per la caratterizzazione/programmazione eco-energetica del territorio.

Il GIS è stato sperimentato per l'ambito urbano di Labaro-Prima Porta, contesto urbanizzato della periferia nord di Roma, prescelto come *best practice* in quanto spesso vessato da fenomeni di allagamento, connessi a criticità intrinseche (di natura idraulica) e estrinseche (modalità informali di organizzazione e di usi del suolo). In particolare, il database geografico è stato in gran parte rilasciato (nel dicembre 2016) su piattaforma *open source* *OpenStreetMap* (OSM) [5], allo scopo di valorizzare le potenzialità delle banche dati (geografiche e non) aperte aggiornate per pianificare l'evento

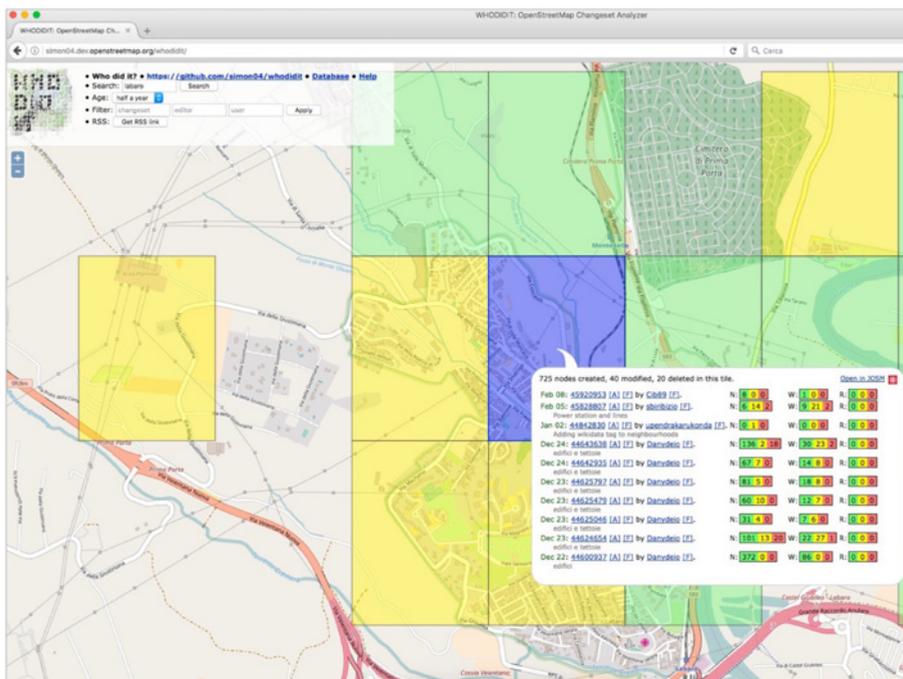


Fig. 3 – Analisi delle modifiche su OSM: in verde statistiche relative alla creazione di nuovi nodi, in giallo modifiche “considerevoli” a nodi e/o tags, in rosso cancellazioni di entità dal DB (Fonte: WHODIDIT, 2017)

avverso prima che questo avvenga, innescare meccanismi di *geomarketing*, migliorare la resilienza (sociale e eco-energetica) e costruire il consenso attraverso il coinvolgimento (pro)attivo dei *city-users* (basti pensare che a seguito del rilascio dei dati su OSM, più utenti hanno aggiornato il database).

Per quanto concerne la caratterizzazione/programmazione eco-energetica del territorio, la ricerca ha definito metodologie (speditive) strutturanti il territorio e linee guida da applicarsi a *tools e/o software* proprietari, per monitorare il rendimento energetico del patrimonio esistente, individuare margini di miglioramento e delineare un sistema di energia distribuita nel territorio.

Classificare il territorio in chiave *energy driver* infatti può significare sia l'avvicinamento al concetto di bilancio consumi/produzioni prossimo alla realtà territoriale, che la garanzia della capacità di carico del sistema città e dell'uso efficiente delle risorse. Per queste motivazioni, la caratterizzazione sarà di utilità per la redazione dei PAES 2.0, in quanto valido alleato nella gestione della stima dei BEI, nonché facilitatore del processo di identificazione di azioni innovative per l'efficienza locale, di consapevolezza degli *stakeholders* e di integrazione tra gli strumenti di pianificazione e programmazione vigenti.

Secondo i risultati illustrati finora si possono delineare alcune considerazioni.

La ricerca si è avvalsa di un modello *multipurpose* ed ha inteso delineare metodologie speditive e la costruzione di un GIS (con DB geografico) per la caratterizzazione eco-energetica del territorio, di utilità in termini di

- supporto per la redazione PAES 2.0 a enti locali;
- supporto per la redazione di Contratti Territoriali di prestazione energetica;
- consulenza a PMI e imprese altamente energivore per costruzione (e/o identificazione di margini di miglioramento) di un processo di simbiosi energetica;
- identificazione (reale e/o potenziale) di *energy community*.

Ciononostante, il processo di allineamento tra *EU Energy Roadmap 2050* e la definizione di strumenti per il governo del territorio sensibili

alle tematiche della mitigazione/adattamento talvolta risulta difficoltoso e potrebbe inficiare sul buon esito degli output di ricerca. Nel caso della Regione Lazio, ad esempio, il “ritardo” del suddetto allineamento ha innescato considerevoli criticità (frammentazione delle politiche, dei fondi e degli interventi, scarso coinvolgimento e formazione dei soggetti, ...), contribuendo tra l'altro a rallentare la sinergia tra lo sviluppo economico-industriale, la competitività locale e l'ambiente naturale, auspicata in sede di *Smart Specialisation Strategy* (s3) [7].

BIBLIOGRAFIA

- [1] BUR Regione Lazio 28/07/2015 n.60, *Approvazione Linee Guida APEA (Aree Ecologicamente Attrezzate)*.
- [2] Commissione Europea COM (2011), *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni Tabella di marcia per l'energia 2050*, SEC (2011) 1565 definitivo.
- [3] De Ioris D (2014), *La pianificazione energetica urbana per la trasformazione della città. Elementi per il percorso di avvicinamento “Energia - Pianificazione del Territorio”*, Edizioni Accademiche Italiane - EAI, Saarbrücken, Deutschland.
- [4] Filpa, A. & Ombuen, S. (2014) “La carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0”, in Filpa A. & Ombuen S. (a cura di), *iQuaderni di UrbanisticaTre*, 5: 2.
- [5] OpenStreetMap - <https://www.openstreetmap.org>.
- [6] Patto dei Sindaci, sezione Coordinatori del Patto - http://www.pattodeisindaci.eu/about/covenant-coordinators_it.html?structure_id=24&signatories.
- [7] Regione Lazio (2014), *Smart Specialisation Strategy* (s3).

5 Sviluppo di un modello GTAP economico-energetico per la valutazione di politiche di sostegno delle nuove tecnologie pulite in campo energetico

Valeria Costantini³⁰, Elena Paglialunga, Giorgia Sforna³¹

5.1 *Abstract*

Nell'ambito della lotta al cambiamento climatico, la necessità di adottare le politiche necessarie al raggiungimento di obiettivi energetici e climatici costituisce una delle maggiori sfide per gli attuali sistemi economici e determina l'esigenza di sviluppare strumenti che possano essere di sostegno per la valutazione ex ante degli impatti di tali politiche. In questo contesto, l'obiettivo del presente progetto di ricerca è stato quello di sviluppare un modello applicato CGE di tipo GTAP (GDynEP) che possa essere di supporto a studi di valutazione e monitoraggio dell'impatto economico delle politiche energetiche e climatiche con particolare riferimento all'Unione Europea. Il modello GDynEP sviluppato, integrando dati relativi alle fonti di energia rinnovabile, rappresenta sia un miglioramento metodologico rispetto alle precedenti versioni che contributo in termini di valutazione di policy.

5.2 *Introduzione*

Il raggiungimento degli obiettivi nell'ambito del Quadro per le politiche dell'energia e del clima al 2030 (EC, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d), costituisce una delle maggiori sfide per l'Unione Europea. In particolare,

³⁰ Dipartimento di Economia, Università degli Studi Roma Tre, GREDEG-CNRS, Nice, France.

³¹ Dipartimento di Economia, Università degli Studi Roma Tre.

la strategia energetica europea definisce tre principali obiettivi al 2030:

- i) Ridurre del 40% le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990;
- ii) Ottenere almeno il 27% del consumo energetico da fonti rinnovabili;
- iii) Aumentare del 27% l'efficienza energetica.

Di conseguenza, c'è la necessità da parte degli Stati membri di adottare le politiche necessarie al raggiungimento di tali obiettivi, come politiche di sostegno all'innovazione e alla diffusione delle nuove tecnologie pulite in campo energetico. Da qui nasce l'esigenza di sviluppare strumenti che possano essere di sostegno per la valutazione ex ante degli impatti che tali politiche possono avere sull'economia di un Paese.

Lo scopo di questo progetto di ricerca è quello di sviluppare uno strumento che risponda a questa esigenza. In particolare, il principale obiettivo finale di questo lavoro di ricerca è lo sviluppo di un modello economico-energetico, denominato GDynEP (GTAP Dynamic Energy Power), per studi di valutazione e monitoraggio dell'impatto economico delle politiche energetiche e climatiche.

Il modello GDynEP si configura come un'estensione del modello GTAP (Global Trade Analysis Project), appartenente alla famiglia dei modelli CGE (Computable General Equilibrium model). Tale tipologia di modelli si sviluppa a partire da dati economici, commerciali ed energetici combinati in una struttura di equilibrio economico generale multi-settoriale e multi-regionale. I rapporti commerciali e le diverse interazioni tra agenti e mercati sono quindi rappresentate, consentendo di analizzare i complessi impatti economici che le diverse politiche possono avere sull'intera economia e sulla sua struttura economica anche per effetto delle relazioni commerciali.

Nello specifico caso in analisi, data la natura delle politiche energetiche e climatiche, sono diversi gli aspetti da tenere in considerazione, e quindi le informazioni necessarie per fornirne un'adeguata rappresentazione anche quantitativa.

In primo luogo, dato che gli obiettivi vengono formulati con un orizzonte temporale di medio o lungo periodo, è necessario avere a disposizione un modello che tenga conto e consenta di analizzarne l'impatto nel tempo. A questo proposito, il modello GDynEP qui sviluppato incorpora le caratteristiche della versione dinamica (GDyn) del modello GTAP già esistente.

In secondo luogo, appare evidente come le informazioni relative alle caratteristiche del sistema energetico e le relative caratteristiche ambientali, ad esempio in termini di emissioni di gas ad effetto serra, costituiscano un aspetto caratterizzante. La versione dinamica del modello è stata combinata in precedenti versioni (si veda ad esempio Markandya et al., 2015) con la versione statica contenente dati energetici relativi ai soli combustibili fossili (carbone, gas naturale, petrolio e altri prodotti petroliferi e l'elettricità prodotta a partire da queste fonti). Tuttavia tali modelli non contengono informazioni sulla produzione, consumo e scambi commerciali relativi alle fonti rinnovabili. Solo recentemente infatti la comunità GTAP ha rilasciato il nuovo database GTAP-Power (Peters, 2016) contenente dati più dettagliati sulle diverse fonti energetiche e includendo anche quelle non di origine fossile.

L'obiettivo principale di questo progetto è quindi quello di costruire un modello economico-energetico dinamico a partire da dati GTAP di ultima generazione che

- tenga conto delle informazioni relative alle fonti di energia rinnovabile, combinando le informazioni del nuovo database con quelle contenute nell'esistente versione dinamica;
- sia in grado di simulare politiche climatiche e energetiche, come quelle di finanziamento per incrementare l'efficienza energetica e l'uso delle rinnovabili.

L'intento è dunque quello di sviluppare il nuovo modello GDynEP attraverso l'unione tra le informazioni contenute nel database Power e le caratteristiche della precedente versione energetico-dinamica del modello. Il modello GDynEP si propone quindi essere utilizzato per analizzare e confrontare gli impatti e la convenienza di diverse politiche a livello nazionale, a seconda degli interessi di ricerca o delle necessità dei policy makers, con particolare focus sulle politiche energetico climatiche e per l'innovazione tecnologica.

5.3 Il modello GDynEP

Come precedentemente accennato, il nuovo modello GDynEP nasce come estensione del modello GTAP. In particolare, precedenti versioni di

questo modello sono:

- GTAP: modello CGE statico standard (Hertel, 1997);
- GTAP-E: modello CGE statico energetico (Burniaux and Truong, 2002; McDougall and Golub, 2007);
- GDyn: modello CGE dinamico (Lanchovichina and McDougal, 2000);
- GDynE: modello CGE dinamico energetico (Golub, 2013; Markandya *et al.*, 2015).

Il modello GTAP, nelle sue diverse versioni, è stato sviluppato negli anni e utilizzato da diversi istituti di ricerca, sia nazionali (FEEM, ENEA)³² che internazionali (BC3, EC, JRC)³³.

Il nuovo modello GDynEP sviluppato nell'ambito di questo progetto rappresenta un avanzamento rispetto alle precedenti versioni in quanto arricchisce l'ultima versione GDynE attraverso l'inclusione di informazioni relative alle fonti energetiche rinnovabili. In particolare, come evidenziato in Tabella I, per la prima volta si ha a disposizione un modello di tipo GTAP che sia contemporaneamente dinamico, energetico e che abbia un focus sulle fonti rinnovabili, caratteristiche indispensabili per poter esaminare le attuali politiche climatiche ed energetiche.

Tab. I. – Versioni del modello GTAP

Modello	Statico	Dinamico	Energetico	Rinnovabili
GTAP	✓			
GTAP-E	✓		✓	
GDyn		✓		
GDynE		✓	✓	
GDynEP		✓	✓	✓

La costruzione del modello GDynEP ha richiesto lo svolgimento di tre fasi distinte:

- i) Analisi della banca dati GTAP-Power di nuova generazione e verifica della coerenza con dati economici ed energetici diffusi da altre fonti;

³² FEEM: Fondazione Eni Enrico Mattei; ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

³³ BC3: Basque Centre for Climate Change; EC: European Commission; JRC: Joint Research Centre.

- ii) Sviluppo della nuova versione del modello attraverso la combinazione tra la versione dinamica e i dati Power;
- iii) Messa a punto del Tablo di programmazione.

Circa il primo punto, il database GTAP-Power fornisce dati aggiornati al 2011. È caratterizzato da una dettagliata disaggregazione del settore elettrico, attraverso la distinzione tra diverse fonti, comprese per la prima volta quelle rinnovabili, e l'introduzione del settore di distribuzione e trasmissione relativo al settore elettrico. In particolare, il database scompone l'elettricità distinguendo tra elettricità derivante da fonti fossili e non, oltre a una distinzione tra energia *base load* e *peak load*. Le fonti energetiche considerate sono carbone, gas naturale, petrolio, energia idroelettrica, eolica, solare e nucleare. È infine incluso un ultimo aggregato definito "*Other base load power sources*" che contiene biodiesel, biogas, geotermico, calore, rifiuti industriali, biocombustibili solidi, biocombustibili liquidi ed energia mareomotrice.

Per quanto riguarda il secondo punto, i dati del database Power precedentemente descritti sono stati combinati con le informazioni e la struttura del modello energetico dinamico GDynE. A tale scopo, il lavoro è stato prevalentemente volto all'integrazione di alcune componenti, in particolare di dati e parametri che costituiscono il modello, al fine di uniformarle ed ottenere una versione energetico-dinamica che contenesse informazioni più dettagliate sulle diverse fonti energetiche.

Infine, per quanto riguarda il Tablo di programmazione, questo è stato compilato e arricchito attraverso l'aggiunta di equazioni per l'inclusione di linee di comandi in grado di descrivere i meccanismi relativi agli interventi delle politiche per il sostegno all'efficienza energetica e all'uso delle rinnovabili. A questo proposito, la modalità individuata e inserita nel modello per la promozione e finanziamento degli investimenti legati alle politiche energetiche e climatiche, consiste nel destinare parte degli *revenues* derivanti dall'applicazione un prezzo sulla quantità di gas inquinanti emessi (sia nella forma di una *carbon tax* che di un meccanismo che replica il funzionamento dell'attuale *Emission Trading Scheme* europeo) a investimenti in ricerca e sviluppo per aumentare l'efficienza energetica e la quota elettricità derivante da fonti rinnovabili. In questo modo è possibile

studiare e analizzare non solo gli impatti delle politiche energetiche, ma anche le loro interazioni con le politiche di mitigazione.

Una volta concluso il terzo step, il modello GDynEP è stato calibrato e testato, risultando funzionante e idoneo per l'analisi di politiche climatiche ed energetiche con un orizzonte temporale al 2050.

5.4 Un esempio di applicazione del modello GDynEP

Il modello GDynEP è un modello per Scenari alternativi. In particolare, si parte da uno scenario definito Business As Usual (BAU) che descrive la situazione che si avrebbe da oggi al 2050 se non venissero implementate nuove politiche in aggiunta a quelle già in vigore. Tale scenario rappresenta la baseline che sarà poi utilizzata come benchmark rispetto a cui gli scenari di Policy verranno confrontati. Questi ultimi sono invece il risultato delle simulazioni delle politiche, che si vogliono analizzare, e quindi variano al variare dell'oggetto di interesse. In questo caso ad esempio, sono prese in esame diverse formulazioni delle politiche europee energetiche e per il sostegno alle tecnologie green, con orizzonte temporale al 2030 e al 2050 e rappresentate per periodi quinquennali.

Una volta definiti gli scenari ed elaborate le simulazioni, il modello restituisce dei risultati numerici costituiti, per ogni scenario, da valori associati a ogni singola variabile in ogni sotto-periodo nell'intero arco temporale in analisi. In questo modo tali dati sono poi utilizzati e analizzati al fine di elaborare, e rappresentare anche in forma di grafici e tabelle, le considerazioni relative all'oggetto di analisi. In particolare, è possibile ricavare informazioni circa gli impatti di diverse politiche dal confronto tra i risultati dei vari scenari di Policy con lo scenario BAU.

Come precedentemente accennato, uno dei principali vantaggi derivante dall'utilizzo di questo tipo di strumento di valutazione è dato dalla possibilità di analizzare l'impatto delle politiche sull'intera struttura del Paese in termini economici (rispetto a PIL, prezzi e costi di abbattimento), ma anche in termini ambientali ed energetici, guardando ad esempio ai dati relativi alle emissioni di CO₂, al prezzo associato alle emissioni e alle quantità consumate, prodotte e scambiate di elettricità derivante sia da

fonti fossili che rinnovabili o al livello di efficienza energetica.

Questo tipo di modellazione consente perciò di affrontare e fornire delle valutazioni ex ante su temi di particolare interesse relativi ai meccanismi e alle questioni chiave relative alle scelte di politica energetica e climatica, sia nazionale che internazionale, cui sono soggetti tutti i Paesi impegnati nelle politiche energetiche, di abbattimento delle emissioni e relative al cambiamento climatico, con particolare riferimento all'Unione Europea.

Come esempio, nella prima applicazione del modello abbiamo quindi simulato l'attuazione delle politiche europee strettamente connesse al raggiungimento degli obiettivi energetici al 2030 e di più lungo periodo (2050). In questo caso, in aggiunta allo scenario BAU, abbiamo costruito diversi scenari di policy in grado rappresentare l'attuale politica europea e alcune possibili alternative legate alla promozione di attività di investimenti e ricerca in nuove tecnologie green. In particolare, sono stati inclusi i seguenti scenari di Policy:

- i) Carbon Tax: Scenario in cui l'UE abbatte le emissioni attraverso l'introduzione di un prezzo sul carbonio (Carbon Tax);
- ii) Policy Mix: scenario in cui le revenues derivanti dalla carbon tax sono utilizzate per finanziare investimenti a sostegno di efficienza energetica e rinnovabili.

Gli scenari del secondo tipo sono stati replicati in corrispondenza di diversi sentieri di abbattimento, caratterizzati da obiettivi più o meno stringenti in determinati orizzonti temporali, e simulando diverse combinazioni di policy mix, cioè diverse quote di risorse sottratte alle revenues della carbon tax e destinate a ricerca e sviluppo (dal 10% al 100%) e diverse allocazioni di tali risorse, variando la proporzione degli investimenti per efficienza energetica (EE) e fonti rinnovabili (RS).

In seguito all'elaborazione di tutti gli scenari alternativi (in totale 223 scenari), è stato possibile fare diverse considerazioni in merito al potenziale raggiungimento degli obiettivi energetici e climatici europei e ai relativi impatti in termini di PIL e benessere di ciascuna politica. A tal proposito, la Tabella 2 riporta i risultati in termini di impatto sul PIL associati ai diversi scenari di policy esaminati.

Tab. 2 – Variazione percentuale del PIL rispetto a BAU 2015-2050
(Cumulato, valore attuale netto - tasso di sconto al 4%)

Carbon Tax	EU2030					450PPM				
	10%CTR	20%CTR	30%CTR	40%CTR	50%CTR	10%CTR	20%CTR	30%CTR	40%CTR	50%CTR
			-2.63					-3.91		
100%RS	-2.45	-2.28	-2.12	-1.96	-1.81	-3.68	-3.46	-3.24	-3.04	-2.84
10%EE	-2.05	-1.52	-1.03	-0.59	-0.18	-3.10	-2.37	-1.68	-1.05	-0.47
20%EE	-1.67	-0.85	-0.15	0.46	0.99	-2.57	-1.41	-0.41	0.47	1.24
30%EE	-1.32	-0.27	0.58	1.29	1.87	-2.07	-0.56	0.67	1.67	2.52
40%EE	-0.99	0.24	1.19	1.95	2.56	-1.59	0.18	1.55	2.62	3.51
50%EE	-0.68	0.70	1.71	2.49	3.12	-1.14	0.84	2.29	3.41	4.29
60%EE	-0.39	1.10	2.16	2.95	3.58	-0.73	1.42	2.93	4.07	4.94
70%EE	-0.12	1.46	2.54	3.35	3.97	-0.34	1.95	3.49	4.61	5.48
80%EE	0.13	1.78	2.89	3.69	4.31	0.03	2.41	3.98	5.09	5.93
90%EE	0.37	2.08	3.19	3.99	4.60	0.37	2.83	4.41	5.50	6.34
100%EE	0.59	2.35	3.47	4.26	4.86	0.70	3.22	4.79	5.88	6.69

Fonte: Nostra elaborazione da risultati GDynEP.

Uno dei risultati di questa prima applicazione del modello mostra come, a parità di risorse destinate in innovazione green, ci siano maggiori vantaggi economici all'aumentare dell'allocazione di tali risorse verso obiettivi di efficienza energetica. Oltre a questi risultati in termini di PIL sono stati analizzati altri dati che potessero meglio descrivere la complessità del fenomeno in analisi. Infatti, dal confronto con altri altri indicatori, emerge come questa strategia possa comportare la diminuzione del prezzo dell'elettricità prodotta da combustibili fossili, con il rischio che un conseguente aumento della domanda di elettricità da fonti fossili e meno sostenibili possa compromettere il successo dell'intera politica energetica europea o, almeno, il non raggiungimento del terzo obiettivo di tale politica legato all'uso delle rinnovabili. Questo primo esempio dimostra come i diversi obiettivi sono caratterizzati da un elevato grado di dipendenza reciproca e la necessità di analizzare l'effettiva interazione delle politiche rafforza la necessità di strumenti per un'accurata analisi e monitoraggio.

5.5 Conclusioni

Il lavoro svolto nell'ambito del progetto di ricerca ha portato allo sviluppo del modello economico-energetico GDynEP. Tale risultato rappresenta un duplice contributo, in primo luogo di tipo modellistico, poiché il modello costituisce un'estensione e un ulteriore miglioramento dei modelli GTAP esistenti; d'altra parte si tratta di un contributo in termini di valutazione di policy. Il modello GDynEP, infatti, ben si presta quale strumento di valutazione e potrebbe svolgere un ruolo centrale nel supporto decisionale ai policy makers, soprattutto grazie alla sua versatilità in termini di politiche che possono essere rappresentate e analizzate.

Per quanto riguarda l'utilizzo del modello GDynEP, va notato che esso è legato all'acquisto di una licenza GTAP che garantisce l'accesso al software, al database iniziale e a una versione base del Tablo di programmazione.

Circa la sua diffusione, il modello si rivolge a diversi soggetti. In primo luogo, è indirizzato a policy makers (es. Ministeri) e grandi enti (es. ENEA) interessati alle potenzialità che il modello ha ai fini della valutazione ex-ante di politiche pubbliche. Inoltre, il modello è di potenziale interesse anche per imprese e operatori del settore energetico che potrebbero essere interessati allo sviluppo di analisi legate a scenari di impatto di diverse politiche energetiche. Infine, in aggiunta a queste categorie, il modello si propone anche come strumento per altri gruppi di ricerca. Infatti, come precedentemente illustrato, il modello GDynEP risulta versatile nel tipo di politiche da analizzare e per questo potrebbe essere d'interesse per lo svolgimento di numerosi studi. L'eventuale collaborazione con altri istituti di ricerca per la partecipazione a bandi nazionali ed europei potrebbe rappresentare un'opportunità non solo per lo svolgimento di altri studi, ma anche per sviluppare e migliorare ulteriormente il modello.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Burniaux J.M., Truong, T. (2002). GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model. GTAP Technical Paper No. 16. Purdue University.

- [2] European Commission (EC), (2014a). Communication from the European Commission: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, 22.01.2014 [COM(2014) 15 final].
- [3] European Commission (EC), (2014b). Impact Assessment accompanying the Communication from the European Commission: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, 22.01.2014 [SWD(2014) 15 final].
- [4] European Commission (EC), (2014c). Decision of the European parliament and of the council concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and amending Directive 2003/87/EC, 22.02.2014 [COM(2014) 20 final].
- [5] European Commission (EC), (2014d). Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework, 24.10.2014 [EUCO 169/14].
- [6] Golub, A. (2013). Analysis of Climate Policies with GDyn-E, GTAP Technical Papers 4292, Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University.
- [7] Hertel, T.W. (1997). Global Trade Analysis Modeling and Applications. Cambridge University Press.
- [8] Lanchovichina, E., McDougall, R. (2000). Theoretical Structure of Dynamic GTAP. GTAP Technical Paper 480, Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University.
- [9] Markandya A., Antimiani A., Costantini V., Martini C., Palma A., Tommasino C. (2015). Analysing Trade-offs in International Climate Policy Options: the Case of the Green Climate Fund. World Development 74: 93-107.
- [10] McDougall, R., Golub, A. (2007). GTAP-E: A Revised Energy-Environmental Version of the GTAP Model. GTAP Research Memorandum No. 15. Purdue University.
- [11] Peters J. C. (2016). The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base. Journal of Global Economic Analysis 1: 209-250.

6 Riqualficazione ambientale degli spazi aperti: proposta di uno strumento multicriteria di supporto alla progettazione

Paola Marrone, Federico Orsini³⁴

6.1 *Abstract*

Le normative GPP e CAM, recepite in Italia dal nuovo Codice appalti (D.lgs. 50/2016), introducono nuovi requisiti ambientali, validi anche per il settore edilizio, e hanno ampie conseguenze per Professionisti, Tecnici, Imprese di Costruzione e Pubbliche Amministrazioni. Se da una parte, tali normative rafforzano il ruolo della sostenibilità nel processo edilizio, dall'altra richiedono maggiori competenze nella scelta delle strategie progettuali da seguire, nei materiali e nelle tecnologie da adottare. Queste scelte risultano essere sempre più complesse sia per la necessità di verificare le prestazioni dei prodotti rispetto alle normative nazionali (ISO, CAM, etc.) e locali (RUE, PSC, etc.), sia per l'ampiezza ed eterogeneità del mercato dei materiali per l'edilizia. Per supportare progettisti e imprese, la ricerca sta proponendo al mercato e agli operatori del settore edilizio metodologie di lavoro interdisciplinari e strumenti di supporto alla progettazione (modelli di simulazione, BIM software, LCA, etc.) capaci di semplificare il processo edilizio e controllarne la complessità.

All'interno di questo stato dell'arte, il presente lavoro descrive la ricerca di uno strumento multicriteria (EASY CAM) di supporto alla progettazione per valutare la qualità ambientale dei progetti di riqualificazione degli ambienti urbani aperti e la loro rispondenza rispetto alle nuove normative CAM. Il prodotto sviluppato, oggi in fase *beta* e destinato a tutti gli operatori del settore edilizio, è stato realizzato basandosi su ampio studio della letteratura scientifica di settore e su alcune sperimentazioni condotte, in questa occasione, su un caso di studio di un'area dell'Università degli Studi Roma Tre.

³⁴ Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Architettura.

6.2 Sostenibilità e rigenerazione ambientale degli spazi urbani aperti

Il concetto di sviluppo sostenibile si è evoluto negli ultimi decenni fino all'attuale Agenda 2030, definendo priorità per i singoli contesti nazionali, elaborando decisioni sempre più basate sull'evidenza dei dati e considerando la sua dimensione sociale, economica e ambientale.

Il ripristino degli ecosistemi degradati e la protezione del capitale naturale sono così diventati obiettivi primari anche nella Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile in cui, alla riduzione dei consumi energetici del *costruito*, ossia dell'insieme degli edifici che costituiscono la struttura delle nostre città, si sono affiancate azioni destinate a rigenerare anche il sistema del *non costruito*, ovvero quel *tessuto connettivo pubblico* che infrastruttura la città e che ne costituisce gli spazi urbani aperti.

Le esperienze di alcune città europee come Barcellona, Lione e più recentemente Zurigo che, dagli anni '90, hanno avviato molteplici piani di riqualificazione degli spazi urbani aperti, hanno dimostrato come tale approccio permetta di incrementare la sostenibilità ambientale in maniera diffusa all'interno delle città. A Lione, ad esempio, il processo di trasformazione degli spazi urbani aperti fino allora dedicati principalmente alle autovetture, guidato da strumenti innovativi di gestione del territorio come le *Pan Bleu* e le *Plan Verd*, da specifici uffici tecnici per la gestione del verde e dalla collaborazione di studi di architettura e del paesaggio, ha trasformato l'intera città, favorendo non solo processi di rinaturalizzazione, ma anche di riappropriazione sociale, diminuzione delle problematiche ambientali e incremento della qualità urbana.

6.3 GPP e CAM per uno sviluppo urbano sostenibile

Nonostante queste prime esperienze positive, i problemi sempre più evidenti conseguenti, per esempio, al degrado ambientale, al consumo di suolo e delle risorse non rinnovabili, al surriscaldamento globale, ai cambiamenti climatici, all'incremento della forbice sociale, hanno portato l'Unione Europea a incrementare le azioni (ad es., normative, rapporti sulla sostenibilità, finanziamenti di ricerca, fondi per lo sviluppo, ecc.) per

favorire uno sviluppo sostenibile vero e diffuso.

Tra le più recenti e interessanti azioni intraprese, il sistema delle normative “verdi”, definite GPP - *Green Public Procurement* ha l'obiettivo di guidare le pubbliche amministrazioni verso acquisti di forniture sostenibili, l'uso efficiente delle risorse e, più in generale, verso l'Economia Circolare. Considerato che l'UE spende ogni anno circa il 16% in acquisto di materiali, beni e servizi [1] appare chiaro come tali normative siano oggi un pilastro delle politiche *green* [2] per influenzare i comportamenti in chiave sostenibile [3, 4]. Anche in altri Stati, oltre alla UE, sono state adottate normative simili per favorire uno sviluppo sempre più sostenibile [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Un'ampia letteratura scientifica sta studiando potenzialità ed effetti delle normative GPP. Alcuni autori, in particolare, hanno valutato gli strumenti capaci di favorire l'implementazione dei GPP nelle politiche pubbliche [5, 11]. Altri autori si sono concentrati, invece, sulla valutazione degli stessi GPP [12, 13, 14, 15, 16] this paper analyzes the two main research questions, derived from literature, on the links between environmental regulation and competitiveness, by focusing on firms operating in the building and construction sector; i.e.: 1, [4, 17, 3, 18]. Tra questi, Lin et Geiser [12] hanno mostrato come incrementando gli acquisti verdi delle pubbliche amministrazioni si possa incoraggiare lo sviluppo delle aziende sostenibili favorendo in generale l'eco innovazione [14, 15]. Inoltre, un recente studio Testa *et al.* [4] ha notato come la presenza delle pubbliche autorità e di *tool* di supporto favoriscano positivamente l'adozione degli stessi GPP durante i processi edilizi. Altri autori ancora hanno evidenziato i limiti e gli ostacoli relativi all'applicazione dei GPP [11, 19, 20, 21, 3].

A livello nazionale (Italia), i GPP sono stati recentemente accolti dal nuovo Codice appalti (D.lgs. 50/2016) e dal Correttivo del Codice degli appalti (D.lgs. 56/2017) e introdotti per la prima volta dal “Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione” (PAN GPP, DM n.135/2008). In particolare, i Criteri Ambientali Minimi (CAM) definiti dalle norme GPP, hanno l'obiettivo di incrementare la sostenibilità delle PPAAs: aumentando l'efficienza nell'uso delle risorse (ad es., l'energia, con conseguente riduzione della CO₂); favorendo l'utilizzo di prodotti e sostanze non pericolose o tossiche (ad es., utilizzo di prodotti

biologici); diminuendo i rifiuti prodotti e, in generale, riducendo l'impronta ecologica. Al fine di diffondere l'adozione dei CAM, il PAN GPP ha previsto il coinvolgimento delle associazioni di categoria, delle stazioni appaltanti, dei grandi enti di ricerca (CNR, ENEA, Università, ISPRA), ma anche lo sviluppo di strumenti di analisi e valutazione del costo dei prodotti (LCA) e di sistemi di eco-etichettatura.

I CAM sono basati su un approccio prestazionale-esigenziale, che ha stabilito nuovi requisiti *green* da rispettare in sede di gara pubblica, con forti ripercussioni non solo sull'acquisto di servizi e forniture, ma su tutto il processo edilizio, dalla progettazione alla realizzazione. Nello specifico, la normativa CAM prevede requisiti di carattere qualitativo (ad es., adozione di particolari specifiche strategie progettuali per l'ecosistema esistente) e di carattere quantitativo (ad es., percentuale di permeabilità del suolo). Tali requisiti oggi sono raggruppati in 17 categorie omogenee, che saranno incrementate fino al 2020.

I CAM per il settore edilizio (obbligatori per le PPAA dal 28 gennaio 2017), riguardano lavori di riqualificazione, ristrutturazione e nuova costruzione. I criteri principali sono contenuti nel punto 2 (Arredi per interni), 3 (Arredo urbano), 8 (Edifici), 9 (Illuminazione pubblica), 14 (Servizi energetici per gli edifici), 17 (Verde pubblico). Per ogni specifica categoria la normativa indica le quantità e le modalità di verifica dei requisiti. Ad esempio, per i materiali per l'edilizia (codice 8), è indicata la quantità di materiale riciclato necessario per il soddisfacimento del requisito ambientale (cls > 5%, laterizio 10%, plastiche > 30%, etc.). La verifica della congruenza del progetto rispetto alle normative CAM varia in base alla tipologia di progetto e ricade in capo al progettista che, tramite relazione tecnica, conferma e certifica la rispondenza del progetto.

6.4 CAM e rigenerazione ambientale degli spazi urbani aperti: metodologie innovative di ricerca e progetto

Il PAN GPP integra strutturalmente il *territorio* e l'*ambiente urbano non costruito* all'interno della progettazione sostenibile, introducendo specifici requisiti ambientali minimi. Questi nuovi requisiti considerano le principali problematiche ambientali delle nostre città (ad es., la diminuzione del suolo permeabile, l'incremento dell'isola di calore, l'utilizzo di materiali non riciclati o riciclabili, il dispendio di energia, l'inquinamento atmosferico, le emissioni di CO₂); in base al tipo d'intervento (trasformazione urbana, sia esso di nuova edificazione o di riqualificazione di brani di città esistenti); alla scala del progetto, alla destinazione d'uso, alla componente tecnologica interessata (ad es., suolo, pavimentazioni, margini, viabilità, infrastrutture di servizio, arredo urbano), proponendo limitazioni progettuali quantitative specifiche (ad es., superficie territoriale permeabile non inferiore al 60% della superficie di progetto, articoli di arredo urbano in gomma, plastica o miscele miste con contenuto di materia riciclata pari ad almeno il 50% del peso, etc.) o qualitative (ad es., impossibilità di adottare particolare specie vegetali, etc.).

A partire dai requisiti proposti dal PAN GPP, e nel quadro di un settore di ricerca in evoluzione verso lo sviluppo di modelli di valutazione quali-quantitativi a supporto di strategie e misure tecniche innovative d'intervento, il presente contributo propone uno strumento per la valutazione comparata di materiali e scelte progettuali per la rigenerazione ambientale degli spazi urbani aperti, rivolto a tutti i soggetti coinvolti nel processo edilizio. Questo contributo presenta in sintesi i risultati di una più ampia ricerca che ha messo a sistema sia le conoscenze dedotte dalla letteratura scientifica di settore e dai casi studio analizzati, sia i dati desunti dalle sperimentazioni svolte sul caso campione della sede del Dipartimento di Lettere dell'Università Roma Tre nell'area dell'ex Alfa Romeo. In particolare, il lavoro sperimentale, svolto in collaborazione con alcuni centri di ricerca e laboratori dell'Ateneo Roma Tre³⁵, ha affrontato

³⁵ Non sarebbe stato possibile svolgere il lavoro senza il supporto e la collaborazione di

le tematiche del paesaggio sonoro, dell'isola di calore, del rischio idrico e della gestione delle acque piovane, della produzione di energia da fonti rinnovabili. Durante tale attività sono state condotte attività sperimentali di rilevamento dati (ad es. misure psico-acustiche) e attività di simulazione numerica tramite appositi software (ad es., ENVI-MET, SWIMM). Sulla base dei dati raccolti e dei risultati ottenuti è stato sviluppato un modello di relazioni tra caratteristiche morfologiche e ambientali dell'area da rigenerare, materiali e loro proprietà fisiche, componenti tecnologiche, modelli progettuali e requisiti prestazionali prescritti dalle normative. L'algoritmo, alla base del tool denominato EASY CAM e sviluppato dalla ricerca, permette di aiutare produttori e progettisti nel formulare soluzioni tecnologiche in grado di favorire la qualità ambientale degli ambienti urbani aperti con particolare attenzione alla loro rispondenza alle nuove normative.

Rispetto al quadro delineato, la relazione che si instaura tra i nuovi CAM e la scelta dei materiali e delle nuove tecnologie risulta essere di particolare interesse per le ampie ripercussioni che ha sul settore dell'edilizia nel suo complesso. L'introduzione dei CAM ha, infatti, ampie conseguenze: da una parte, coinvolge professionisti, tecnici, imprese di costruzione e Pubbliche Amministrazioni che sono obbligati a verificare la conformità del progetto rispetto al nuovo quadro esigenziale; dall'altra, impone alle aziende produttrici di materiali e componenti tecnologici in grado di incrementare le prestazioni ambientali dei loro prodotti. La verifica dei requisiti CAM introduce, inoltre, un altro passaggio nel processo di approvazione progettuale, aggiungendo carico di lavoro e incertezze per professionisti, imprese e PPAA, mentre la richiesta di prodotti conformi ai nuovi requisiti può ulteriormente complicare e allungare il processo progettuale. Proprio queste difficoltà possono apparire come elementi di limite all'applicazione della stessa normativa.

Prof. Francesco Asdrubali, Claudia Guattari, Luca Evangelisti, Gianluca Grazieschi (paesaggio sonoro), Prof. Aldo Fiori, Antonio Zarlenga (ciclo dell'acqua), Prof. Alessandro Salvini, Gabriele Maria Lozito, Francesco Riganti Fulginei (energia). A loro va il nostro ringraziamento per il tempo speso e le energie dedicate durante quest'anno di intenso lavoro.

6.5 EASY CAM, un tool multicriteria di supporto alla progettazione

Il tool EASY CAM è stato sviluppato basandosi su:

- lo studio della letteratura scientifica di settore rispetto al tema dei GPP e CAM;
- lo studio della letteratura scientifica rispetto alle performance ambientali dei prodotti per l'edilizia;
- l'analisi delle normative di settore, in particolare D.lgs. 50/2016 e D.lgs. 56/2017;
- l'analisi della letteratura scientifica rispetto all'individuazione di algoritmi di calcolo applicabili per la valutazione dei CAM;
- l'analisi e la raccolta dati, derivanti da studi sperimentali.

È stato così costruito un quadro sinottico per mettere in relazione le principali caratteristiche dello spazio urbano aperto con materiali e componenti tecnologiche, loro proprietà fisiche, algoritmi di calcolo rispetto a singoli criteri ambientali minimi, modelli di valutazione quali-quantitativi. EASY CAM, oggi in versione *beta*, risponde alle esigenze di molteplici *stakeholder* coinvolti nel processo edilizio (v. Tab. I).

Stakeholder	Problematica	Proposta risolutiva
Professionisti e tecnici (Architetti, ingegneri, geometri, etc.)	Scelta dei materiali e dei prodotti rispondenti ai CAM	Ampio data-base di prodotti conformi
	Validazione del progetto rispetto alle normative.	Algoritmi di calcolo per la validazione del progetto
Imprese di costruzione	Scelta dei materiali e dei prodotti rispondenti ai CAM	Ampio data-base di prodotti conformi
	Validazione del progetto rispetto alle normative.	Algoritmi di calcolo per la validazione del progetto
Pubbliche Amministrazioni	Validazione del progetto rispetto alle normative.	Algoritmi di calcolo per la validazione del progetto
Aziende dell'edilizia (aziende produttrici di materiali, aziende produttrici di componenti per l'edilizia, etc.)	Visibilità per i prodotti innovativi rispondenti ai CAM	Definizione di un data base che contiene i prodotti innovativi rispondenti ai CAM collegato al tool EASY-CAM

Tab. I. – La tabella evidenzia come il tool risponde alle esigenze degli utenti

In conclusione, EASY CAM nasce con l'obiettivo di valutare la qualità ambientale dei progetti di Architettura, dalla scala urbana alla scala architettonica. La novità del tema e la complessità delle relazioni che sono alla base di tale modello hanno imposto comunque alcuni processi di semplificazione e/o limitazione delle tematiche affrontate. In questa prima fase, sono stati implementati all'interno di EASY CAM funzioni e algoritmi utili per l'analisi ambientale di progetti di scala urbana (i.e., masterplan) e di paesaggio (i.e., spazi pubblici). Per quanto riguarda la scala architettonica, sono stati implementati all'interno del modello alcuni parametri (i.e. valutazione dei materiali di riuso o riciclati), mentre altri verranno inseriti nel prossimo sviluppo del modello (i.e. valutazione dei consumi energetici dell'edificio).

6.6 EASY CAM, struttura e funzionamento

La struttura di EASY CAM rispecchia le esigenze degli *stakeholder* individuati e gli obiettivi definiti per la realizzazione del *tool*. In particolare EASY CAM è costituito da quattro sezioni:

Sezione 1: database dei prodotti per l'edilizia

La sezione contiene un *open data base* di prodotti per l'edilizia. La scelta di definire una matrice aperta è motivata dalla volontà di lasciare il sistema aperto e implementabile, capace di essere integrato in maniera semplice da utenti e imprese. I prodotti sono inseriti e caratterizzati rispetto a proprietà materiche, fisiche, tecniche (ad es., resistenza meccanica, albedo, Solar Reflectance Index, permeabilità, porosità, etc.). I prodotti inseriti sono classificati in sistemi semplici (ad es., pavimentazioni) e sistemi complessi (ad es., giardini per la pioggia, trincee inerbite, fotovoltaico, etc).

Sezione 2: campi descrittivi del progetto

La sezione permette di inserire i dati di input che vengono processati dal *tool*, descrivendo così il progetto dai punti di vista morfologico, materico, ambientale, tecnologico, etc. La struttura è stata concepita per descrivere dati di tipo qualitativo e dati di tipo quantitativo. Tale sezione

permette in particolare di descrivere:

- le condizioni ambientali al contorno (georeferenziazione del progetto, condizioni di soleggiamento medio, precipitazioni medie, etc.);
- i dati geometrici (superfici totali, particolari condizioni al contorno, etc.);
- la morfologia del progetto (rapporto costruito - spazi aperti, tipologia di usi e funzioni per gli spazi, materiali e tecnologie utilizzate, condizioni di irraggiamento, etc.);
- l'approccio al progetto rispetto alcune specifiche richieste della normativa CAM (presenza di piante allergeniche, etc.).

Sezione 3: algoritmi di calcolo

La sezione contiene le equazioni sulle quali si basa la valutazione finale. Le equazioni inserite permettono valutazioni di carattere semplice (si/no), qualitative (presenza di particolari azioni progettuali o esigenze normative), quantitative (indice di riflettanza, valutazione della temperatura superficiale, valutazione del grado di permeabilità, tempi di corrivazione, etc.). Le equazioni utilizzate fanno riferimento alle normative tecniche contenute nei CAM (ad es., valutazione strategie di recupero aree dismesse), normative tecniche di carattere nazionale (ad es., valutazione di indici di permeabilità), funzioni e algoritmi desunti dalla letteratura scientifica (ad es., valutazione isola di calore).

Sezione 4: output di valutazione

La sezione contiene la visualizzazione grafica del progetto e la rispondenza del progetto stesso rispetto ai requisiti CAM.



Fig. 1 – L'immagine mostra l'interfaccia di EASY- CAM, il database, l'output di valutazione grafica finale

La Fig. 2 esemplifica il funzionamento e le interrelazioni di EASY CAM. Il tool è stato costruito partendo dai criteri ambientali (CAM) da soddisfare (1) ai quali sono stati associati equazioni e algoritmi necessari e adatti per la loro verifica (4). Definito il modello di calcolo sono poi stati individuati i parametri fisici dei materiali e delle tecnologie applicabili al progetto urbano (2). Tali proprietà fisiche sono state associate ai singoli materiali e inserite in un *database* a disposizione dei progettisti. Con il database contenente i materiali e le loro proprietà fisiche, i progettisti possono descrivere il progetto inserendo caratteristiche morfologiche, materiche, ambientali, funzionali, ecc. (3). La relazione contenuta in EASY CAM tra progetto, materiali, proprietà fisiche e algoritmi, permette di infine di verificare la rispondenza del progetto rispetto ai requisiti ambientali minimi (5).

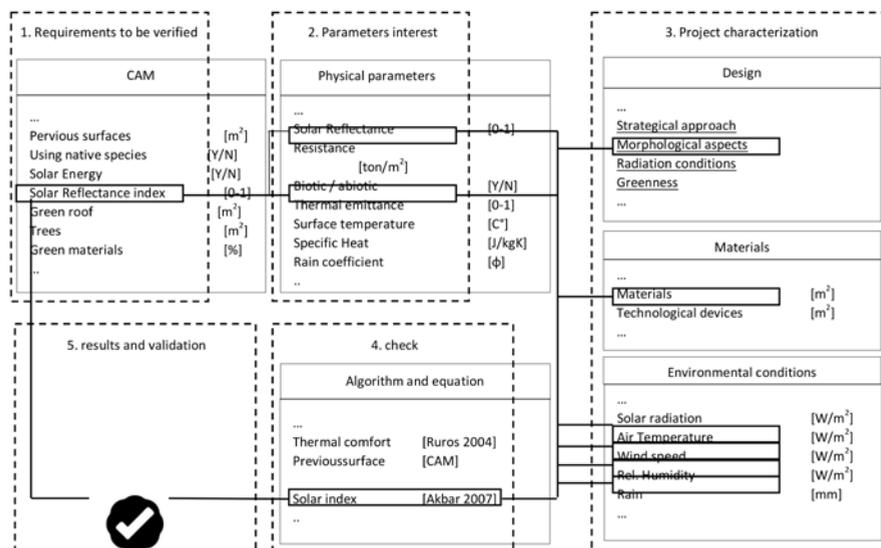


Fig. 1 – L'immagine mostra l'interfaccia di EASY- CAM, il database, l'output di valutazione grafica finale

6.7 Conclusioni

Le normative GGP recepiscono un indirizzo internazionale, introducendo nuovi criteri ambientali (CAM) al fine di incentivare uno sviluppo urbano sempre più sostenibile. Tali normative hanno ripercussioni

sull'intero settore edilizio, coinvolgono soggetti privati (professionisti, imprese di costruzione, aziende produttrici, etc.) e pubblici (Pubbliche Amministrazioni, Enti pubblici, etc.), impongono una verifica del progetto stesso rispetto a nuovi requisiti.

Il presente lavoro propone uno strumento di supporto (EASY-CAM) per progettisti, imprese, aziende e pubbliche amministrazioni, utile alla verifica dei progetti rispetto ai requisiti CAM. Il modello, oltre a verificare i requisiti CAM, può essere utilizzato come strumento generale di supporto alla progettazione, permettendo di dare una valutazione in chiave ambientale quali-quantitativa dei progetti stessi. Ad oggi il modello permette di valutare progetti di scala urbana (masterplan, spazi pubblici, etc.) mentre presenta alcune limitazioni relativamente alla valutazione della scala architettonica (i.e. consumo energetico dell'edificio). EASY-CAM e il *database* di prodotti sul quale si basa permettono, inoltre, di valorizzare le aziende innovative, favorendo il contatto tra la nuova domanda di professionisti e imprese di costruzione e l'offerta di prodotti sostenibili e rispondenti ai nuovi requisiti ambientali.

La realizzazione del *tool* ha permesso, infine, di mettere a sistema le normative CAM e confrontarla con un'ampia letteratura di settore. Da tale confronto emerge come i CAM selezionati potrebbero essere ulteriormente integrati da altri nuovi criteri ambientali (ad es., i criteri che in generale afferiscono al ciclo delle acque meteoriche), al fine di incrementare ancora la loro efficacia e capacità di guidare il cambiamento verso uno sviluppo urbano davvero sostenibile.

Il presente lavoro ha evidenziato come EASY-CAM, nei limiti che inevitabilmente presenta un *tool* in versione *beta*, possa essere un valido strumento di supporto alla progettazione e definisca allo stesso tempo un prodotto con ampi margini di diffusione nel settore delle costruzioni.

Per il *tool* si prevede una fase di sviluppo con l'obiettivo di implementare i CAM mancanti relativi alla scala edilizia e di trasformare il *tool* stesso in un'applicazione da immettere nel mercato.

BIBLIOGRAFIA

- [1] European Commission, "Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the And, Committee of the Regions on the sustainable consumption and production sustainable industrial policy action plan." Brussels, 2008.
- [2] A. Tukker *et al.*, "Fostering change to sustainable consumption and production: an evidence based view," *J. Clean. Prod.*, vol. 16, no. 11, pp. 1218-1225, 2008.
- [3] F. Testa, E. Annunziata, F. Iraldo, and M. Frey, "Drawbacks and opportunities of green public procurement: An effective tool for sustainable production," *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 1893-1900, 2016.
- [4] F. Testa, F. Iraldo, M. Frey, and T. Daddi, "What factors influence the uptake of GPP (green public procurement) practices? New evidence from an Italian survey," *Ecol. Econ.*, vol. 82, pp. 88-96, 2012.
- [5] M. Swanson, A. Weissman, G. Davis, M. L. Socolof, and K. Davis, "Developing priorities for greener state government purchasing: A California case study," *J. Clean. Prod.*, vol. 13, no. 7, pp. 669-677, 2005.
- [6] L. W. . Ho, N. . Dickinson, and G. Y. S. Chan, "Green procurement in the Asian public sector and the Hong Kong private sector," *Nat. Resour. Forum*, vol. 34, pp. 24-38, 2010.
- [7] Bolton P., "Government procurement as a policy tool in South Africa.," *J. Public Procure.*, vol. 6, pp. 193-217, 2006.
- [8] Bolton P., "Protecting the environment through public procurement: the case of South Africa," *Nat. Resour. Forum*, vol. 32, pp. 1-10, 2008.
- [9] M. Sambasivan and N. Y. Fei, "Evaluation of critical success factors of implementation of ISO 14001 using analytic hierarchy process (AHP): a case study from Malaysia," *J. Clean. Prod.*, vol. 16, no. 13, pp. 1424-1433, 2008.
- [10] L. Shen, Z. Zhang, and X. Zhang, "Key factors affecting green procurement in real estate development: a China study," *J. Clean. Prod.*, vol. 153, pp. 372-383, 2017.
- [11] H. Walker and S. Brammer, "Sustainable procurement in the United Kingdom public sector.," *Supply Chain Manag. Int. J.*, vol. 14,

- pp. 128-137, 2009.
- [12] L. Li and K. Geiser, "Environmentally responsible public procurement (ERPP) and its implications for integrated product policy (IPP)," *J. Clean. Prod.*, vol. 13, no. 7, pp. 705-715, 2005.
- [13] M. Hall and D. Purchase, "Building or bodging? Attitudes to sustainability in UK public sector housing construction development," *Sustain. Dev.*, vol. 14, no. 3, pp. 205-218, 2006.
- [14] F. Iraldo and F. Testa, "Il Green Public Procurement: le novità normative e le esperienze Verdi., in Italia e In Europa sul tema degli acquisti," *Largo Consum.*, no. 12, pp. 32-39, 2007.
- [15] F. Iraldo, F. Testa, and M. Melis, "L'attuale sviluppo del Green Public Procurement.," *Econ. delle Fonti di Energ. e dell'Ambiente*, vol. 1, pp. 5-19, 2007.
- [16] F. Testa, F. Iraldo, and M. Frey, "The effect of environmental regulation on firms' competitive performance: The case of the building & construction sector in some EU regions," *J. Environ. Manage.*, vol. 92, no. 9, pp. 2136-2144, 2011.
- [17] W. T. Tsai, "Green public procurement and green-mark products strategies for mitigating greenhouse gas emissions – experience from Taiwan," *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, pp. 1-14, 2015.
- [18] A. Rainville, "Standards in green public procurement - A framework to enhance innovation," *J. Clean. Prod.*, pp. 1-9, 2016.
- [19] X. Zhang, A. Platten, and L. Shen, "Green property development practice in China: Costs and barriers," *Build. Environ.*, vol. 46, no. 11, pp. 2153-2160, 2011.
- [20] M. R. Gleim, J. S. Smith, D. Andrews, and J. J. Cronin, "Against the Green: A Multi-method Examination of the Barriers to Green Consumption," *J. Retail.*, vol. 89, no. 1, pp. 44-61, 2013.
- [21] L. Shen, Z. Zhang, and Z. Long, "Significant barriers to green procurement in real estate development," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 116, pp. 160-168, 2017.

7 Tecnologie Big Data per Data-Driven Smart Environment

Luca Cabibbo , Donatella Firmani, Riccardo Torlone³⁶

7.1 Sommario

Il risparmio energetico è alle porte di una rivoluzione tecnologica. Al giorno d'oggi è sempre più facile reperire sensori compatti ed efficienti che inviano i dati sul consumo energetico tra loro o nel *cloud*, e la visione di un ambiente intelligente del futuro, o *smart environment*, in cui tutti gli oggetti hanno sensori e comunicano tra loro sta per diventare realtà. Il cosiddetto Internet delle cose, o *Internet of Things* (IoT) [3], è uno degli argomenti più caldi nel mondo della ricerca e dello sviluppo.

IoT è una visione attualmente in fase di costruzione, e vi è una notevole diversità nella sua interpretazione da diverse comunità. Si tratta infatti di un argomento intrinsecamente interdisciplinare, che spazia tra le reti di sensori, alla gestione dei dati, fino al world wide web. La pluralità di interpretazioni dell'IoT da parte dei consorzi, industrie e comunità coinvolte, si riflette nella diversità delle tecnologie per gli smart environment. Tuttavia, ci sono numerosi elementi comuni alle diverse visioni di ciò che IoT può diventare. Il presente documento ha l'obiettivo di descrivere questi elementi da una prospettiva data-centrica.

7.2 Introduzione

IoT si riferisce a oggetti le cui rappresentazioni virtuali sono indirizzabili in modo univoco in una struttura simile a Internet. Tali oggetti possono

³⁶ Dipartimento di Ingegneria, Università degli studi Roma Tre.

accedere a informazioni su di essi, come il proprio stato, e possono trasmettere dati in tempo reale. Gli oggetti dell'IoT sono quelli della vita di tutti i giorni, inclusi automobili, strade, e pacemaker; collegati in modalità wireless, o minuscole fotocamere da utilizzare in ambito medico, tabelloni intelligenti che si adattano ai passanti, o addirittura i frigoriferi possono essere dotati di sensori.

Sfide nel mondo IoT. Tracciare questi oggetti è una delle grandi sfide nel contesto dei servizi energetico-ambientali. La tecnologia di identificazione della radiofrequenza (RFID) [6, 13, 18] è generalmente considerata come un elemento chiave dell'IoT, per la sua capacità di tracciare oggetti attraverso codici elettronici di prodotto (EPC). Altri meccanismi di identificazione includono codici a barre o codici 2D. Se gli oggetti sono indirizzabili in modo univoco e connessi a Internet, possono usare lo stesso protocollo che collega i nostri computer a Internet per scambiarsi dati. Poiché questi oggetti possono misurare l'ambiente circostante e comunicare tra loro, hanno la potenzialità di farci comprendere scenari sempre più complessi e persino prendere delle decisioni senza l'intervento umano. Questa sfida più ampia, è popolarmente conosciuta come *autonomous computing*.

Big Data. Il concetto di calcolo pervasivo dietro questa visione è strettamente legato al mondo dei cosiddetti *Big Data*, e non solo per le grandi dimensioni dei dati coinvolti. In generale, si parla di "big data" quando i dati da gestire superano le capacità di memorizzazione, gestione e analisi tipiche dei tradizionali sistemi per le basi di dati. Le caratteristiche di questi enormi magazzini di dati vengono spesso descritte secondo tre dimensioni, dette le tre "V" dei big data.

- "Volume" rappresenta dimensione dei dati da gestire misurata non solo in termini assoluti, ma anche in termini di andamento di crescita e di requisiti di prestazioni per la loro elaborazione.
- "Varietà" indica la tipologia dei dati e delle sorgenti; nella maggior parte dei casi si tratta di dati semi-strutturati (per esempio log memorizzati su file in formato XML, json, CVS o in formati proprietari) o destrutturati (*raw text* che possono essere pagine Web, file di testo, documenti) per i quali tipicamente non esiste uno schema.

- “Velocità” è la rapidità con la quale i dati arrivano e devono essere elaborati; alcune applicazioni consentono la elaborazione batch, ma in molti casi bisogna operare il real-time e non sono rari casi in cui i dati viaggiano in stream, ovvero in flussi, che vanno elaborati alla velocità nella quale arrivano.

Tecnologie Big Data. Nella gestione di big data si stanno recentemente diffondendo delle soluzioni tecnologiche alternative a quelle tradizionali che cercano di soddisfare i seguenti requisiti.

- si adattano meglio a contesti applicativi come quello degli smart environments
- garantiscono prestazioni migliori,
- consentono la scalabilità delle applicazioni su grandi moli di dati che crescono rapidamente, come nel contesto di servizi energetico-ambientali,
- sono in grado di bilanciare latenza (tempi di risposta di una query o di una analisi), throughput (numero di operazioni svolte in un intervallo di tempo) e tolleranza ai guasti (affidabilità in presenza di malfunzionamenti software e hardware).

Organizzazione del documento. Questo documento è organizzato come segue. Nella Sezione 3 vengono descritte le recenti tecnologie Big Data per gli smart environment. La Sezione 4 presenta due possibili architetture Big Data in questo contesto. I più popolari tipi di analisi in ambito smart environment sono descritti nella Sezione 5. Le sezioni finali discutono argomenti più specifici: la Sezione 6 contiene una discussione su Semantic Sensor Web e la Sezione 7 su qualità dei dati.

7.3 Tecnologie big data per gli smart environment

Esistono tantissimi strumenti per big data, disponibili oggi. In questa sezione descriviamo alcuni tra i principali, divisi in tre categorie. Questi, verranno anche citati nelle sezioni che seguono.

Data Ingestion. Gli strumenti per la cosiddetta “Data Ingestion” servono per collezionare, aggregare e spostare da un sistema ad un altro dei big data. Per esempio, Flume, Sqoop e Kafka. Apache Kafka è un message broker, ovvero uno strumento che è in grado di gestire code di flussi di dati che arrivano in maniera asincrona da produttori esterni (per esempio una rete di sensori) e servire diversi consumatori di questi dati (per esempio un framework per la gestione di big data). Apache Sqoop è invece uno strumento software in grado di trasferire dati e da un DBMS relazionale ad Hadoop e popolare tabelle di Hive o HBase. HBase è simile all’originale sistema BigTable [7], in cui i dati sono memorizzati come coppie (chiave, valore). Tra i sistemi NoSQL, riportiamo anche i più recenti database *a grafo*, ovvero Titan e Neo4J.

Scheduling. Gli strumenti per lo scheduling servono al coordinamento dei processi che operano su dati memorizzati in un cluster. Per esempio Zookeeper e Oozie.

System Deployment. Infine, i sistemi per il “System Deployment” servono per la gestione dell’infrastruttura hardware (cluster management). Per esempio Ambari e Mesos.

Molte di queste tecnologie sono basate sul framework *MapReduce*. MapReduce è molto potente in termini di ricerca e indicizzazione distribuite sul web semantico. Il framework MapReduce è stato utilizzato anche per il ragionamento distribuito nel web semantico [20]. Similmente, le capacità di elaborazione dati di MapReduce rappresentano tecnologie abilitanti per le sfide dell’IoT.

Pig. Infine, segnaliamo il linguaggio di scripting denominato PigLatin [16] che fornisce in chiave Big Data tutti i costrutti familiari di SQL come proiezioni, join, ordinamento, raggruppamento ecc.. L’implementazione di Pig si basa su Hadoop per fornire funzionalità simili a un database³⁷.

³⁷ Una tabella in Pig è un insieme di tuple e ogni campo è un valore o un insieme di tuple. Quindi, questo framework consente di inserire tabelle nidificate, che è un’astrazione piuttosto potente.

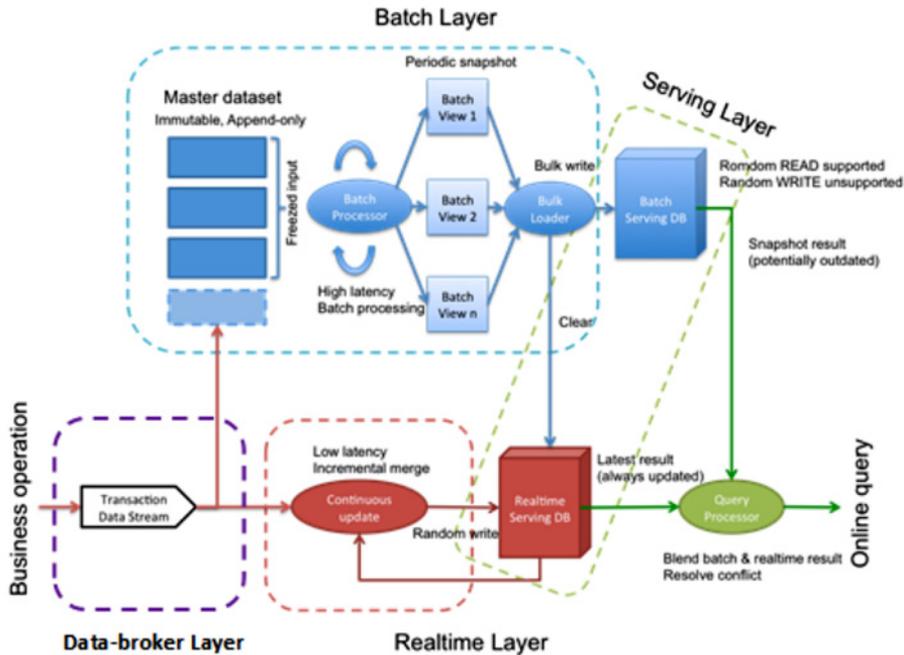


Fig. 1 – L'architettura lambda per l'analisi dei big data

Queste tecnologie svolgono un ruolo molto utile nell'archiviazione e analisi dei massicci set di dati provenienti da sensori, distribuiti su larga scala nell'IoT. Nelle sezioni successive, discutiamo alcuni dei modi in cui queste tecnologie possono essere utilizzate nell'ambito degli smart environment.

7.4 Architetture big data per smart environment

Una possibile soluzione tecnologica a supporto della raccolta e l'analisi dei dati generati nel contesto di servizi energetico-ambientali è la cosiddetta architettura *lambda*. Come illustrato in Figura 1, questa architettura è dotata delle seguenti componenti principali:

- Un **data-broker layer** in grado di acquisire e gestire code di stream di dati generati in tempo reale da sistemi di sensoristica remota e rifornire con questi dati diversi sistemi di elaborazione. Per questa

componente si fa tipicamente uso di un message broker per big data come Kafka.

- Un **batch layer** per la memorizzazione incrementale dei dati grezzi che non verranno mai modificati (immutable data) in modalità “append-only” e per le analisi su intervalli temporali am i. Il repository che man mano si crea viene in genere chiamato “master dataset”. Per realizzare il batch layer si fa uso tipicamente di un file system distribuito come HDFS e di strumenti di elaborazione parallela per Hadoop come MapReduce, Spark, Hive e Pig. I dati e le analisi estratte dal master dataset vengono tipicamente memorizzati su viste memorizzate in maniera persistente, ancora su Hadoop o su sistemi NoSQL. Le analisi di output vengono generate da queste viste.
- Un **Realtime layer** (detto anche **speed layer** o **streaming layer**) per la memorizzazione e l'analisi dei flussi di dati in tempo reale su intervalli temporali brevi e recenti. Spesso i dati raccolti devono essere integrati con i nuovi dati per aggregare dati puntuali e creare intervalli temporali di varia ampiezza. Le tecnologie utilizzate per questa componente includono sistemi di stream processing quali Flink, Storm e Spark Streaming.
- Un **Serving layer** che memorizza in maniera persistente i risultati generati dal batch layer e dallo speed layer sotto forma di viste materializzate. Per questa componente si fa in genere uso di strumenti di database management NoSQL come HBase, MongoDB e Cassandra

Una possibile alternativa all'architettura lambda e la cosiddetta architettura *kappa*, che consiste in una semplificazione dell'architettura lambda, ottenuta realizzando il batch layer per mezzo del Realtime layer stesso. Questa idea si basa sulla osservazione il batch layer accumula dati che hanno un istante di inizio e uno di fine mentre un stream di dati è concettualmente infinito, non avendo un inizio e una fine. Se ne conclude che il dataset del batch layer è sempre un sottoinsieme del dataset del realtime layer. Quindi, per realizzare il batch layer è sufficiente sfruttare i dati raccolti dal realtime layer una volta che questi sono stati opportunamente accumulati su un (master) data set unificato.

Discussione. La scelta tra architettura lambda e architettura kappa dipende da diverse questioni che includono i vincoli implementativi, i casi di uso del sistema e i requisiti di efficacia ed efficienza. Generalmente, si parte da un'architettura lambda che separa i due ambienti batch e realtime e successivamente si verifica se è possibile procedere ad una semplificazione architetturale.

7.5 Tipi di analisi

L'architettura presentata nella sezione precedente si adatta bene a questi requisiti di analisi: il batch layer sarà a servizio dell'analisi offline mentre il realtime layer a quello dell'analisi online.

- L'analisi offline (o "batch") offre una vista sull'intero dataset a disposizione o su sue grossi porzioni. Di conseguenza la frequenza di aggiornamento non può essere molto alta: all'arrivo di nuovi dati essi sono inseriti nello storage e aggregati in viste specifiche per le analisi di interesse, che vengono ricalcolate da zero. Le operazioni di aggregazione possono essere efficacemente implementate con paradigmi di elaborazione parallela, per esempio, con job MapReduce o Spark.
- L'analisi online (o "realtime") compensa l'alta latenza del livello offline, basandosi solo sui nuovi dati ricevuti: all'arrivo di nuovi dati, essi vengono usati per incrementare le viste esistenti con il nuovo contenuto. Il risultato del calcolo ha di conseguenza natura transitoria. Le operazioni di incremento sono implementate con paradigmi di data streaming, per esempio, con Spark Streaming o strumenti analoghi.

Analisi batch. Le tipiche analisi batch mirano a calcolare statistiche globali sui dati di misurazione di sensori e richiedono di aggregare i dati in base a due problemi distinti:

- Integrazione temporale: identificare quali fenomeni non cambiano significativamente nel tempo;
- Integrazione spaziale: identificare quali sensori hanno rilevato fenomeni simili.

La sfida maggiore in entrambi i casi è quella di implementare efficientemente il calcolo, dato il grande volume di dati e di sensori coinvolti. I paradigmi di calcolo più diffusi sono MapReduce e Spark.

Analisi real-time. Le tipiche analisi real-time su dati provenienti da sensori servono per rilevare eventi nel momento in cui accadono [2, 1, 7, 10, 11]. Uno degli obiettivi principali è la rilevazione dei cosiddetti *outlier*. Per rilevazione di outlier s'intende l'identificazione di misure di un sensore s che sembrano molto diverse da quelle spazio-temporalmente vicine; ovvero, dai valori della storia recente del flusso di dati provenienti da s , oppure dai valori dei flussi provenienti da sensori spazialmente vicini a s . Specifichiamo che l'evento rilevato può essere:

- rappresentativo di un evento del mondo reale, e dunque d'interesse per se;
- prodotto dal rumore, e quindi da pulire;
- I diversi metodi nella letteratura dell'analisi real-time sono orientati o all'una o all'altra applicazione.

Al fine di ottimizzare l'implementazione delle tecniche real-time, sono state considerate tecniche di *data streaming*, come ad esempio [12, 17]. Tali tecniche forniscono buone approssimazioni di molte funzioni di aggregazione (es. frequency moments). Queste tecniche interpretano i dati di misurazioni di sensori come generiche serie multidimensionali e non richiedono alcuna conoscenza a priori del processo fisico osservato. Inoltre, possono essere impiegate efficientemente su architetture distribuite.

7.6 Semantic Sensor Web

Il cosiddetto *web semantico dei sensori* consiste dei dati raccolti dai sensori e dei rispettivi meta-dati.

I dati sono codificati con identificatori XML auto-descrittivi. Questo consente anche un parser XML standard per analizzare i dati.

Gli identificatori vengono espressi utilizzando il framework di descrizione delle risorse (RDF). RDF codifica il significato in set di triple, in cui ogni tripla è un *soggetto*, un *verbo* e un *oggetto* di un elemento. Ogni

elemento definisce un Identificatore Resource Uniforme sul Web.

Le ontologie possono esprimere relazioni tra gli identificatori. Ad esempio, un accelerometro può esprimere la velocità in miglia all'ora, mentre un altro esprimerà la velocità in termini di chilometri all'ora. Le ontologie possono rappresentare le relazioni tra questi sensori per essere in grado di fare la conversione appropriata.

RDF per IoT. Il linguaggio RDF serve per descrivere risorse [15]. Una risorsa è letteralmente qualsiasi cosa o concetto al mondo, incluse una persona, un posto, un ristorante antipasto ecc. Nell'IoT le risorse principali sono i sensori e le cose su cui sono installati. Ogni risorsa è identificata in modo univoco da un URI, che corrisponde a un identificatore di risorse univoco. Una delle sfide più difficili della gestione dei dati RDF è che sono rappresentati in forma di triple che rappresentano concettualmente una struttura a *grafo*. Una soluzione naturale è indicizzare direttamente i dati RDF come un grafo, tramite ad esempio, un database a grafo come Titan o Neo4j, e utilizzare la natura intrinsecamente strutturata dei dati per l'archiviazione e l'elaborazione [5, 14, 19].

7.7 Big data quality per IoT

La qualità dei dati è un concetto multidimensionale, difficile da caratterizzare in definizioni precise anche in caso di dati ben strutturati. I big data aggiungono due ulteriori dimensioni di complessità:

- la definizione di qualità dipende molto dal *tipo* di sorgente (come descritto nel seguito);
- i dati sono altamente non-strutturati e privi di schema, spesso privi di una qualche forma di *ground truth* a cui fare riferimento.

Applicare il concetto di qualità dei dati ai big data in modo generale, è di conseguenza difficile. I più recenti lavori su data quality suggeriscono di conseguenza un approccio specifico per la sorgente [9]. Secondo una classificazione proposta dalla UNECE (Commissione economica delle Nazioni Unite per l'Europa), ci sono tre tipi principali di sorgenti di dati che possono essere pensati come Big Data:

1. di origine umana (ad esempio, commenti del blog);
2. di processo (ad esempio, servizi bancari record);
3. generati da sensori.

I big data nel contesto degli smart environment rientrano principalmente nel terzo tipo UNECE, che viene approfondito nel seguito. La qualità dei dati provenienti da sensori è descritta in [4, 13]. Di seguito viene descritto un modello di dati appropriato e un insieme di dimensioni di qualità specifiche, incluse le metriche utilizzate in [4, 13].

Modello dati. I dati trasmessi da un sensore possono essere pensati come un segnale discreto in un particolare dominio (ad esempio, tempo atmosferico) che fornisce campioni di un fenomeno del mondo reale (ad esempio, vento). Per ogni campione, consideriamo un insieme di attributi (ad esempio, velocità e direzione). Per ogni attributo, che chiamiamo *dato elementare*, si assume che esista un singolo valore che riflette il mondo reale (per esempio, la velocità effettiva del vento in un certo giorno e orario). Infine, la *durata* è il periodo di tempo dopo il quale un dato diventa obsoleto ed è necessario riprendere un nuovo valore. Ad esempio, la posizione di un veicolo movimento veloce può avere un valore di durata inferiore alla posizione di una persona che cammina.

Dimensioni. Per valutare la qualità di un certo sensore, inteso come sorgente di Big Data, si possono considerare l'ambiente in cui sono prese le misure e le registrazioni (ad esempio posizione di origine, tempo di misura, e la fonte stato) e il processo di misurazione sottostante. Se la qualità di tale ambiente e di processo è elevata, allora la qualità della sorgente è presumibilmente elevata. Al contrario, guasti o malfunzionamenti rilevati in ambiente e il processo può portare a dati non validi. Cause di bassa qualità sono: rumore dovuto ai limiti dell'hardware, imprecisioni dovute al tipo di campionamento, effetti ambientali, condizioni climatiche avverse, componenti difettosi. Le dimensioni proposte per la qualità di questo tipo di sorgente, ed alcune metriche associate, sono riassunte nella Tabella 1.

DIMENSIONI	METRICHE
Accuratezza	L'accuratezza di una sorgente ha a che fare direttamente con l'unità di misura e il tipo di dato usati. Una naturale metrica di accuratezza è la precisione del sensore.
Completezza	Se l'insieme di attributi previsto un campione è esaustivo, allora la completezza è alta. Metriche di completezza includono il rapporto tra il numero di attributi disponibili al numero totale di attributi del campione.
Consistenza	Ad alto livello esistono tre tipi di consistenza, vale a dire numerica, temporale, e della frequenza. In particolare, la consistenza numerica è equivalente alla precisione, la consistenza temporale è intesa come quanto i dati siano aggiornati, e la consistenza della frequenza si concentra sulla regolarità con cui vengono forniti i campioni.
Affidabilità	L'affidabilità di una sorgente è fortemente influenzata dalla distanza fisica tra il sensore e il luogo associato al fenomeno. Più un sensore è lontano dal fenomeno del mondo reale, più la correttezza delle informazioni fornite può essere in dubbio.
Freschezza	Più i dati elementari sono recenti, maggiore è la loro validità per un'applicazione specifica in un determinato momento. Una naturale metrica di freschezza l'età di un dato elementare.

Tab. 1 – Dimensioni per la qualità dei dati di sensori

7.8 Conclusioni

Gli smart environment sono una visione, attualmente in fase di costruzione. Questo documento contribuisce a descrivere le tecnologie e le metodologie emergenti in ambito dei servizi energetico-ambientali secondo una prospettiva data-driven, affrontando i temi dei Big Data e dell'IoT. L'IoT si basa sul collegamento in rete di un numero elevato di oggetti (etichette, sensori, attuatori o altri dispositivi embedded) che possono raccogliere e trasmettere dati in modo autonomo. La massiccia scala di Internet porta numerose sfide di gestione dei dati e analisi – di cui ci siamo occupati in questo documento – e di privacy e sicurezza. Abbiamo descritto alcune tecnologie popolari in ambito smart environment, e la lunga catena di elaborazione dei dati (raccolta, stoccaggio e elaborazione) tipica dell'IoT. Infine, abbiamo presentato alcune sfide del web semantico dei sensori e discusso come la qualità dei dati nelle fasi precedenti della catena di elaborazione dei dati può avere un impatto

significativo sul processo in fase successiva. Gli elementi tecnologie e le metodologie presentati in questo documento sono stati studiati e realizzati all'interno di una fertile area di ricerca, che probabilmente rimarrà di grande interesse per molte comunità di ricercatori nei prossimi anni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aggarwal C, Han J., Wang J., Yu P. On-Demand Classification of Data Streams. ACM KDD Conference, 2004.
- [2] Aggarwal C., Han J., Wang J., Yu P. A Framework for High Dimensional Projected Clustering of Data Streams. VLDB Conference, 2004.
- [3] Ashton K. That 'Internet of Things' Thing. In: RFID Journal, 22 July, 2009.
- [4] Atif M., Hong-Linh T., e Schahram D. On the evaluation of quality of context. In Smart Sensing and Context, pages 140-153. Springer, 2008.
- [5] Bonstrom V., Hinze A., Schweppe H. Storing RDF as a graph. LA-WEB, 2003.
- [6] Bornhovd C., Lin T., Haller S., Schaper J. Integrating Automatic Data Acquisition with Business Processes Experiences with SAP's Auto-Id Infrastructure, VLDB Conference, 2004.
- [7] Chang F. *et al.* Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data, OSDI, 2006.
- [8] Deligiannakis A., Kotidis Y., Roussopoulos N. Compressing Historical Information in Sensor Networks. ACM SIGMOD Conference, 2004.
- [9] Firmani D., M Mecella, M Scannapieco, C Batini. On the meaningfulness of "Big Data Quality". Data Science and Engineering, 2016.
- [10] Guha S., Mishra N., Motwani R., O'Callaghan L. Clustering Data Streams. IEEE FOCS Conference, 2000.
- [11] Jin R., Agrawal G. (2005) An algorithm for in-core frequent itemset mining on streaming data. ICDM Conference.
- [12] Kanagal B. e Deshpande A. Online filtering, smoothing and probabilistic modeling of streaming data. In ICDE, pages 1160-1169, 2008
- [13] Kewei Sha e Weisong Shi. Consistency-driven data quality management of networked sensor systems. Journal of Parallel and

- Distributed Computing, 68(9): 1207-1221, 2008.
- [14] Kiefer C., Bernstein A., Stocker M. The fundamentals of iSPARQL – a virtual triple approach for similarity-based Semantic Web tasks. ISWC, 2007.
 - [15] Miller E. An Introduction to the Resource Description Framework, D-Lib Magazine, 4(5), 1998.
 - [16] Olston C., Reed B., Srivastava U., Kumar R. PigLatin: A Not so Foreign Language for Data Processing, ACM SIGMOD Conference, 2008.
 - [17] Papadimitriou S., Sun J., e Faloutsos C. Streaming pattern discovery in multiple time-series. In VLDB, pages 697-708, 2005.
 - [18] Sarma S. E., Weis S. A., Engels D.W. RFID systems, security and privacy implications. Technical Report MIT–AUTOID–WH–014, AutoID Center, MIT, 2002.
 - [19] Stocker M., Seaborne A., Bernstein A., Kiefer C., Reynolds D. SPARQL basic graph pattern optimization using selectivity estimation. WWW Conference, 2008.
 - [20] Urbani J., Kotoulas S., Oren E., van Harmelen F. Scalable Distributed Reasoning using MapReduce, The Semantic Web - ISWC, 2009.

8 Studio delle caratteristiche geotermiche del sottosuolo romano

Claudio Baffioni, Andrea Bonamico³⁸, Guido Giordano³⁹,
Alessandro Vona

8.1 *Abstract*

Il programma di ricerca ha previsto lo studio delle caratteristiche geotermiche del sottosuolo romano. In particolare lo studio si è concentrato sulla definizione del potenziale in termini di risorse di bassa entalpia ($< 90^{\circ}\text{C}$) negli acquiferi idrotermali profondi ($> 1 \text{ km}$) per i quali esiste una forte potenzialità di utilizzo in termini di usi diretti di larga scala, come per esempio il teleriscaldamento.

Il fine ultimo di questo studio è stato quello di realizzare e mettere a disposizione delle imprese le banche dati esistenti presso il Dipartimento di Scienze, indicare strumenti e strategie di individuazione e impiego della risorsa geotermica per usi diretti e per il lancio di progetti pilota per il district heating e la produzione agro-industriale, che rappresenterebbero una significativa innovazione a livello regionale in linea con gli obiettivi energetici europei di Horizon 2020.

8.2 *Inquadramento*

Il margine tirrenico dell'Italia centrale è una delle zone con il maggiore potenziale geotermico d'Europa e del mondo (Fig. 1). Il flusso di calore misurato può raggiungere valori di oltre 200 mW/m^2 in corrispondenza dei grandi apparati vulcanici quaternari, attivi a partire da circa 600.000 anni fa, tra cui le grandi caldere dei Vulsini (Bolsena e Latera), di Vico, dei

³⁸ Parco Regionale dell'Appia Antica - Roma.

³⁹ Dipartimento di Scienze - Università degli Studi Roma Tre.

Sabatini (Bracciano e Sacrofano) e dei Colli Albani. Le sorgenti di calore sono legate alla presenza, alla profondità di alcuni chilometri, di grandi camere magmatiche in raffreddamento che rilasciano verso la superficie calore e fluidi ricchi di anidride carbonica e altre specie volatili. In questo quadro, la città di Roma si colloca tra due province geotermiche ad alta-media entalpia: la provincia dei Monti Sabatini a Nord Ovest e quella dei Colli Albani a Sud Est (Fig. 1).

Dal punto di vista dell'efficientamento energetico la geotermia nel contesto romano può essere applicata tramite:

- a) Uso di risorse a bassissima entalpia ($T < 40\text{ °C}$) disponibili nel circuito idrogeologico superficiale. Tali risorse sono legate alla termalità dei primi 100 metri, in cui i dati esistenti (*Capelli et al. 2005*) indicano temperature medie del terreno comparabili con la temperatura superficiale media annua (13 °C). In aggiunta a queste risorse, in vari punti il terreno e le acque raggiungono temperature fino a $25\text{-}30\text{ °C}$, in relazione a percolazione verticale di fluidi geotermici a più alta termalità legati a circuiti più profondi. Le risorse superficiali di bassissima entalpia possono essere utili per applicazioni locali, legate a singoli edifici, con diverse tecniche di estrazione del calore (sonde geotermiche a circuito chiuso o sistemi aperti con estrazione e reimmissione di acqua di falda). Esempi di questa tipologia sono l'impianto geotermico presente nella nuova sede di Ingegneria dell'Università Roma Tre di Via della Vasca Navale, o il Museo Egizio di Torino (sonde geotermiche nei pali di fondazione), così come i progetti esistenti per la realizzazione dell'edificio del Rettorato dell'Università di Tor Vergata (impianto a circuito aperto).
- b) Uso di risorse a più alta termalità ($< 90\text{ °C}$) legate a circuiti più profondi. Tali circuiti possono rappresentare importanti risorse per impianti di larga scala con uso diretto del calore, ad esempio sistemi di teleriscaldamento. Questi sistemi potrebbero interessare interi quartieri, come nel caso di Ferrara, unico esempio italiano in area cittadina.

Questa seconda tipologia di risorsa è largamente sottoutilizzata in Italia, ed in particolare nel sottosuolo romano. Il motivo risiede in parte in

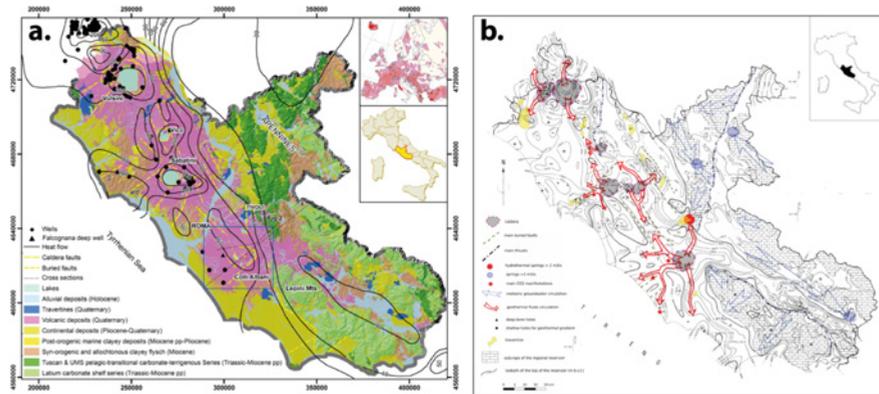


Fig. 1 – (a) Carta geologica semplificata dei complessi vulcanici della provincia geotermica romana (da Giordano *et al.*, 2014). Le isolinee indicano il flusso di calore in mW/m^2 (da Della Vedova *et al.*, 1995). Nel box in alto a destra è indicato il flusso di calore in Europa (le aree in rosso indicano valori $> 150 \text{ mW/m}^2$). (b) Schema interpretativo della circolazione dei fluidi geotermici profondi. (da Giordano *et al.* 2014). La carta di base è la ricostruzione del tetto del substrato carbonatico da ENEL (1987). Le sorgenti di calore sono legate alle grandi caldere quaternarie, dove le strutture vulcanotettoniche consentono l'advezione laterale di fluidi caldi lungo traiettorie di minimo potenziale, ossia lungo gli assi degli alti strutturali. Le frecce blu indicano i flussi principali dei sistemi idrogeologici da Capelli *et al.* (2012).

una non completa conoscenza del sottosuolo romano, come conseguenza della mancanza di dati diretti nell'area metropolitana. Infatti, i valori di temperatura relativi all'area romana furono estrapolati negli anni 1980/90 dall'ENEL per interpolazione dei dati acquisiti nelle aree geotermiche ad alta entalpia ($> 200\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$) dei Monti Sabatini e dei Colli Albani. Fino ad oggi, un altro limite all'utilizzo della risorsa geotermica è rappresentato da un difetto di progettualità, laddove la possibilità dell'utilizzo di questo tipologia di risorsa non è mai stata inserita all'interno di un panorama di risorse disponibili.

Nell'ambito di questo progetto, sono state utilizzate tutte le banche dati esistenti relative al sistema geotermico profondo dell'area laziale al fine di ricostruire geometria del tetto, profondità e spessore del reservoir geotermico profondo, e valutare in base ai dati esistenti le possibili temperature in corrispondenza dell'area metropolitana romana.

8.3 Analisi dei dati di letteratura in ambiente GIS

Il primo stadio dello studio ha previsto la raccolta e l'analisi delle banche dati esistenti relative al sistema geotermico profondo del sottosuolo romano. Tali banche dati sono state successivamente integrate in ambiente GIS e dalla sovrapposizione dei diversi layer è stato possibile interpolare la temperatura al tetto del serbatoio ed a diverse profondità dal piano campagna, così come il volume del serbatoio geotermico presente al di sotto dell'area metropolitana della città di Roma.

Le banche dati disponibili per lo studio del potenziale geotermico del sottosuolo romano comprendono:

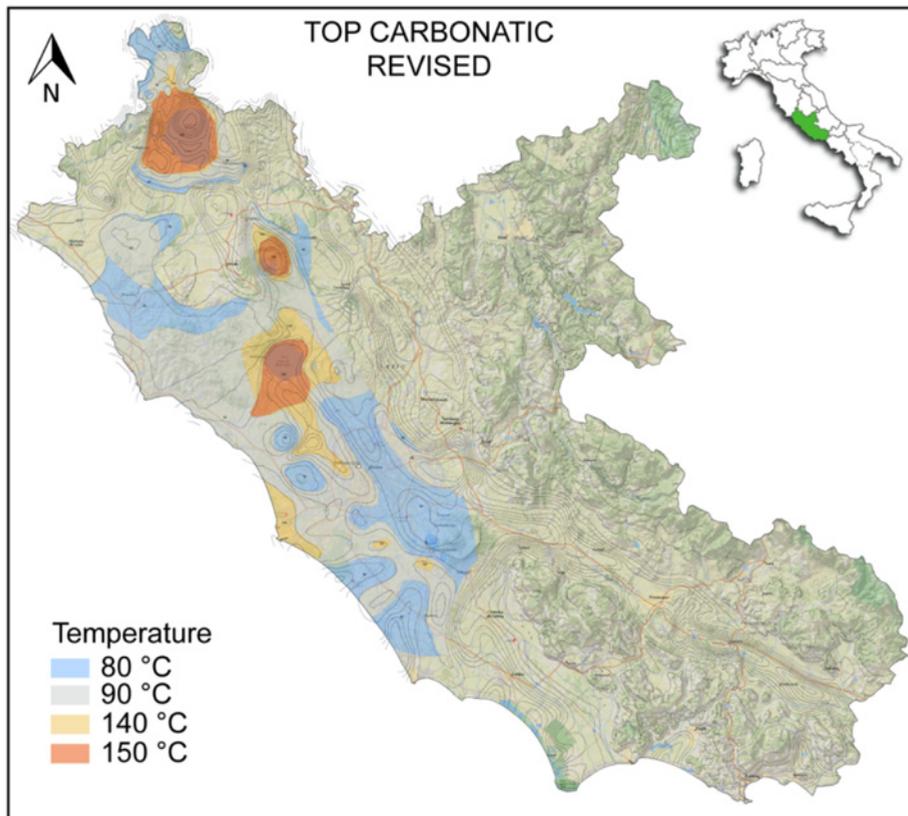


Fig. 2 – Carta delle temperature al tetto del reservoir carbonatico

- geologia di superficie (dati ISPRA, Servizio Geologico d'Italia e UNIROMA TRE)
- gravimetria (dati ISPRA, Di Filippo & Toro, 1980, Cesi *et al.*, 2008)
- sismica (dati progetto ViDEPI del MISE)
- stratigrafie e profili termici di pozzi e pozzetti geotermici (dati UNIROMA TRE e progetto GEOTHOPICA del CNR)
- carte del: flusso di calore, della temperatura a -1000, -2000, -3000 m (banca dati UNMIG del MISE)
- idrogeologia superficiale (Capelli *et al.*, 2005; 2012)
- dati geotermometrici derivati dalle acque sorgive e di falda (Giggenbach *et al.*, 1988; progetto GEOTHOPICA del CNR)
- lineamenti strutturali e mappe di concentrazione di CO₂ nelle acque di falda (Chiodini & Frondini, 2001; Doveri *et al.*, 2010; Giordano *et al.*, 2014).

A partire da questi dati, sono state georiferite, rivisitate e corrette le interpretazioni proposte dall'ENEL per l'area romana relativamente alla geometria e temperatura al tetto del serbatoio geotermico profondo.

Su queste basi sono stati prodotti dei layer vettoriali, dalle cui operazioni

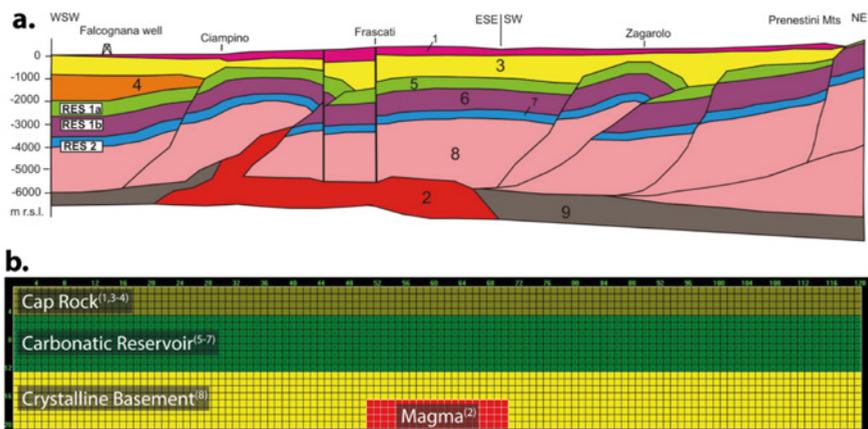


Fig. 3 – (a) Profilo geologico centrato sulla caldera dei Colli Albani (la traccia del profilo è segnata in Fig. 1a). Il reservoir geotermico è indicato con le sigle RES 1a, RES 1b e RES 2. (da Giordano *et al.*, 2014). (b) Griglia utilizzata per le simulazioni numeriche. Sugli assi x ed y i numeri indicano la distanza in km. Il substrato è stato semplificato in quattro tipologie di rocce con caratteristiche termiche differenti: corpo magmatico in raffreddamento (2; rosso); basamento cristallino (8; giallo); reservoir carbonatico (5-7; verde scuro); cap rock (1,3-4; verde chiaro).

di sovrapposizione, è stato possibile ricostruire la temperatura al tetto del serbatoio (Fig. 2) e la termalità alle profondità di -1000, -2000, e -3000 m dal piano campagna.

In base a questa ricostruzione, è stato possibile definire un volume di serbatoio geotermico corrispondente in profondità al perimetro dell'area metropolitana romana, definito al tetto dal layer "TOP CARBONATIC REVISED" ed alla base dal layer "T_-3000". All'interno di questo volume è stata calcolata sia la temperatura media inclusa all'interno delle isoterme presenti, sia la temperatura media generale. In assenza di indicazioni dirette sulla distribuzione della permeabilità, è stata assunta una porosità efficace equivalente di 10% come proposto da Bono (1981).

8.4 Sviluppo del modello concettuale e simulazioni numeriche

Successivamente, lo studio si è concentrato sullo sviluppo di un modello concettuale del serbatoio geotermico al di sotto dell'area romana, allo scopo di vincolare un modello numerico in grado di ricostruire la termalità del serbatoio alla medio-grande scala.

Lo studio dettagliato delle proprietà fisico-chimiche delle rocce

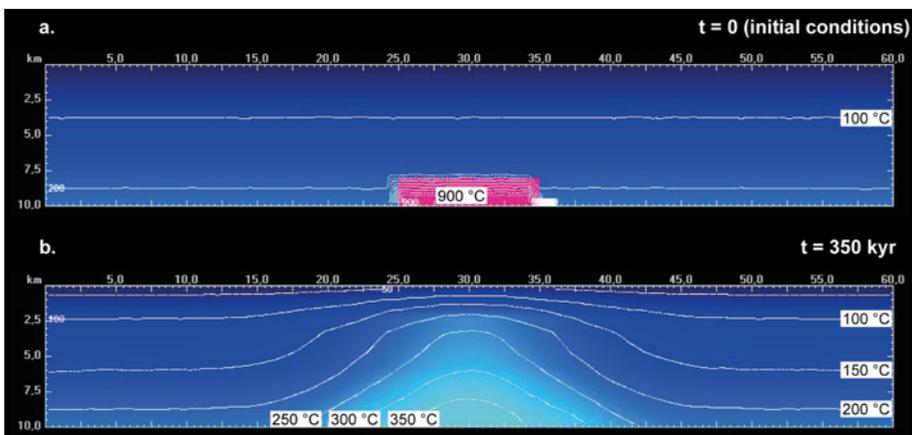


Fig. 4 – Risultati delle simulazioni. (a) Condizioni iniziali ($t=0$ ka). L'area in rosa rappresenta il corpo magmatico in raffreddamento ($T = 900^{\circ}\text{C}$). (b) Condizioni finali ($t=350$ ka). Le isolinee rappresentano le isoterme con spaziatura di 50°C .

costituenti il substrato dell'area in esame ha portato ad una definizione delle proprietà termiche caratteristiche applicabili al modello concettuale semplificato. In particolare sono state considerate quattro classi di rocce: 1) la sorgente magmatica; 2) il basamento cristallino; 3) il reservoir carbonatico; 4) le rocce di copertura. A ciascuna di queste classi sono state associate specifiche proprietà termiche, come riportato in Tab. I.

Tab. I. Parametri di input per le simulazioni numeriche.

	Conducibilità Termica k (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Calore Specifico C_p (J Kg ⁻¹ K ⁻¹)	Diffusività termica a (10 ⁻⁷ m ² s ⁻¹)	Densità ρ (Kg m ⁻³)	Porosità Φ	Temperatura T (°C)
Rocce di copertura	1.5	1000	8.57	1750	-	-
Reservoir carbonatico	1.1	900	4.61	2650	0.085	-
Basamento cristallino	3.2	800	16.00	2600	-	-
Magma	1.8	1200	5.17	2900	-	900

Il modello concettuale è stato quindi utilizzato come base per una serie di simulazioni numeriche (software Heat3D) mirate alla ricostruzione della termalità, e della sua variazione temporale e spaziale al di sotto della città di Roma. In particolare ci si è concentrati su un volume centrato al di sotto della caldera dei Colli Albani per una lunghezza di 120 km ed una profondità di 20 km ed una risoluzione (definita dalla spaziatura del mesh della simulazione) di 500 m (Fig. 3).

E' stata simulata la perturbazione termica causata dal progressivo raffreddamento di un corpo magmatico mafico dalla temperatura iniziale di 900 °C sulle rocce incassanti nell'arco di 350 ka (Fig. 4).

Sono stati estratti profili temporali per l'andamento delle temperature alla base (-6 km) e alla sommità (-2 km) del serbatoio geotermico in corrispondenza della camera magmatica (Fig. 5a) e ad una distanza di 5 Km e 15 km dal suo centro (Fig. 5b-c). Quest'ultimo caso è rappresentativo della condizione termica al di sotto della zona periferica della città di Roma.

Come atteso, le massime temperature sono riscontrate nella parte centrale della caldera. Tuttavia, a 15 km di distanza (equivalente alla periferia di Roma) si ricostruiscono temperature alla sommità del reservoir dell'ordine di 70-90 °C (Fig. 5c).

Questi risultati evidenziano la qualità dell'approssimazione numerica nella ricostruzione della reale termalità profonda. Infatti, i dati ottenuti sono in completo accordo con le temperature determinate mediante la ricostruzione in ambiente GIS (Fig. 2), indicando l'affidabilità dell'approccio numerico per l'analisi del potenziale geotermico a medio-grande scala.

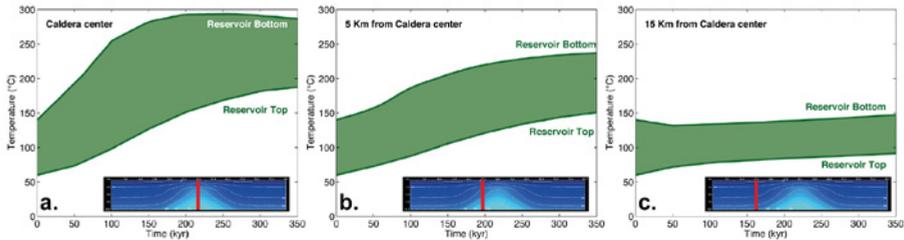


Fig. 5 – Profili temporali della temperatura nell'intervallo 0-350 ka per la base (*Reservoir Bottom*) e la sommità (*Reservoir Top*) del serbatoio geotermico a diverse distanze (0, 5, 15 km) dal centro della caldera. Negli inserti, la barra rossa indica la posizione dei profili rispetto alla sezione di Fig. 4.

8.5 Conclusioni

Il presente studio ha fornito risultati per un profilo dai Colli Albani all'area orientale della città di Roma. E' tuttavia ipotizzabile una situazione analoga (simmetrica) per il profilo dai Monti Sabatini all'area occidentale della città, indicando un potenziale interesse geotermico per gran parte della cinta della città a cavallo del Grande Raccordo Anulare.

Una valutazione del potenziale geotermico legata a un'area metropolitana dell'importanza di Roma non era mai stata tentata, almeno in Italia. Le potenzialità degli acquiferi termali profondi, anche di bassa termalità, nella gestione di interi quartieri di grandi aree metropolitana è dimostrata dalla riqualificazione del quartiere urbano di Clichy-Batignolles a Parigi <<http://www.clichy-batignolles.fr/puits-geothermiques-sur-clichy-batignolles-eau-de-paris-587>>. Lo studio proposto dimostra la presenza nel sottosuolo romano di significative risorse geotermiche di media e bassa entalpia a profondità estremamente favorevoli dal punto di vista imprenditoriale per usi diretti di larga scala ('district heating') sul modello di quello esistente nelle città di Ferrara. In tal senso, è auspicabile che

progetti di riqualificazione urbana, che prevedano risparmio energetico tramite la riconversione delle risorse utilizzate, considerino la risorsa geotermica disponibile negli acquiferi profondi come prioritaria.

In virtù dell'importanza di questa risorsa sarebbe altresì opportuno lanciare un piano di prospezioni geotermiche e geofisiche in area urbana che consentano l'ampliamento della banca dati su cui sono costruite le ricostruzioni proposte, e dunque un maggiore dettaglio con conseguente riduzione delle incertezze sui calcoli della potenzialità di questa risorsa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bono, P., 1981. Valutazione preliminare del potenziale geotermico della regione laziale. *Geol. Romana* 20, 69-78.
- [2] Capelli, G., Mazza, R., Gazzetti, C., 2005. Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio - Gli acquiferi vulcanici. *Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale*, 78. Pitagora Editrice, Bologna.
- [3] Capelli, G., Mastroiello, L., Mazza, R., Petitta, M., 2012. Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1:250000. Regione Lazio. S.EL.CA., Firenze.
- [4] Cesi, C., Eulilli, V., Ferri, F., 2008. Analisi ed interpretazione dei valori delle anomalie di gravità del territorio dell'area romana: correlazione con gli elementi geologici di superficie e la struttura profonda. In: Funicello, R., Praturlon, A., Giordano, G. (Eds.), *La Geologia di Roma. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 80, pp. 97-114.
- [5] Chiodini, G., Frondini, F., 2001. Carbon dioxide degassing from the Albani Hills volcanic region, Central Italy. *Chem. Geol.* 177, 67-83.
- [6] Della Vedova, B., Mongelli, F., Pellis, G., Squarci, P., Taffi, L., Zito, G., 1995. Heat-flow map of Italy. In: Cataldi, R., et al. (Eds.), *Geothermal Ranking of Italian Territory*. *Geothermics*, 24, pp. 115-129.
- [7] Di Filippo, M., Toro, B., 1980. Analisi gravimetrica delle strutture del Lazio meridionale. *Geol. Romana* 19, 285-294.
- [8] Doveri, M., Lelli, M., Marini, L., Raco, B., 2010. Revision, calibration, and application of the volume method to evaluate the geothermal

potential of some recent volcanic areas of Latium, Italy. *Geothermics* 39, 260–269.

- [9] ENEL, 1987. *Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali - Regione Lazio*, Pisa. Internal report.
- [10] Giggenbach, W.F., Minissale, A.A., Scandiffio, G., 1988. Isotopic and chemical assessment of geothermal potential of the Colli Albani area, Latium region, Italy. *Appl. Geochem.* 3, 475-486.
- [11] Giordano, G., De Benedetti, A.A., Bonamico, A., Ramazzotti, P., Mattei, M., 2014. Incorporating surface indicators of reservoir permeability into reservoir volume calculations: Application to the Colli Albani caldera and the Central Italy Geothermal Province. *Earth-Science Rev.* 128, 75-92.

9 Verso un sistema indossabile autonomo per il riconoscimento intelligente di parametri relativi alle attività fisiche

I. Bernabucci, D. Bibbo, C. Caramia, S. Conforto,
C. De Marchis, A. Proto, M. Schmid⁴⁰

9.1 *Abstract*

In questo contributo, sono dapprima passate in rassegna le soluzioni metodologiche e tecnologiche proposte in letteratura per risolvere il problema del riconoscimento e la qualificazione delle attività fisiche attraverso strumentazione indossabile. Successivamente, sono dettagliati gli estremi delle sperimentazioni effettuate per validare un sistema di riconoscimento automatico delle attività motorie basato su sensori inerziali, e per verificare l'effetto di alcuni parametri di set-up sulle accuratezze ottenibili. Inoltre, viene preso in esame l'utilizzo di sensori piezoelettrici flessibili, da integrare all'interno di un sistema indossabile, per il recupero energetico dall'energia prodotta durante le attività fisiche.

9.2 *Introduzione e motivazioni*

Nell'ultimo decennio ci sono stati enormi avanzamenti tecnologici nell'ambito dei dispositivi wireless utilizzati per la progettazione ed uso di reti di sensori corporei (*Body Area Network*, BAN) [1] e dei sensori *smart* indossabili [2]. Lo sviluppo di queste tecnologie ha permesso di facilitare l'analisi di molti parametri fisiologici e motori [3]. L'obiettivo di questo capitolo è quello di presentare gli studi condotti nell'area dello sviluppo di reti di sensori inerziali e di trasduttori in grado di monitorare

⁴⁰ BioLab³ - Engineering Department - Roma Tre University, Rome, Italy.

i suddetti parametri e nell'area dell'elaborazione dei segnali acquisiti da questi sensori. L'interesse primario è quello di ottenere un sistema di monitoraggio delle attività motorie operante insieme ad un sistema di recupero energetico delle stesse. La possibilità di avere a disposizione un sistema di analisi automatico del tipo di attività e della modalità con cui viene effettuata, in grado di autoalimentarsi, è di fondamentale importanza nell'ottica di un programma di monitoraggio a lungo termine per il mantenimento di stili di vita attivi soprattutto nella popolazione anziana.

Le linee di ricerca che vengono di seguito riportate si inquadrano, dunque, nella prospettiva di uno sviluppo di tecnologie intelligenti tese sia a ottimizzare l'utilizzo di energia da parte di sistemi di analisi per le persone, sia a rendere efficiente l'utilizzo dell'informazione del dispendio energetico delle stesse in ambienti domestici. Queste finalità possono essere raggiunte attraverso lo studio e l'implementazione di tecnologie e di algoritmi in grado di estrarre determinati parametri informativi dalle attività fisiche e di correlare questi parametri con l'informazione specifica relativa al consumo di energia. In particolare, risulta utile indirizzare lo studio verso due direzioni complementari: da una parte, l'ottimizzazione dell'estrazione di parametri relativi al tipo e qualità delle attività motorie, a partire da sistemi basati su sensori inerziali; dall'altro, l'utilizzo e l'integrazione, in tali sistemi, di sensori indossabili in grado di trasformare l'energia meccanica prodotta durante l'esecuzione delle attività fisiche in energia elettrica, e quindi di autoalimentarsi. Le due direzioni devono convergere nello sviluppo: 1) di algoritmi di elaborazione dei parametri e dei segnali acquisiti in grado di classificare diverse attività motorie, specifiche fasi all'interno delle attività motorie e di stimare il consumo energetico relativo alle attività motorie; 2) di sistemi indossabili autoalimentati per l'acquisizione dei parametri. Questo obiettivo è stato perseguito attraverso lo svolgimento di due fasi successive, qui di seguito descritte.

La prima fase definita nei seguenti punti:

- Acquisizione di dati attraverso i sistemi di sensori
 - Acquisizione di dati attraverso l'utilizzo di sensori inerziali e sistemi di acquisizione marker video ad alta risoluzione.
 - Acquisizione di dati attraverso trasduttori piezoelettrici.
- Implementazione di algoritmi e analisi dei segnali acquisiti. In particolare:

- Implementazione di algoritmi in grado di ottimizzare l'estrazione di parametri cinematici, intesi come indici della qualità dell'attività motoria.
- Analisi di segnali provenienti da trasduttori indossabili al fine di monitorare l'energia ottenibile dall'attività motoria.

La seconda fase è definita nei seguenti punti:

- Individuazione del set di parametri estratti dai sensori inerziali, di potenziale interesse per la descrizione delle attività motorie, e come marker di attività fisica in contesto di *e-health*.
- Ricerca di soluzioni tecnologiche per l'integrazione di un sistema di recupero energetico basato su *flexible sensor*, da integrare a bordo delle unità inerziali per la descrizione delle attività motorie.

Nel seguito, saranno descritti gli elementi caratterizzanti le diverse fasi sopra descritte, e i risultati ottenuti.

9.3 Estrazione di parametri del cammino attraverso sensori inerziali

La vasta letteratura riguardante lo studio del cammino, quale azione biomeccanica attraverso la quale è possibile muoversi nello spazio, costituisce un punto di convergenza di varie discipline, dalla meccanica alla fisiologia, dall'elettronica alla neurologia. L'insieme di questi "punti di osservazione" ha permesso di raggiungere enormi avanzamenti nell'ambito valutazione clinica della locomozione, mostrando, nel contempo, come un'azione così apparentemente naturale e normalmente "priva di una forte componente di pianificazione motoria, sia in realtà il risultato di una complessa interazione tra segmenti corporei, mobilità delle strutture articolari ed effetti di forze esterne ed interne [4]. Questa interazione, specializzatasi nel tempo, è il perno su cui si sviluppa l'adattamento funzionale degli arti inferiori che permette di camminare lungo differenti percorsi anche in presenza di ostacoli.

Un contributo importante nel passaggio dall'analisi qualitativa del cammino ad una sempre più precisa analisi quantitativa è sicuramente stato permesso dall'avanzamento tecnologico degli strumenti in grado di rilevare i dati correlati alle funzioni motorie. Questi dati non sono stati

fondamentali solo dal punto di vista della ricerca di base, per descrivere in maniera sempre più completa le varie fasi che contraddistinguono la locomozione dal punto di vista biomeccanico [5], per evidenziare i processi sinergici dei moduli motori [6], ma anche e soprattutto dal punto di vista della clinica [7], il cui fine ultimo è sempre stato quello di avere tecniche e tecnologie in grado di rilevare alterazioni funzionali e osservare le risposte ai trattamenti. Molteplici sono gli strumenti utilizzabili per l'analisi del cammino: una prima distinzione può essere fatta distinguendo tra sensori indossabili e sensori non indossabili [8].

I sensori indossabili sono utilizzati in maniera sempre più pervasiva in differenti applicazioni collegate alla salute; questo grazie al basso costo ed all'accessibilità a tecnologie sempre più miniaturizzate in grado di catturare variabili associate allo stato di salute di una persona [9, 10]. Se, per la descrizione delle attività motorie, i sistemi optoelettronici – che acquisiscono nel tempo le coordinate spaziali di marker posizionati su punti di riferimento anatomici e permettono la ricostruzione dei movimenti dei singoli segmenti corporei – sono caratterizzati da un'elevata accuratezza della ricostruzione della cinematica dei segmenti, bisogna tuttavia considerare che il loro volume di analisi è tuttavia limitato. Corrispondentemente, nell'ottica di un utilizzo a lungo termine, in un ambiente controllato, il metodo più efficiente viene fornito dall'utilizzo di unità inerziali [11], principalmente una fusione di giroscopi, accelerometri e magnetometri i quali permettono una rilevazione continua del movimento; generalmente l'informazione derivante dai pattern acquisiti da queste unità (molte volte organizzate in rete) permette, attraverso determinati algoritmi, l'identificazione di specifiche attività motorie e/o differenti modalità di locomozione. Un ulteriore vantaggio è una integrazione ormai estensiva all'interno di *smartphone*, *smartwatch* e *smart bracelet* per catturare variabili collegate al movimento. Volume ed intensità delle attività fisiche sono solamente due delle possibili quantità che possono essere estratte dai dati dei sensori inerziali e che possono essere utilizzati per classificare tra quelle che possono essere considerate attività ad alta intensità, come la corsa e gesti sportivi in genere [12] e quelle che possono essere considerate a bassa intensità come camminare, salire e scendere le scale [13, 14]. Se ci si focalizza sul cammino, anche se esistono

differenti applicazioni sul mercato che riescono a fornire informazioni sulla quantità del cammino effettuato (generalmente, una stima del volume dell'attività fisica attraverso la stima del numero di passi, ed attraverso semplici regressioni, la stima dell'energia spesa per essi), solamente poche di queste sono in grado di fornire informazioni sui parametri associati alla qualità della camminata. Alcuni dei parametri spazio-temporali utilizzati sono la frequenza del cammino (*stride frequency*) e la durata del passo (*stride time*), che mostrano una buona accuratezza anche con pochi passi



(a)



Fig. 2 – Posizionamento dei sensori inerziali. Per confronto, sono visibili anche i marker utilizzati

a disposizione ed indipendentemente da fattori antropometrici [15, 16]. Altri parametri frequentemente utilizzati sono la *gait regularity* e la *gait symmetry*, che determinano la similarità di passi e semipassi nel cammino. Questi parametri sono stimati in maniera accurata da sensori accelerometrici posizionati sulla parte inferiore del busto [17] o sui piedi [18]. Più problematica, inoltre, risulta l'estrazione dei parametri spaziali del cammino (come ad esempio, la lunghezza del passo, o la alzata durante il passo), che risentono della natura differenziale delle grandezze che possono essere raccolte con tali unità.

Nell'ambito del presente lavoro, quindi, un primo studio [19] è stato effettuato valutando l'effetto di alcuni parametri di set-up sulla accuratezza che si raggiunge nell'estrazione di alcuni parametri del cammino: il posizionamento dei sensori in differenti posizioni della parte inferiore della schiena; la variazione dei parametri di filtraggio utilizzati nell'acquisizione dei segnali; l'effetto della velocità di locomozione. Lo studio è stato effettuato su 8 volontari e, per valutarne la validità concorrente rispetto ai sistemi optoelettronici, presi come golden standard, l'esperimento è stato condotto in ambiente di laboratorio lungo un percorso di 5

metri. Ogni partecipante ha indossato 3 unità di misura inerziali wireless (Shimmer3, Shimmer sensing, Ireland), posizionate in 3 punti differenti lungo la colonna vertebrale. I parametri spazio-temporali estratti dall'elaborazione dei segnali acquisiti dai sensori inerziali sono stati messi a confronto con i valori dei medesimi parametri estratti attraverso un sistema stereofotogrammetrico (SMART DX 6000, BTS Bioengineering, Italy).

Utilizzando la formula modificata del pendolo invertito [20] per calcolare il parametro di step length a partire dai dati antropometrici, è stato possibile calcolare tutti i restanti parametri necessari dai segnali accelerometrici. I risultati ottenuti in questa prima fase hanno mostrato come la stima dell'errore (risultante dalla differenza dei valori ottenuti dal sistema optoelettronico e l'unità inerziale) sia dipendente da i 3 fattori presi in considerazione nello studio; tuttavia è stato possibile arrivare a definire un posizionamento ottimale per il sensore (per diverse velocità di cammino) e un valore di taglio per il filtro che permettesse un valore minimo di stima di errore per il calcolo dei parametri spazio-temporali.

9.4 Trasduttori PVDF indossabili per il recupero dell'energia biomeccanica e il riconoscimento del cammino

Il limite principale dei sensori indossabili è generalmente legato alle necessità legate alla sua alimentazione: da una parte, per aumentare i tempi di utilizzo continuo, la grandezza della batteria che li alimenta può rendere l'unità non comoda in termini di "vestibilità" per un utilizzo continuo, e l'accuratezza nell'estrazione di parametri di interesse ne viene a risentire, per effetto delle componenti inerziali dell'unità stessa; dall'altra, diminuire le dimensioni della batteria porterebbe a determinare una diminuzione del loro tempo operativo [21]. Da qui nasce l'importanza di estrarre energia da sorgenti esterne che possano portare allo sviluppo di sistemi indossabili con tempo operativo più alto, in una prospettiva di autonomia energetica [22]. Le fonti ambientali più accessibili di energia sono costituite dalla luce, dai gradienti termici, dalle onde a radio frequenza e dalle vibrazioni meccaniche.

Tra i dispositivi più comuni per estrarre l'energia troviamo le celle PV flessibili, i generatori termoelettrici e i trasduttori di film piezoelettrici

che permettono rispettivamente di estrarre energia dal sole, dal calore umano scambiato con l'ambiente e dai movimenti biomeccanici del corpo umano. In passato un interesse particolare è stato rivolto proprio all'ultimo tipo di sorgente energetica, cercando di recuperare energia dal più comune movimento biomeccanico umano: il cammino [23]. Lo sviluppo di diversi tipi di trasduttori (elettromagnetici, elettrostatici e piezoelettrici) ha permesso di giungere alla progettazione di sistemi indossabili di recupero di energia biomeccanica. In questo contesto, i trasduttori che offrono il miglior rapporto vestibilità/efficienza sono i trasduttori



Fig. 3 – Particolare del posizionamento del sensore PVDF

piezoelettrici, utilizzati in diversi studi sul recupero energetico biomeccanico [24,25] e tra questi quelli che mostrano maggiori vantaggi in termini di flessibilità, resistenza meccanica e facilità di lavorazione sono i materiali piezoelettrici a base polimerica come il Polivinildenfluoruro (PVDF).

Un secondo insieme di sperimentazioni è stato quindi relativo all'estrazione di energia dalle componenti biomeccaniche precedentemente descritte [26], utilizzando un film di PVDF – LDT4-028k – (www.meas-spec.com), composto di uno strato di 125 μm di poliestere, 28 μm di PVDF ed un ulteriore strato di 28 μm di poliestere a protezione dello strato intermedio.

Le dimensioni geometriche del trasduttore sono di 156 mm di lunghezza per 19 mm di larghezza per 0.0028 mm di spessore. Il sistema di acquisizione è un NI USB-6210 (National Instruments) e il protocollo sperimentale, in questo caso, si basa sull'analisi dei segnali acquisiti da un campione di soggetti ai quali è stato richiesto di camminare su percorsi rettilinei. Per confronto, in un sottoinsieme di tali registrazioni è stato usato anche un sensore inerziale (Shimmer3, Shimmer sensing, Ireland).

I risultati ottenuti per quanto riguarda lo studio del trasduttore come

estrattore di energia biomeccanica hanno mostrato un valore di rms di circa $1.45 \mu\text{W}$ recuperabile su cammino piano. Questa quantità è sufficiente per fornire in maniera continuativa energia per component elettronici di tipo commerciale come orologi real-time, circuiti di controllo della tensione e amplificatori operazionali a nano potenza. Questi risultati sono in linea con studi presenti in letteratura [27].

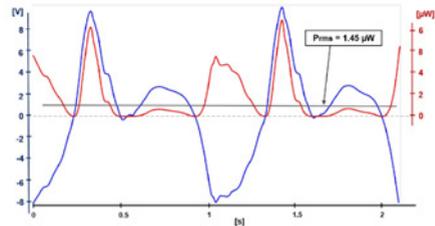


Fig. 4 – Potenza istantanea recuperabile durante il ciclo del passo

Il trasduttore PVDF è stato inoltre testato in termini di capacità di riconoscere le diverse fasi del passo: i risultati hanno mostrato, mettendo a paragone i profili del segnale del giroscopio con quello del trasduttore, come sia possibile riconoscere gli istanti temporali di contatto iniziale del tallone (heel strike) e di sollevamento dell'alluce nell'appoggio terminale (toe off), che rappresentano i

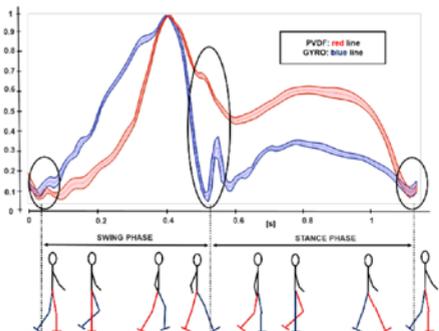


Fig. 5 – Identificazione delle fasi del cammino attraverso sensori PVDF

momenti di inizio rispettivamente della fase di appoggio (stance) e della fase di oscillazione (swing) del ciclo del passo. Si è notato che il trasduttore restituisce, in individui giovani sani, un pattern in grado di identificare le percentuali delle due fasi di stance e swing all'interno del ciclo in coerenza con i dati presenti in letteratura: 40% di fase di swing e 60% di fase di stance [28].

Anche se le inaccurately nella identificazione di tali eventi temporali a partire dai sensori piezoelettrici rendono tale approccio sub-ottimo se utilizzato da solo, esso può rappresentare un utile strumento per la stima first-guess, cui il sensore inerziale può fare riferimento, per la ricerca fine e la correzione.

9.5 Conclusioni

La linea relativa all'estrazione di parametri cinematici a partire da un sistema di sensori inerziali ha condotto alla definizione di tecniche di identificazione automatica real-time di cicli del passo, di algoritmi di estrazione di specifici parametri cinematici del cammino quali *step length*, *step velocity*, *stride regularity* e *step symmetry* e di valutazione di modalità di ottimizzazione di acquisizione di segnali inerziali.

La linea relativa all'analisi di segnali provenienti da trasduttori indossabili al fine di monitorare l'energia ottenibile da attività motorie ha portato anch'essa a risultati interessanti. È stato testato e analizzato un sistema indossabile in grado infatti, non solo di monitorare la trasformazione di energia meccanica in energia elettrica, ma di utilizzare questa stessa informazione per distinguere diverse fasi dell'attività motoria. I risultati raggiunti rappresentano un passo fondamentale per la fase successiva dell'attività di ricerca e nello stesso tempo forniscono spunti per intraprendere diramazioni innovative a partire dalle linee guida preposte. L'insieme dei sistemi presentati nel progetto sono stati utilizzati anche per una sperimentazione complessa e articolata che ha condotto alla acquisizione e alla analisi di dati raccolti attraverso sensori inerziali su soggetti intenti a compiere attività dual-task con lo smartphone. Sono state applicate le metodologie sviluppate durante la prima fase del periodo di ricerca al fine di convogliare gli output di queste analisi in un sistema in grado di fornire un quadro esaustivo delle informazioni cinematiche e dei parametri del cammino. I principali risultati raggiunti all'interno dei due filoni principali di tale attività sono stati la validazione di un set di algoritmi specifici per l'analisi dei parametri del cammino mediante l'utilizzo di sensori inerziali portabili e la prototipazione di sistemi di *energy harvesting textile-based* in grado di autoalimentarsi (ed eventualmente, seguendo geometrie di progettazione ottimali, di alimentare) e nello stesso tempo di poter essere utilizzati come rilevatori di fasi del passo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Latré, B., Braem, B., Moerman, I., Blondia, C., & Demeester, P. (2011). A survey on wireless body area networks. *Wireless Networks*, 17(1), 1-18.
- [2] Chan, M., Estève, D., Fourniols, J.Y., Escriba, C., & Campo, E. (2012). Smart wearable systems: Current status and future challenges. *Artificial intelligence in medicine*, 56(3), 137-156.
- [3] Bonato, P. L'uso di sistemi indossabili nella riabilitazione motoria. In Bonfiglio, A., Cerutti, S., De Rossi, D., & Magenes, G. *Sistemi indossabili intelligenti per la Salute e la Protezione dell'Uomo*, ed. Patron, 2008 (pp. 357-384). ISBN 978-88-555-2994-5.
- [4] Giannini, S. (1994). *Gait analysis: methodologies and clinical applications*. IOS press.
- [5] Sutherland, D. H. (2002). The evolution of clinical gait analysis: Part II Kinematics. *Gait & posture*, 16(2), 159-179.
- [6] Clark, D. J., Ting, L. H., Zajac, F. E., Neptune, R. R., & Kautz, S. A. (2010). Merging of healthy motor modules predicts reduced locomotor performance and muscle coordination complexity post-stroke. *Journal of neurophysiology*, 103(2), 844-857.
- [7] Baker, R. (2006). Gait analysis methods in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 3(1), 4.
- [8] Muro-De-La-Herran, A., Garcia-Zapirain, B., & Mendez-Zorrilla, A. (2014). Gait analysis methods: An overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. *Sensors*, 14(2), 3362-3394.
- [9] Bonato, P. (2010). Wearable sensors and systems. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 29(3), 25-36.
- [10] De Marchis, C., Schmid, M., & Conforto, S. (2012). An optimized method for tremor detection and temporal tracking through repeated second order moment calculations on the surface EMG signal. *Medical engineering & physics*, 34(9), 1268-1277.
- [11] Aminian, K., & Najafi, B. (2004). Capturing human motion using body fixed sensors: outdoor measurement and clinical applications. *Computer animation and virtual worlds*, 15(2), 79-94.

- [12] De Marchis, C., Severini, G., Castronovo, A. M., Schmid, M., & Conforto, S. (2015). Intermuscular coherence contributions in synergistic muscles during pedaling. *Experimental brain research*, 233(6), 1907-1919.
- [13] Fida, B., Bernabucci, I., Bibbo, D., Conforto, S., & Schmid, M. (2015). Varying behavior of different window sizes on the classification of static and dynamic physical activities from a single accelerometer. *Medical engineering & physics*, 37(7), 705-711.
- [14] D'Anna, C., Schmid, M., Bibbo, D., Bertollo, M., Comani, S., & Conforto, S. (2015). The Effect of continuous and discretized presentations of concurrent augmented visual biofeedback on postural control in quiet stance. *PLoS one*, 10(7), e0132711.
- [15] Caramia, C., Schmid, M., Bernabucci, I., De Marchis, C., & Conforto, S. (2016). Extraction of gait parameters from inertial sensor in side-by-side walkin. In 17th SIAMOC National Congress, Milan, 2016.
- [16] Caramia, C., Bernabucci, I., Fida, B., Proto, A., & Schmid, M. (2016). The influence of filtering on spatio-temporal gait parameters estimation from inertial sensors. In 5th Congress of the National Group of Bioengineering.
- [17] Moe-Nilssen, R., & Helbostad, J. L. (2004). Estimation of gait cycle characteristics by trunk accelerometry. *Journal of biomechanics*, 37(1), 121-126.
- [18] Rebula, J. R., Ojeda, L. V., Adamczyk, P. G., & Kuo, A. D. (2013). Measurement of foot placement and its variability with inertial sensors. *Gait & posture*, 38(4), 974-980.
- [19] Caramia, C., Bernabucci, I., Conforto, S., De Marchis, C., Proto, A., & Schmid, M. (2016, December). Spatio-temporal gait parameters as estimated from wearable sensors placed at different waist levels. In *Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), 2016 IEEE EMBS Conference on* (pp. 727-730). IEEE.
- [20] Gonzalez, R. C., Alvarez, D., Lopez, A. M., & Alvarez, J. C. (2007, August). Modified pendulum model for mean step length estimation. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 1371-1374). IEEE.
- [21] Chan, M., Estève, D., Fourniols, J. Y., Escriba, C., & Campo, E. (2012).

- Smart wearable systems: Current status and future challenges. *Artificial intelligence in medicine*, 56(3), 137-156.
- [22] Gambier, P., Anton, S. R., Kong, N., Erturk, A., & Inman, D. J. (2011). Piezoelectric, solar and thermal energy harvesting for hybrid low-power generator systems with thin-film batteries. *Measurement science and technology*, 23(1), 015101.
- [23] Starner, T. (1996). Human-powered wearable computing. *IBM systems Journal*, 35(3.4), 618-629.
- [24] Jung, W. S., Lee, M. J., Kang, M. G., Moon, H. G., Yoon, S. J., Baek, S. H., & Kang, C. Y. (2015). Powerful curved piezoelectric generator for wearable applications. *Nano Energy*, 13, 174-181.
- [25] Shenck, N. S., & Paradiso, J. A. (2001). Energy scavenging with shoe-mounted piezoelectrics. *IEEE micro*, 21(3), 30-42.
- [26] Proto, A., Fida, B., Bernabucci, I., Bibbo, D., Conforto, S., Schmid, M., ... & Penhaker, M. (2016, December). Wearable PVDF transducer for biomechanical energy harvesting and gait cycle detection. In *Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), 2016 IEEE EMBS Conference on* (pp. 62-66). IEEE.
- [27] Bassani, G., Filippeschi, A., & Ruffaldi, E. (2015, August). Human motion energy harvesting using a piezoelectric MFC patch. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 5070-5073). IEEE.
- [28] Umberger, B. R. (2010). Stance and swing phase costs in human walking. *Journal of the Royal Society Interface*, 7(50), 1329-1340.

MOBILITA'

10 Ingegneria dei trasporti per la mobilità sostenibile nel settore dei beni culturali

PhD. Stefano Carrese, Andrea Gemma⁴¹

10.1 Abstract

Nell'ambito della mobilità urbana sostenibile, uno dei modi di trasporto migliori e più utilizzati per la fruizione dei beni culturali è la mobilità pedonale. Generalmente questa modalità viene studiata dal punto di vista della sicurezza e poco viene fatto per lo studio di come, questo modo di trasporto, impatta sulla godibilità di una visita dei beni di una città. L'idea di fondo di questa ricerca è basata sulla considerazione che la medesima città risulta diversamente gradevole in funzione di come questa viene visitata: il turista risulterà più soddisfatto della propria visita se raggiunge la meta attraverso un percorso ombreggiato e verdeggianti piuttosto che attraverso una strada trafficata e poco pulita. Grandezze come pulizia, traffico, ombra, verde, accessibilità all'acqua o ai servizi igienici influenzano la percezione della città stessa. La ricerca si è quindi incentrata nella definizione di un modello comportamentale della mobilità turistica attraverso la definizione di un indice di gradimento del turista (IGT) nella fruizione dei beni culturali della città, indice che può essere usato per comprendere come il territorio influenza la percezione del turista.

Il possibile impatto tecnologico di questa ricerca potrebbe essere la creazione di due applicativi:

1. un'app sullo stile di "Trip Advisor", ma orientato alla guida ai percorsi pedonali per visitare le città turistiche. L'ipotesi di un nome dell'app potrebbe essere *Street Advisor*

⁴¹ (stefano.carrese@uniroma3.it, andrea.gemma@uniroma3.it) Dipartimento di Ingegneria – Sezione di Ingegneria Civile - Università Roma Tre.

2. un sistema di supporto alle decisioni, *DSSStreet*, per le pubbliche amministrazioni in grado di supportare la progettazione di una città più orientata ai turisti e alla mobilità sostenibile in generale o per calcolare i migliori percorsi urbani da suggerire ai pedoni.

Il progetto (MVSE - Mobilità Urbana Sostenibile) ha visto coinvolto un gruppo di ricerca⁴² interdisciplinare che ha messo a fattor comune le proprie competenze al fine di perseguire un unico obiettivo con approcci diversi ma complementari. Il risultato di questa attività è da considerarsi completamente condiviso nei meriti così come lo è stato negli oneri.

Ingegneria ha dato il suo maggior contributo nell'area informatica e di analisi territoriale.

10.2 Obiettivi

Obiettivo di ricerca: Modellare il comportamento, nell'ambito della mobilità, dei turisti e dei pellegrini al fine di permettere ad un decisore di pianificare al meglio la città per una mobilità più sostenibile.

Per raggiungere questo obiettivo si è deciso di procedere identificando in primis un ambito specifico di studio e successivamente effettuare una serie di attività che permettessero di comprendere l'area di studio e come questa venisse percepita dai turisti o dai pellegrini.

L'area di studio scelta è stata la città di Roma, meta di 13.000.000 di turisti l'anno ed in particolare il Municipio I che ingloba al suo interno il centro storico. Identificata l'area sono state effettuate le seguenti attività:

- Analisi territoriale:
 - Identificazione e raccolta dati – Open-data;
 - Costruzione di un sistema informativo territoriale (SIT) per la condivisione dell'informazione;
 - Identificazione dei punti di maggior interesse per lo studio;
 - Elaborazione e analisi dati;

⁴² Architettura: Prof. Andrea Filpa, PhD. Lorenzo Barbieri - Economia: Prof. Edoardo Marucci, Prof. Valerio Gatta. PhD. Michela Le Pira - Ingegneria: Prof. Stefano Carrese, PhD. Andrea Gemma - Scienze della Formazione: Prof. Giuseppe Carrus, PhD. Ylenia Passiatore, PhD. Angelo Panno.

- Indagini:
 - Definizione del questionario;
 - Somministrazione del questionario;
 - Georeferenziazione dei questionari;
 - Analisi dei risultati;
- Indice di Gradimento turistico:
 - Definizione;
 - Applicazione.

10.3 *Analisi territoriale*

Questa fase è iniziata con il riconoscimento delle possibili fonti di informazione che avrebbero potuto fornire dei dati di interesse per lo studio. Durante l'analisi sono state identificate le seguenti fonti:

- Open-data:
 - Comune di Roma;
 - Provincia di Roma;
 - Roma Servizi per la Mobilità - Agenzia della Mobilità di Roma Capitale;
Dall'analisi effettuata il comune e la provincia di Roma si sono dotati di alcuni portali ricchi di informazioni open ed in particolare, con riferimento alla mobilità, l'agenzia della mobilità di Roma, offre l'accesso di alcuni suoi dati, direttamente dal proprio portale.
- Siti internet: In rete si sono identificati diversi siti che in chiaro fornivano alcuni dati di interesse;
- Studi precedenti del gruppo di lavoro;
- Nuove elaborazioni: Dall'utilizzo di alcune delle informazioni raccolte si è proceduto con la creazione di nuovi dati caratterizzate da in più elevato contenuto informativo rispetto al problema in analisi.

Attraverso queste fonti si è proceduto alla raccolta e geolocalizzazione delle seguenti informazioni:

- Rete pedonale: per poter modellare il comportamento della

mobilità ci si è dotati di un grafo pedonale dell'intero Municipio I del comune di Roma;

- Rete del trasporto pubblico: analogamente al grafo pedonale è stato raccolto l'intero servizio di pianificazione della città di Roma;
- Velocità real-time del trasporto pubblico: Accessibili gratuitamente attraverso i web-service messi a disposizione da Roma Servizi per la Mobilità;
- Velocità storiche del trasporto privato: Concessi per lo studio effettuato da Roma Servizi per la Mobilità;
- Altimetria e altezza degli edifici: Si è avuto accesso ad una cartografia del centro storico di Roma contenente l'altezza degli edifici e l'altimetria dei terreni in prossimità degli edifici;
- Idrologia di fontanelle di acqua potabile: Attraverso i web-service di alcuni siti pubblicati online è stato possibile raccogliere la mappa idrologica del territorio e la presenza di fontanelle di acqua potabile;
- Servizi igienici: disponibili online e integrata con la localizzazione di BAR;
- Beni culturali: chiese, monumenti, aree archeologiche e vari tipologie di POI estratti dagli open-data dal comune e della provincia;
- Strutture ricettive: Hotel, B&B, Ostelli, etc... estratti dagli open-data dal comune e della provincia;
- Presenze e durate medie giornaliere dei turisti estratti dagli open-data dal comune e della provincia;
- Percorsi giubilarli e turistici: estratti da siti e guide turistiche.

I dati reperiti e inseriti nella piattaforma, sono stati arricchiti da alcune elaborazioni statistiche o geo-spaziali che hanno prodotto un insieme di layer ad un più alto contenuto informativo come:

- Zone di ombra in diverse fasce orarie: attraverso l'altimetria del terreno, la volumetria degli edifici e il calcolo della posizione del sole nel mese di luglio (mese utilizzato per la calibrazione) è stato possibile calcolare le zone d'ombra sul territorio;
- Pendenze: Attraverso dei join spaziali e delle interpolazioni è stato possibile ricondurre le informazioni di altimetria della base degli edifici alle strade. Questa informazione è stata completata dall'utilizzo di un

- DEM per il calcolo dell'altimetria del terreno;
- Occupazione dei posti letto per singola struttura ricettiva: questa informazione è stata estratta elaborando l'occupazione a livello comunale per tipologia di struttura e distribuendola sulle strutture in funzione della disponibilità di posti letto e della categoria. Oltre alla distribuzione statistica tutte le strutture ricettive sono state localizzate a partire dagli indirizzi disponibili sugli open-data del comune;
 - Livello di congestione del trasporto pubblico e privato - Origini e destinazioni degli spostamenti turistici: i dati sul trasporto pubblico e sulle origini e destinazioni dei turisti, sono stati frutto di una collaborazione con l'Agenzia della Mobilità di Roma che ci ha permesso di analizzare real-time i dati della flotta del trasporto pubblico e l'interazione degli utenti con i servizi di mobilità offerti dal comune attraverso il sito muovi.roma.it. Sono state quindi isolate le richieste effettuate dai turisti ed incrociate con gli attrattori turistici e le strutture ricettive per scoprire i percorsi più utilizzati dai pellegrini e dai turisti.

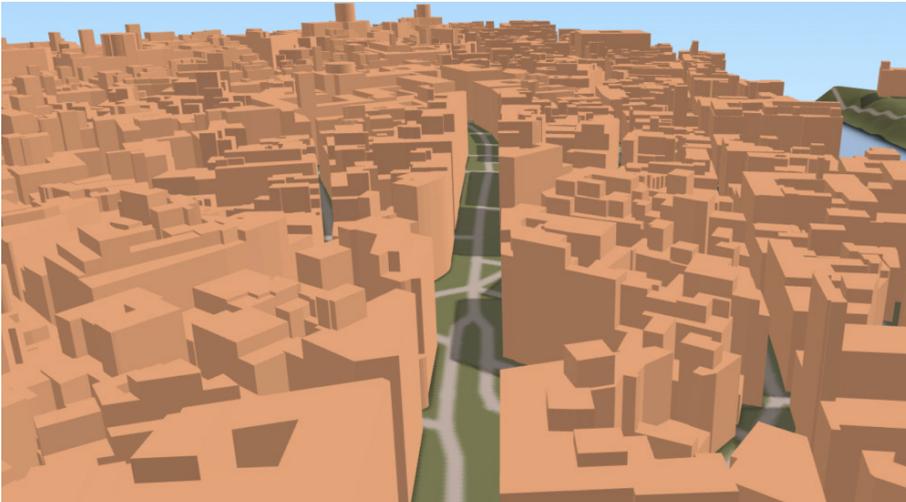


Fig. 6 – Ricostruzione 3D con calcolo delle zone ombreggiate

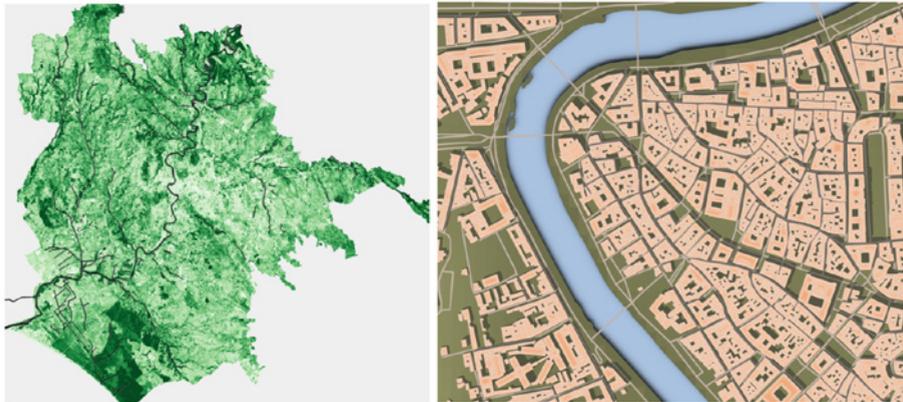


Fig. 7 – Indice di vegetazione - Edifici, Idrologia e Ombre

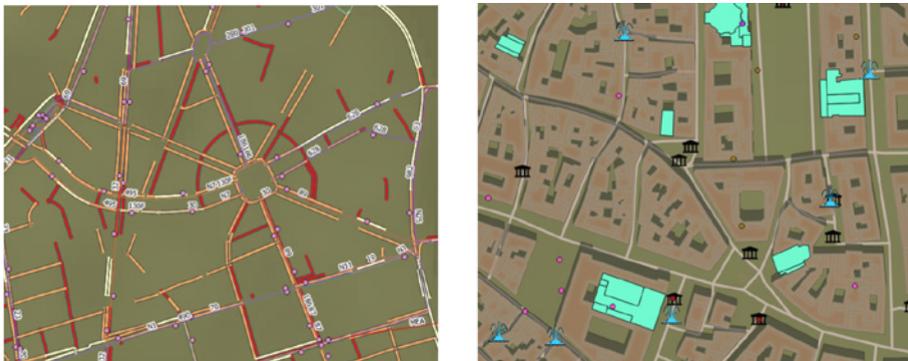


Fig. 8 – Congestione del Trasporto Pubblico - Monumenti e beni culturali

I dati sono stati memorizzati all'interno di un database geo-spaziale per creare un Sistema Informativo Territoriale ed essere quindi fruibili digitalmente. All'interno del SIT sono stati processati per poter calcolare degli indicatori generali che potessero quantificare queste grandezze su una strada o all'interno di un'area (es: quanta ombra c'è in questa strada? le fontanelle sono accessibili da questa piazza?). Di seguito vengono elencati alcuni gli algoritmi maggiormente usati per poter calcolare gli indicatori:

- L'algoritmo di Kriging che ha permesso di eseguire delle regressioni spaziali andando a minimizzare l'errore quadratico medio durante l'interpolazione spaziale per stimare le grandezze in assenza di misura;
- Algoritmi di clustering raggruppando elementi simili per tipologia

e posizione spaziale;

- Algoritmi di buffering e prossimità per l'associazione delle grandezze agli archi.

La loro applicazione ha quindi permesso di aggregare e discretizzare sul territorio le informazioni eterogenee del SIT e di applicarle definitivamente alla rete pedonale creando una base di conoscenza territoriale fruibile da algoritmi di analisi dei grafi.

10.4 *Indagini*

Con la realizzazione dei questionari si sono volute indagare quelle grandezze che avrebbero potuto influenzare il giudizio dei turisti nella fruizione del territorio e dei suoi servizi.

Dopo un confronto interno al gruppo di ricerca si sono identificate alcune grandezze che potevano verosimilmente influenzare il giudizio del turista rispetto ad un percorso.

Per poter validare l'utilizzo di queste grandezze sono stati somministrati dei pre-questionari che hanno evidenziato i seguenti attributi come i principali:

- Pulizia
- Continuità del percorso
- Tempo di percorrenza
- Servizi Igienici
- Comfort termico: Ombra e Verde
- Interferenza del traffico e della consegna merci.

Grazie al contributo del Dipartimento di Scienze della Formazione si è deciso inoltre di indagare come la percezione potesse essere influenzata da variabili esterne come stress o soddisfazione personale.

All'intervistato è stato chiesto, inoltre, di valutare la propria esperienza di visita a Roma e, per poter legare le risposte ad una realtà fisica, si è deciso di chiedere di disegnare il percorso su una mappa al fine di poterlo digitalizzare e confrontarlo con i dati raccolti nel SIT.

Definito il questionario, con un tempo stimato di risposta di circa 20 minuti, sono stati identificati 2 punti di somministrazione, luoghi caratterizzati

da una forte presenza turistica e da lunghe file in modo da dedicarsi al questionario. I luoghi identificati sono stati:

- Musei Vaticani
- Colosseo

Sono state somministrate circa 400 interviste che sono stati digitalizzati su una piattaforma informatica accessibile sia via web che attraverso dispositivi mobili. Questo tool ci ha permesso di inserire anche delle logiche di filtro sulle domande (es: attiva un set di domande solo se ha risposto sì) oltre che ricevere in tempo reale le statistiche delle risposte. Il sistema, realizzato con Limesurvey, è stato predisposto per lavorare direttamente sul database del SIT permettendo di incrociare i dati delle interviste con quelli territoriali.



Fig. 9 – Esempi della piattaforma digitale per la raccolta dei dati dei questionari

Si riportano di seguito alcune tabelle riassuntive che ci hanno permesso di profilare la persona intervistata:

	Media	Dev. Std.	Minimo	Massimo
Età	36.85	16.65	14	82
Giorni di permanenza	4.89	4.05	1	60
Numero viaggiatori	4.91	11.7	0	75
Budget pro-capite per la vacanza	533.08	621.8	0	6000

Sesso	53.8% M	46.2% F	
Motivo	83% Turismo	7% Pellegrinaggio	10% Altro
Nazionalità	24% Italiani	56% Europei	20% Altro
Stato	47% Single	45% Conviventi	8% Altro
Alloggio	64% B&B - Hotel	25% Appartamento	11% Altro
Giudizio	8.3/10 sulla vacanza	7.6/10 rispetto alle aspettative	6.2/10 sul percorso effettuato

Fig. 10 – Alcuni risultati statistici delle interviste

10.5 IGT

La somministrazione dei questionari è stata seguita da tre tipologie di analisi:

- L'analisi psicomotricità effettuata dal gruppo di Scienze della Formazione;
- L'analisi comportamentale effettuata dal gruppo di Economia;
- L'analisi territoriale effettuata dal gruppo di Ingegneria e Architettura.;

In particolare dall'analisi comportamentale si è evidenziato che il giudizio degli utenti è correlato con le grandezze in analisi infatti i coefficienti sono statisticamente significativi e hanno i segni attesi, ovvero il *tempo* e l'*interferenza con la distribuzione delle merci* incidono *negativamente* sull'utilità, mentre la *pulizia* e la *continuità del percorso*, la *presenza di servizi igienici* e del *verde* incidono *positivamente* sull'utilità. In particolare da questa analisi è emerso che il giudizio de

Variable	Coefficient	Variable	Coefficient
TIME	-0,05187440	RESTROOM	0,21508069
CLEAN	0,44434839	GREEN	0,27382550
CONTIN	0,16838609	FREIGHT	-0,07270177

Attraverso l'applicazione di questi coefficienti sulle strade del Municipio I è stato possibile fare una valutazione della gradevolezza delle diverse strade e questa applicazione ci ha mostrato che nelle ore più calde le aree più verdi e ombreggianti risultano maggiormente gradevoli.

Applicando la medesima procedura su percorsi alternativi sarebbe

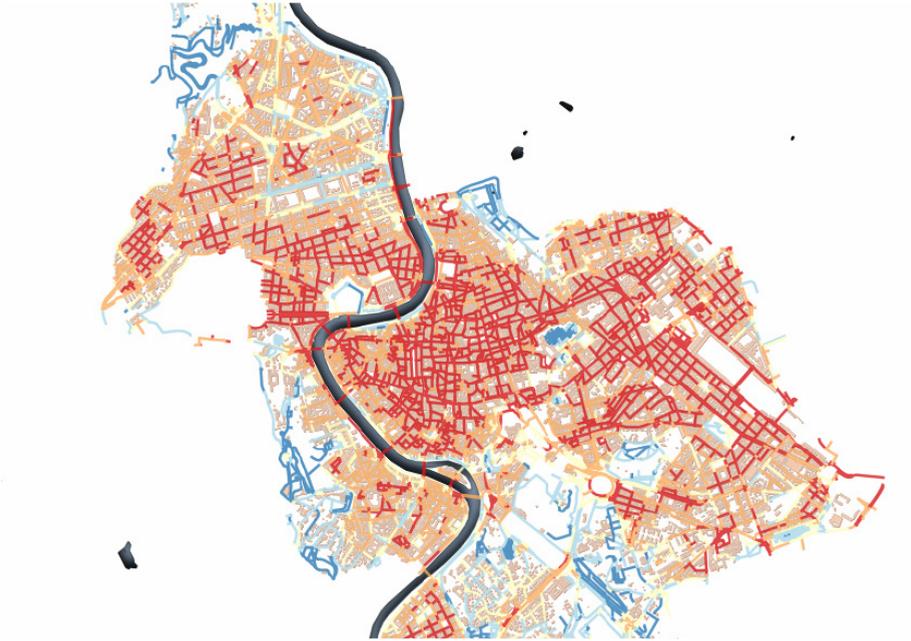


Fig. 11 – IGT (Rosso - meno gradevole, Blu - più gradevole)

possibile definire quale percorso risulta più gradevole all'utente.

10.6 Conclusioni

L'IGT è stato pensato per essere usato all'interno di una piattaforma informatica al fine di incentivare la mobilità pedonale attraverso un'app che suggerisca i percorsi turistici più gradevoli e attraverso un servizio di ranking li pubblicizzi. Allo stesso tempo l'IGT potrebbe essere utilizzato per aiutare le PA a progettare una città o dei percorsi più fruibili per i turisti.

L'attività svolta ci ha permesso di gettare la base metodologica di una possibile piattaforma informatica ma per poter procedere verso un trasferimento tecnologico servirebbe ingegnerizzare il processo di raccolta delle informazioni territoriali, arricchire il numero di interviste per poter calibrare il modello su diversi profili di utenti e ovviamente sviluppare la parte informatica e algoritmica dell'applicativo.

10.7 Pubblicazioni e attività di comunicazione e disseminazione

Nell'ambito della ricerca il progetto è stato presentato presso la Segreteria Tecnica del Giubileo con il quale è stato successivamente organizzato un evento a Roma Tre sull'importanza dei dati territoriali per l'analisi e l'organizzazione dei grandi eventi: "PIANIFICAZIONE E MONITORAGGIO DEI GRANDI EVENTI ATTRAVERSO LA CARTOGRAFIA DIGITALE". Nell'ambito di questo evento è stato nuovamente presentato il progetto di ricerca con i risultati ottenuti nel primo semestre.

- Caprì et al (2015): Green walking networks for climate change adaption – *Transportation Research Part D*;
- WIBOWO and OLSZEWSKI (2015) – MODELING WALKING ACCESSIBILITY TO PUBLIC TRANSPORT TERMINALS: CASE STUDY OF SINGAPORE MASS RAPID TRANSIT – *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*,
- Gould (2011) – Applying International Best Practice: Measuring and Improving the Performance of Pedestrian Environments – *Proceedings of Annual Conference of the Transportation Association of Canada*.

11 MUSE: turisti e mobilità pedonale

Lorenzo Barbieri⁴³, Andrea Filpa

11.1 Abstract

Il contributo descrive il lavoro sui turisti in visita a Roma e il loro approccio alla mobilità sostenibile. Attraverso la ricerca si chiede quali fattori influenzino la scelta di percorso da parte dei turisti. All'interno di una ricerca interdisciplinare, il contributo del Dipartimento di Architettura consiste nell'analisi dei percorsi che i turisti fanno a piedi per raggiungere un sito turistico e nello studio di politiche di pedonalizzazione che possano essere applicate nel centro storico di Roma.

11.2 Descrizione del SubTask 1.1.5

Il lavoro qui presentato riguarda il contributo del Dipartimento di Architettura al *subtask* 1.1.5 Mobilità Urbana Sostenibile (MUSE). Il *subtask* punta a studiare i turisti che visitano Roma, in particolare i loro spostamenti all'interno della città. La principale domanda di ricerca è: quali fattori influenzano la scelta di percorso da parte dei turisti? Il gruppo di ricerca è composto da professori, assegnisti e borsisti appartenenti a quattro diversi dipartimenti corrispondenti ad altrettante UdR: Architettura, Ingegneria, Scienze della Formazione e Scienze Politiche⁴⁴. Il lavoro di ricerca è stato fin da subito coordinato tra le quattro UdR.

⁴³ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre.

⁴⁴ Prof. Andrea Filpa, dr. Lorenzo Barbieri, arch. Renato Moro per Architettura; prof. Stefano Carrese, dr. Andrea Gemma per Ingegneria; prof. Giuseppe Carrus, dr. Angelo Panno, dr.ssa Ylenia Passiatore per Scienze della Formazione; prof. Edoardo Marcucci, prof. Valerio Gatta, dr.ssa Michela Le Pira per Scienze Politiche.

La prima parte del lavoro è consistita nello stabilire obiettivi comuni all'interno del gruppo di ricerca, tenendo insieme le competenze dei diversi membri per il raggiungimento di uno stesso scopo. L'UdR Ingegneria, insieme a quella di Architettura, ha approntato una banca di dati su piattaforma GIS in modo da condividere i dati disponibili sulla mobilità, i beni culturali e i servizi pubblici nel centro storico. Il gruppo si è poi concentrato sull'elaborazione di un questionario in italiano e inglese da somministrare a circa 400 visitatori tra turisti e pellegrini all'esterno del Colosseo e dei Musei Vaticani. L'UdR Scienze della Formazione ha elaborato, con l'aiuto delle altre UdR, la maggior parte delle domande del questionario, tra cui quelle riguardanti i comportamenti sostenibili in vacanza e la *mindfulness*. L'UdR Scienze Politiche ha elaborato una sezione del questionario – distinta in cinque tipologie – mirata a evidenziare la *stated preference* dei turisti sulle caratteristiche di un percorso pedonale teorico. Ai turisti è infine chiesto di segnare su una mappa un percorso a piedi per raggiungere il sito dell'intervista o un altro percorso fatto durante il loro soggiorno.

Le UdR Architettura e Scienze della Formazione hanno iniziato la somministrazione dei questionari a giugno 2016, seguiti a luglio dalla UdR Scienze Politiche. Gli intervistatori hanno distribuito nelle stesse quantità i questionari distinti per tipologia e sito turistico a visitatori di varie età e nazionalità. I dati dei questionari, distribuiti in formato cartaceo, sono stati digitalizzati da ciascuno dei dipartimenti responsabili della somministrazione. L'elaborazione e l'analisi dei dati sono state principalmente fatte dalle UdR Scienze della Formazione e Scienze Politiche nelle rispettive aree di competenza, indicate sopra. Le UdR Architettura e Ingegneria hanno digitalizzato i percorsi indicati dai turisti sulle mappe su piattaforma GIS e partendo dai dati riguardanti i percorsi, combinati con quelli dei questionari, hanno elaborato alcune riflessioni specificate più avanti.

1.1.3 Riflessioni sulla pedonalizzazione

La pedonalizzazione dei centri storici riguarda un numero crescente di città in Europa e nel resto del mondo. Contrariamente all'interpretazione letterale del termine non consiste solamente nella chiusura al traffico

veicolare di un insieme di strade e piazze, ma anche nella modificazione dell'arredo urbano in modo da rendere gli spazi più fruibili per i pedoni.

Oltre ai residenti e agli utenti regolari di Roma, i beneficiari del miglioramento dello spazio pubblico generato dalla pedonalizzazione sono i visitatori occasionali del centro storico, tra cui i turisti e i pellegrini. A Roma la pedonalizzazione è più spesso sostanziale che formale: le strade strette del centro storico sono maggiormente utilizzate dai pedoni che dalle macchine, che per la presenza dei pedoni e la ridotta larghezza delle strade sono costrette a viaggiare a bassa velocità, risultando in una zona 30 di fatto, ma senza i requisiti formali di segnaletica e arredo urbano. D'altro canto, le pedonalizzazioni propriamente dette non rispondono ai requisiti formali di arredo urbano: basti pensare a via dei Fori Imperiali, pedonalizzata nel 2013. Infatti, la parte centrale della strada è ancora percorsa da veicoli, relegando i pedoni sui marciapiedi. Solo nel fine settimana la strada – pensata, progettata e costruita per il traffico veicolare – è del tutto accessibile ai pedoni.

Per aiutare i decisori e i tecnici nell'istituzione di aree pedonali, sono stati prodotti negli anni manuali e materiali informativi. Un esempio, elaborato dal governo britannico per migliorare la progettazione delle strade è un manuale che descrive le 5 funzioni delle strade: lo spazio; il movimento; l'accesso garantito a persone di tutte le età e abilità; parcheggi ben progettati; presenza di servizi di vario tipo. Afferma che non è utile separare i flussi pedonali e veicolari, segregando e isolando i primi. È necessario invece che spazio e movimento siano considerati insieme per raggiungere un buon equilibrio tra le esigenze di entrambi. Nella progettazione di una strada bisogna tenere conto del contesto: dove si trovano le strade, la posizione degli edifici. Pensando ai pedoni è necessario considerare, oltre alla distanza, altri fattori che influenzano la propensione a camminare. Per primi gli attraversamenti pedonali, per i quali sono utili accorgimenti nell'uso di pavimentazioni che suggeriscano ai veicoli di rallentare. Accorgimenti sono necessari anche nella progettazione degli angoli delle strade, per tutelare i pedoni dai veicoli che svoltano agli incroci. La larghezza dei marciapiedi deve essere pensata in funzione delle attività che vi si svolgono (DfT, 2007).

È utile osservare gli esempi pratici di altre città, attraverso la descrizione

di alcuni casi di pedonalizzazione. Le due rive della Senna a Parigi sono state gradualmente pedonalizzate dagli anni Dieci; il progetto più recente riguarda la riva destra. Dopo il confronto di alcune proposte e un processo di concertazione durante il 2015, alla fine dell'anno è stata approvata la chiusura al traffico della riva nel tratto di 3 km tra Quai Henri IV e i giardini delle Tuileries. All'esito positivo di alcuni studi sull'impatto della pedonalizzazione sul traffico della città e dell'area metropolitana, la riva destra è stata definitivamente pedonalizzata alla fine del 2016 (Mairie de Paris, 2016). Via Paolo Sarpi è situata a nord-est della cerchia dei Bastioni che circonda il centro di Milano. Si trova all'interno della c.d. Chinatown del capoluogo lombardo. La discussione sulla pedonalizzazione è cominciata nel 2007, per risolvere la questione del carico e scarico di merci lungo la via, disseminata di negozi a proprietà cinese. La ZTL, con deroghe per il carico e lo scarico delle merci in certi orari, è partita a novembre 2008. I lavori di riqualificazione, con un arredo urbano rinnovato, sono terminati ad aprile 2011 (Pisa, 2008; Carra e Monestiroli, 2011). Nato per limitare il traffico merci, questo intervento di pedonalizzazione ha riqualificato un'area oggi apprezzata e vissuta dai cittadini. La Lijnbaan di Rotterdam rappresenta la prima area pedonalizzata al mondo, al centro della città ricostruita dopo i bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale. È stata progettata dagli architetti van den Broek e Bakema e inaugurata nel 1953. Sulla strada si affacciano diversi negozi, caratterizzandola come uno dei principali spazi dello shopping della città (Rotterdam Tourist Information). Estesa per circa un km, la Strøget collega la piazza del municipio alla Kongens Nytorv a Copenhagen. Anche questa area, la cui pedonalizzazione è avvenuta nel 1962, è principalmente nota per l'ampia offerta di negozi (Strøget København). Tutti gli interventi tendono all'obiettivo comune della chiusura al traffico di una parte della città. C'è però qualche differenza nell'uso di queste aree e nei servizi offerti. Da una parte le aree pedonali di più antica data sono prettamente commerciali, come indicano i siti internet di riferimento. Dall'altra le aree pedonali di più recente istituzione restituiscono ai pedoni aree che precedentemente ospitavano traffico di scorrimento o utilizzate per carico e scarico delle merci.

All'interno del Piano Strategico della Mobilità Sostenibile (Comune di Roma, 2009) la pedonalizzazione del centro storico, la creazione di

una rete di percorsi pedonali insieme alla totale chiusura al traffico di alcune aree maggiormente attrattive, sono tra le caratteristiche dell'idea organizzativa della città. Si propone la realizzazione di c.d. isole ambientali all'interno della viabilità locale e di zone a traffico pedonale privilegiato. Il piano propone quindi la progressiva pedonalizzazione del centro storico, a partire da aree ad alto valore ambientale e/o ad alta presenza commerciale, creando ad esempio una rete di itinerari pedonali protetti. Il più recente Piano Generale del Traffico Urbano (Roma Capitale, 2014) delinea un quadro di programmazione della mobilità di breve e medio periodo. All'interno del PGTU è d'interesse la sezione sulle isole ambientali: sono zone urbane racchiuse all'interno della viabilità principale, la cui realizzazione è mirata a promuovere la mobilità dolce e garantire una maggiore qualità del contesto urbano. L'attuazione delle isole ambientali è prevista nella prima zona del PGTU (corrispondente a larga parte del centro storico) e in altre zone del PGTU in aree in cui le funzioni e la struttura urbanistica lo rendano possibile. Per quanto riguarda le ZTL, il PGTU descrive le tre aree esistenti (Centro, Trastevere e S. Lorenzo) e la quarta, all'epoca in via di attuazione e attualmente in funzione (Testaccio), e propone la rimodulazione delle regole di accesso a queste ultime attraverso il monitoraggio dell'accesso dei veicoli autorizzati.

Conclusa la disamina dei documenti sulla pedonalizzazione, si passa all'analisi dei percorsi indicati dalle guide turistiche e dei percorsi giubilari. I quattro cammini promossi durante il Giubileo straordinario della Misericordia (dicembre 2015-novembre 2016) collegano le basiliche di San Giovanni e Santa Maria Maggiore a piazza San Pietro, toccando lungo il loro percorso le tre chiese giubilari e diversi luoghi turistici. La nota guida internazionale *Lonely Planet* (2010) propone ai turisti una serie di 9 itinerari a piedi nel centro della città. La guida *I love Roma* (2012), basata su Tripadvisor, propone vari itinerari per visitare la città in tre giorni, distinti per genere di visita. La breve guida del Comune (2004) indica una serie di cinque passeggiate nella natura e nella storia. La guida del Touring Club Italiano (1999) propone 12 itinerari per esplorare il centro storico.

Dopo aver discusso delle politiche di pedonalizzazione è interessante ragionare sul centro di Roma. Secondo il questionario distribuito ai turisti, gli elementi desiderabili dei tragitti pedonali sono i seguenti: pulizia; verde;

ombreggiamento; protezione dalle precipitazioni; attraversamenti sicuri; fontanelle; bagni. Da un'osservazione sul campo dei siti oggetto delle interviste si può riflettere sulla qualità di spazi e servizi per i turisti.

Il Colosseo è accessibile dall'omonima stazione della metropolitana ed è toccato da via dei Fori Imperiali, dal 2013 pedonalizzata fino a piazza Venezia (è effettivamente chiusa al traffico il sabato e la domenica), ma ancora accessibile ai mezzi pubblici e di servizio. Il turista che esce dalla metropolitana si trova quindi di fronte a un marciapiede con un attraversamento pedonale semaforizzato su una strada poco trafficata. A questo va aggiunto che parte dell'area pedonale di fronte all'Anfiteatro Flavio è attualmente occupata dai cantieri per la costruzione della linea C della metropolitana. Dal punto di vista dell'elenco di elementi desiderabili si può affermare che la pulizia del sito è migliorabile. La presenza del cantiere e del traffico non aiuta nella percezione positiva dello spazio. Il verde è assente, tranne alcuni alberi e arbusti tra il Colosseo e l'ingresso ai Fori. Di conseguenza anche l'ombreggiamento è scarso, a parte l'ombra fatta dall'edificio stesso. Trattandosi di uno spazio aperto non c'è protezione dalle precipitazioni. Gli attraversamenti sono sicuri e semaforizzati. Le fontanelle sono presenti ma poco segnalate, come anche i bagni pubblici. L'esterno dei Musei Vaticani è tristemente famoso perché ospita le lunghe file di turisti che li vogliono visitare. Il marciapiede lungo il quale i turisti aspettano di entrare è separato dalla strada, spesso molto trafficata, con una ringhiera. Per quanto concerne gli elementi desiderabili si segnala che l'area non è pedonalizzata, anzi c'è molto traffico lungo viale Vaticano, accanto al marciapiede su cui i turisti sono in fila. La pulizia del sito è scarsa. Mancano aree verdi, ma parte del sito è ombreggiata di mattina dalle Mura Vaticane. Non c'è alcuna protezione dalle precipitazioni. Gli attraversamenti sono poco sicuri: solo uno all'incrocio con via Leone IV è semaforizzato, ma spesso è pericoloso a causa delle auto che svoltano da quest'ultima a viale Vaticano quando il semaforo è verde anche per i pedoni. Mancano fontanelle nelle vicinanze, mentre i bagni sono poco segnalati.

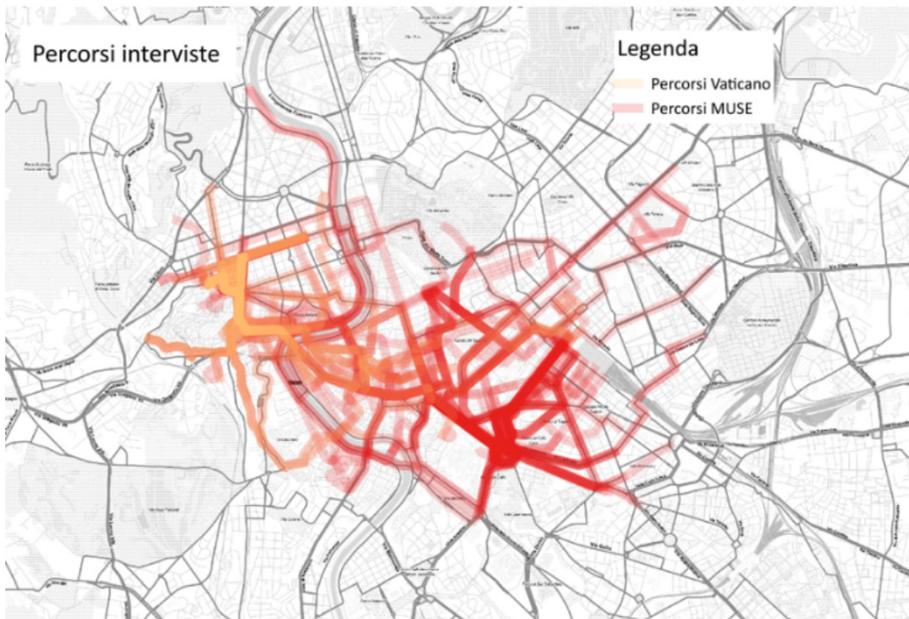
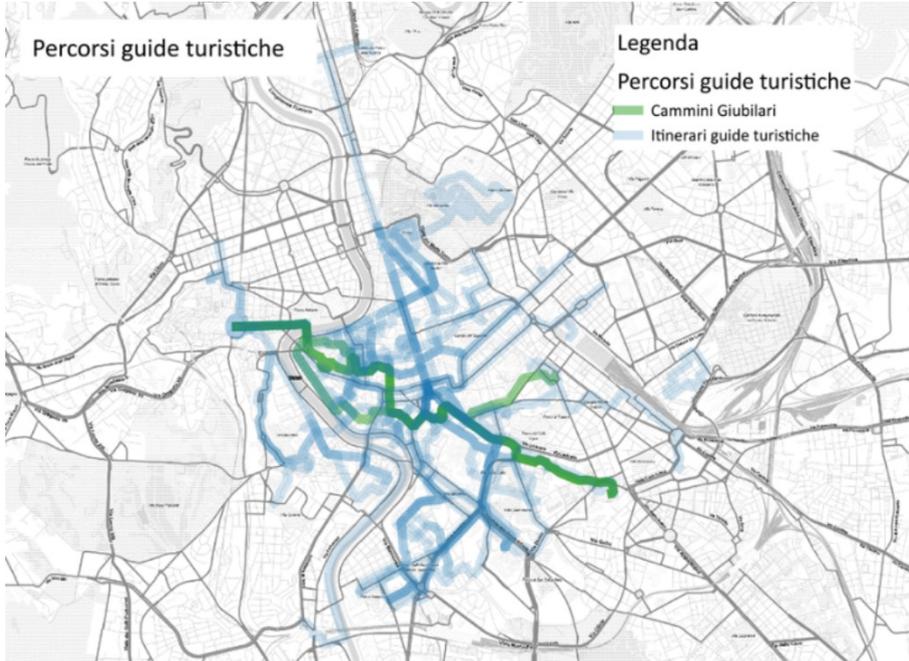
A partire dai percorsi tracciati dai visitatori intervistati, visibili in mappa, è stata stilata una classifica delle strade più frequentate e per le quali di conseguenza è necessaria una maggiore attenzione nell'attuare politiche di pedonalizzazione. Oltre alle strade di accesso più diretto ai

due siti, piazza del Colosseo e viale Vaticano, le strade più percorse sono: via Leone IV (98 percorsi); via dei Fori Imperiali (77); piazza Risorgimento (75); bastioni di Michelangelo (73); piazza Venezia (64); viale Giulio Cesare (62); via Ottaviano (55); via di Porta Angelica (52); via Cavour (40). Si tratta delle strade che conducono ai due siti dai principali punti di interesse nelle vicinanze. Sono necessari interventi anche in strade meno battute, ma comunque frequentate dagli intervistati: piazza dei Cinquecento (24); via della Conciliazione (22); area lungotevere Vaticano-Castel Sant'Angelo (20); via degli Annibaldi (19); corso Vittorio Emanuele II (19); via del Corso (18); via e largo di Torre Argentina (17); piazza San Pietro (16); via del Plebiscito (15). Alcune di queste strade sono situate nelle vicinanze dei siti analizzati, mentre altre sono equidistanti o rappresentano nodi di scambio dei trasporti pubblici. È necessario fornirle di servizi utili per i turisti.

Per prima cosa migliorare l'arredo urbano dei marciapiedi e dove possibile pedonalizzare l'intera sede stradale. Pensando alle strade di accesso ai siti delle interviste, la pedonalizzazione sarebbe sicuramente utile: nel caso di via del Vaticano è necessario allargare il marciapiede proteggere meglio gli attraversamenti pedonali, in particolare quello all'incrocio con via Leone IV. Nei pressi del Colosseo bisogna cambiare l'arredo urbano per esempio rialzando la strada in corrispondenza degli attraversamenti pedonali in modo da unire i due marciapiedi dal lato della stazione e del sito archeologico. È fondamentale inserire spazi verdi: aiuole ben mantenute e protette e nuove alberature compatibili con le aree in cui sono inserite. Nelle aree di sosta più frequente e prolungata è utile installare delle coperture che proteggano dal sole e dalla pioggia, compatibilmente con

il contesto. Chiaramente un'operazione del genere non potrà essere attuata lungo via dei Fori Imperiali, troppo ampia per una struttura di copertura, ma si potrebbe collocare in viale Vaticano a protezione dei turisti in fila per entrare ai Musei Vaticani. Altri interventi si possono trovare tra quelli previsti dal PGU. Le isole ambientali possono essere





utili per preservare le aree del Colosseo e dei Musei Vaticani. Il piano prevede un'isola ambientale nell'area Viminale-Monti e un'altra potrebbe essere attuata nell'area del Vaticano. Il piano indica anche alcuni interventi per promuovere la pedonalità: un migliore dimensionamento degli spazi pedonali, grazie all'allargamento dei marciapiedi dove sia possibile; la realizzazione di aree pedonali per la tutela e la fruizione di poli attrattivi; valorizzare gli itinerari religiosi e di pellegrinaggio.

L'elaborazione su mappa degli itinerari suggeriti dalle guide turistiche permette il confronto con i percorsi indicati dai turisti. Non sorprende che i due tipi di percorsi siano simili: i siti turistici sono in posti fissi e le strade per raggiungerli sono limitate, quindi spesso i due itinerari si sovrappongono. Nel caso del Giubileo è interessante confrontare i cammini giubilari (in verde) e quelli scelti dai turisti diretti al Vaticano (in arancione). Quelli ufficiali toccano strade minori e non sono stati molto pubblicizzati. Quando scelgono autonomamente il proprio percorso, i turisti partono dalla stazione Ottaviano e raggiungono i Musei Vaticani camminando sulle strade principali, oppure percorrono via della Conciliazione. Nel caso dei percorsi dichiarati i turisti decidono autonomamente che strada percorrere e spesso scelgono i percorsi più diretti rispetto a quelli ufficiali, che cercano di toccare più siti turistici o religiosi possibili.

Grazie ai questionari è possibile fare un confronto tra la presenza di alcuni servizi dichiarata dai turisti nella *checklist* riguardante le caratteristiche dell'ultimo percorso fatto e quella realmente esistente in un raggio di 30 metri dal percorso indicato sulla mappa. A proposito di presenza di verde, la discrepanza tra i dati dichiarati e quelli effettivi può essere dovuta alla percezione soggettiva di cosa si intende per area verde: la mappa dell'indice di vegetazione rileva la presenza di verde sulla base di immagini satellitari, quindi indica come spazi verdi anche i viali alberati, che potrebbero non essere percepiti come tali. Inoltre una rilevazione satellitare potrebbe presentare errori e differenze rispetto alla percezione individuale di chi è intervistato.

Presenza di verde dichiarata		Presenza di verde effettiva		
Sì	No	Meno del 15%	Tra il 15 e il 25%	Più del 25%
67,67%	32,33%	18,67%	73,33%	8%

Come è prevedibile il numero di itinerari in ombra cala tra le 11 e le 13 e aumenta tra le 13 e le 17. Il confronto tra dato dichiarato e dato reale non è semplice perché la domanda nel questionario distingue nettamente tra presenza e assenza di ombra: non è indicato quanta parte del tragitto era in ombra e quanta no, quindi è possibile che chi abbia fatto una piccola parte di percorso all'ombra abbia scelto di dichiarare di non aver fatto un percorso all'ombra.

Presenza di ombra dichiarata		Presenza di ombra effettiva				
Si	No	H	Meno del 5%	Tra il 5 e il 30%	Tra il 30 e il 50%	Più del 50%
51,67%	48,33%	11	21,33%	11%	28%	39,67%
		13	23%	26%	44,67%	6,33%
		17	22,67%	12%	40,67%	24,67%

A proposito della presenza di fontanelle, la grande differenza tra il dato dichiarato e quello reale è imputabile al fatto che le fontanelle rilevate si trovano nel raggio di 30 metri rispetto al percorso effettuato, quindi i turisti potrebbero non averle considerate perché troppo distanti. Va anche aggiunto che le fontanelle sono un servizio poco noto ai turisti, che quindi potrebbero non considerare durante la loro visita della città.

Presenza di fontanelle dichiarata		Presenza di fontanelle effettiva	
Si	No	0	Più di 1
55%	45%	7,33%	93,67%

Per quanto riguarda la presenza di bagni, la differenza di dieci punti percentuali a favore dell'effettiva presenza di bagni può essere dovuta al fatto che i bagni pubblici sono relativamente rari a Roma e che non molti turisti li notano, preferendo usare quelli di musei, bar o ristoranti.

Presenza di bagni pubblici dichiarata		Presenza di bagni pubblici effettiva	
Si	No	0	Più di 1
22,33%	77,67%	64,33%	35,67%

Per quanto riguarda la congestione veicolare, i risultati dichiarati sono vicini a quelli rilevati, con uno scarto di pochi punti percentuali. Ovviamente il dato rilevato è una media e non può rappresentare il dato effettivo di congestione veicolare nella giornata in cui si è svolta un'intervista.

Congestione dichiarata		Congestione effettiva		
Si	No	Meno del 30%	Tra il 30 e il 50%	Più del 50%
52,70%	47,30%	4,05%	48,31%	47,64%

Il confronto tra i dati dichiarati e quelli rilevati mostra una certa differenza tra la percezione di un servizio e la sua effettiva presenza. Oltre a quelle indicate sopra, una possibile spiegazione di questa differenza sta nella dichiarazione di fatti non avvenuti, che avviene perché il turista potrebbe non ricordare un fatto a cui non ha dato importanza. Per esempio un turista potrebbe non notare la presenza di bagni pubblici perché non è interessato a utilizzarli: quando viene chiesto durante l'intervista dichiarerà di non averne incontrati nel suo percorso anche se effettivamente presenti.

11.4 Conclusioni

Il lavoro è stato di particolare interesse, sia per l'attualità del tema del turismo sostenibile nel periodo del Giubileo, sia perché ha dato l'opportunità a chi scrive di lavorare in un gruppo interdisciplinare composto da professori e ricercatori provenienti da diversi ambiti disciplinari. La ricerca ha infatti unito aspetti di raccolta di dati quantitativi e di rappresentazione cartografica, ad aspetti più vicini alle scienze sociali e alla ricerca qualitativa, attraverso la somministrazione dei questionari ai turisti e ai pellegrini che hanno visitato la città. I risultati hanno permesso di costruire un'immagine del turismo a Roma a volte prevedibile, a volte non scontata, in cui per esempio i turisti non seguono per forza il percorso consigliato dalle guide turistiche ma quello più diretto e la propensione a comportamenti sostenibili è correlata con una maggiore soddisfazione verso la meta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ardito, S. (2008), *Sentieri di Roma: 38 passeggiate nella natura e nella storia*, Guide Iter, Subiaco.

- [2] Carra, I. e Monestiroli, T. (2011), *Chinatown, fischiata la Moratti*, La Repubblica, 10.04.2011. Disponibile su: <http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2011/04/10/chinatown-fischiata-la-moratti.html?ref=search> [accesso 17.01.2017].
- [3] Comune di Roma (2009), *Piano Strategico per la Mobilità Sostenibile*. Disponibile su: https://www.comune.roma.it/PCR/resources/cms/documents/PSMS_2009.pdf [accesso 18.01.2017].
- [4] Department for Transport (DfT) (2007), *Manual for Streets*, Thomas Telford Publishing, London.
- [5] Garwood, D. (2010), *Roma: guida città*, EDT, Torino.
- [6] Mairie de Paris (2016), *Piétonnisation des Berges rive droite: pour quoi le projet est pertinent*. Disponibile su: <http://www.paris.fr/berges> [accesso 10.12.2016].
- [7] Pisa, M. (2008), *A spalla, in bici, col passeggino il flusso delle merci non si ferma*, La Repubblica, 18.11.2008. Disponibile su: <http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2008/11/18/spalla-in-bici-col-passeggino-il.html?ref=search> [accesso 17.01.2017].
- [8] Roma Capitale (2014), *Piano Generale del Traffico Urbano di Roma Capitale*. Disponibile su: https://www.comune.roma.it/PCR/resources/cms/documents/PGTU_RelGen_GC_28032014_01.pdf [accesso 18.01.2017].
- [9] Rotterdam Tourist Information, *De Lijnbaan*. Disponibile su: <https://en.rotterdam.info/locations/de-lijnbaan/> [accesso 18.01.2017].
- [10] Strøget København, About. Disponibile su: <http://www.stroget-kobenhavn.dk/en/about.html#> [accesso 18.01.2017].
- [11] Tripadvisor (2012), *I love Roma*, RCS, Milano.
- [12] Touring Club Italiano, *Roma e Città del Vaticano*, Touring Editore, Milano.

12 Fruizione dei beni culturali a Roma: un approccio smart

Angelo Panno, Ylenia Passiatore, Giuseppe Carrus⁴⁵

12.1 *Introduzione*

Le mete turistiche sono considerate dei luoghi geografici verso i quali i turisti viaggiano (Framke, 2002) e sono costituite da componenti tangibili e intangibili (Murphy, Pritchard, & Smith, 2000). Esse differiscono in termini di dimensioni, attrazioni fisiche, infrastrutture e aspetti socio-culturali. I teorici sociali hanno da tempo ipotizzato che i luoghi e le destinazioni sono fonti di identificazione e affiliazione che forniscono significato e scopo alla vita (e.g., Williams & Vaske, 2003). A tal proposito, differenti ricerche hanno visto come le persone possono sviluppare delle vere e proprie connessioni affettive con specifici luoghi e destinazioni (e.g., Hidalgo & Hernandez, 2001) alimentando il loro attaccamento al luogo e aumentando di conseguenza la frequenza delle loro visite (Williams & Vaske, 2003). Il tipo e l'intensità delle emozioni vissute durante il soggiorno influenzano il viaggio e si delineano come importanti precursori di un'esperienza turistica soddisfacente (Prayag, Hosany, & Odeh, 2013; Lin, Kerstetter, Nawijn, & Mitas, 2014). Studi nel marketing (Ladhari, 2007; Walsh, Shiu, Hassan, Michaelidou, & Beatty, 2011) e nel turismo (del Bosque & San Martín, 2008; Yuksel & Yuksel, 2007) confermano la relazione tra emozioni e soddisfazione. Quest'ultima è uno stato cognitivo-affettivo che deriva dall'esperienza avvenuta nella meta di destinazione (del Bosque & San Martín, 2008; Žabkar, Makovec-Brenčič, & Dmitrović, 2010). Nel turismo, le emozioni positive come la gioia, la felicità, l'eccitazione, e il piacere hanno un'influenza favorevole sulla soddisfazione mentre il rammarico e il disappunto tendono a minare la soddisfazione per la destinazione scelta

⁴⁵ Dipartimento di Scienze della Formazione, Università degli Studi Roma Tre. Laboratorio di Psicologia Sperimentale.

(Faullant, Matzler, & Mooradian, 2011; Grappi & Montanari, 2011).

Detto questo, è chiaro come misurare la soddisfazione del turista per la città scelta è vitale ai fini della sopravvivenza, lo sviluppo e il successo delle destinazioni turistiche in genere (Song, van der Veen, Li, & Chen 2012). Alcune ricerche (Vanhamme, 2008; Prayag, Hosany, Muskat, & Del Chiappa, 2015) hanno evidenziato che l'elemento più significativo nel determinare la soddisfazione e di conseguenza il comportamento adottato nella località è la capacità di sorprendere e di andare oltre le aspettative del turista suscitate dalla destinazione prescelta. Conseguentemente tale soddisfazione influenza il modo in cui il turista ne parla positivamente ad altri una volta terminato il viaggio e spinge il turista a ritornare in quella destinazione e a raccomandarla ad altri (Bigné, Sanchez, & Sanchez, 2001; Chen & Tsai, 2007). Inoltre, la soddisfazione influenza l'immagine che il turista si crea della destinazione scelta che a sua volta condiziona i comportamenti messi in atto dal turista durante la sua permanenza nella città prescelta (Castro, Armario, & Ruiz, 2007). In un'ottica di sostenibilità ambientale la soddisfazione sembra avere un ruolo fondamentale poiché sembrerebbe muoversi di pari passo con l'intenzione ad adottare dei comportamenti pro-ambientali durante il soggiorno. Alcuni autori dimostrano come sia l'attaccamento al luogo che la soddisfazione hanno un ruolo importante nel far sì che il turista protegga ed assuma comportamenti ecologicamente sostenibili nei luoghi che visita (Ramkissoon, Smith & Weiler, 2013; Ramkissoon, Weiler, & Smith, 2012; Stedman, 2002). Tuttavia, sono necessari ulteriori studi per capire le variabili implicate nell'agire in modo ecologicamente sostenibile durante un soggiorno turistico.

12.2 *Obiettivi e scopi della ricerca*

Il presente studio è stato sviluppato avendo in mente due principali obiettivi: i) effettuare una profilatura del turista che si è recato a Roma durante l'anno giubilare e ii) analizzare le relazioni tra la soddisfazione dei turisti visitanti la città di Roma e i comportamenti ecologici da loro adottati durante tale soggiorno. In particolare, di seguito saranno presentati il campione reclutato per questa ricerca oltre alla metodologia e gli indicatori

utilizzati, i risultati inerenti la profilatura del turista e l'effetto moderatore del rammarico per aver scelto Roma come meta turistica nella relazione tra la soddisfazione del turista e l'adozione di comportamenti pro-ambientali durante il soggiorno.

12.3 *Partecipanti, metodi e misure adottate nello studio*

12.3.1 *Metodi*

L'indagine è stata svolta nel periodo che va da Giugno a Settembre del 2016 presso due siti turistici ad alta frequenza: i) Musei Vaticani e ii) Colosseo. Ai partecipanti su base volontaria veniva chiesto di compilare un questionario anonimo avente le misure sotto riportate. Il questionario veniva compilato in circa 20 minuti. Ai partecipanti erano garantite la privacy e l'anonimato inerenti le risposte del questionario.

12.3.2 *Profilatura dei turisti e descrizione delle variabili socio-demografiche del campione*

I partecipanti alla ricerca sono in tutto 428 tra cui 53,8% uomini e 46,2% donne e hanno un'età compresa tra i 18 e gli 82 anni ($M = 36,85$; $DS = 13,65$). Il 22,2% sono italiani, l'11,7% inglesi, il 9,1% tedeschi, il 5,4% americani, il 4,4% francesi, il 4,2% spagnoli e l'1,4% russi. Il 41,6% è rappresentato da altre nazionalità. I partecipanti sono per lo più single, 47,6%, e sposati, 33,6%. Il 9,2% convivono, il 4,3% sono separati e il 2,3% vedovi. Per quanto riguarda il lavoro, il 52,8% dei partecipanti lavorano full-time, il 13,7% part-time; il 6,4% di loro sono liberi professionisti, 2,8% sono lavoratori in formazione (apprendistato, tirocinio, stage), il 2,6% casalinghe, il 17% studenti, il 2,8% pensionati e l'1,8% disoccupati. La maggior parte dei partecipanti sono diplomati o laureati, rispettivamente il 40,8% e il 40,6%. L'8,4% ha continuato la loro formazione dopo la laurea, il 9,9% riposta di avere la licenza media inferiore e lo 0,3% ha studiato fino alle scuole elementari. Per quanto riguarda la politica, il 34,7% dei partecipanti si definisce di "Centro", il 24,4% di "Centro-Sinistra", il 17,3% di "Sinistra",

il 14,5% di “Centro-Destra” e il 5,8% di “Destra”. Il campione considerato in questo studio ha raggiunto Roma principalmente per turismo (76,9%) mentre per pellegrinaggio il 6,5%. Il restante 16,6% per altre ragioni. I giorni trascorsi a Roma variano tra 1 a 60 giorni. In media i partecipanti trascorrono circa 5 giorni nella Capitale ($DS = 4,05$). Il budget a disposizione varia tra 0 a 6000 euro. In media le persone che hanno compilato i questionari hanno speso per la loro permanenza in città 533,08 euro ($DS = 621,80$). Le persone con le quali i partecipanti viaggiano variano da 0, quindi soli, sino ad arrivare a gruppi di 75. In media viaggiano con 5 persone ($DS = 11,70$). A tal proposito, la tipologia di viaggio sembra ben distribuita nel gruppo, anche se la modalità preferita è quella del viaggio in famiglia, scelta dal 39,4% contro il 32% del viaggio da solo e il 28,6% del viaggio con amici. Per muoversi nella città il 48,7% utilizza i trasporti pubblici e il 43,4% si muove a piedi. Il restante 6,9% sceglie altri mezzi di trasporto. La maggior parte ha raggiunto Roma in aereo, il 61,2%, il 17,8% sono arrivati in treno e l'8,4% con mezzo privato. Il 12,6% ha scelto altri mezzi per arrivare nella capitale. Durante la permanenza, il 38,6% partecipanti ha scelto l'hotel, il 20,3% un B&B, l'8,2% alloggiano nel residence e il 7,2% in un ostello. Il 6,8% dei partecipanti ha affittato un appartamento e il 5,6% ha affittato casa. Lo 0,9% ha optato per il campeggio e lo 0,4% per l'agriturismo. Il restante 11,9% sceglie altre tipologie di alloggio (tra cui l'1,4% barca/nave e lo 0,7% airbnb) o non indica l'alloggio scelto.

Tabella 1. Analisi descrittive per età, giorni di permanenza, numero viaggiatori/accompagnatori, budget e indice di gradimento del turista.

	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>
Età	36.85	16.65	14	82
Giorni di permanenza	4.89	4.05	1	60
Numero viaggiatori	4.91	11.7	0	75
Budget	533.08	621.8	0	6000
Indice gradimento del turista (IGT)	39.08	7.05	10	50

12.2.3 *Descrizione degli indicatori utilizzati nel modello di analisi: indice di gradimento del turista (IGT), comportamento pro-ambientale (CPA) e indice di rammarico (IR).*

12.3.3.1 *Indice di gradimento del turista (IGT)*

Nel presente studio l'indice di gradimento del turista (IGT) è stato calcolato sommando le preferenze dei partecipanti sui seguenti 5 indicatori misurati attraverso la survey sul campo:

1. *This one is the best destination I could have visited.*
2. *I will say positive things about Rome to other people.*
3. *How would you rate your experience in Rome.*
4. *Indicate your overall satisfaction toward Rome.*
5. *I will encourage friends and relatives to visit Rome.*

Analisi psicometriche hanno mostrato una buona coerenza interna degli indicatori mostrando così l'affidabilità dell'indice IGT (Cronbach alpha = .86). Come mostrato nella Tabella 1 l'apprezzamento medio generale dei turisti è di 39,08 punti con DS pari a 7,05, su di una scala che va da 10 a 50. Ulteriori statistiche descrittive di tale indice sono riportate nella Tabella 1.

12.3.3.2 *Indice di Comportamento Pro-ambientale (CPA)*

Nel presente studio l'indice di comportamento pro-ambientale (CPA) è stato calcolato sommando la tendenza dei partecipanti ad adottare specifiche "eco-friendly activities" sui 10 indicatori di comportamento pro-ambientale nei diversi domini di sostenibilità (differenziazione dei rifiuti, utilizzo intelligente di energia elettrica e conservazione di risorse idriche). Analisi psicometriche hanno mostrato una sufficiente coerenza interna degli indicatori (Cronbach alpha = .57). Statistiche descrittive di tale indice sono riportate nella Tabella 2. Indicatori utilizzati per rilevare l'indice di comportamento pro-ambientale:

1. *Take hot showers that are longer than 5 minutes.*
2. *Leave the lights on when you leave the room where you are staying.*
3. *Leave electronics plugged in when not in use*

4. *Use a reusable water bottle when I visit the city*
5. *Pay attention to separate waste where I can recycle them (plastic / glass / metal)*
6. *Buy local products*
7. *I go on foot or by bicycle to move around the city*
8. *Use public transportation to move around the city*
9. *Avoid using paper towels / napkins to wipe my hands in the bathroom*
10. *Use private transportation, rental car or taxi to move in the city.*

12.3.3.3 *Indice di Rammarico (IR)*

L'indice di rammarico è stato rilevato nella popolazione target attraverso il seguente indicatore:

"I feel a sense of regret as I have chosen to visit Rome". Esso è volto a rilevare quanto il turista è rammaricato per aver scelto Roma come meta turistica. Statistiche descrittive di tale indice sono riportate nella Tabella 2.

12.4 *Risultati*

12.4.1 *Relazioni tra le variabili d'interesse proposte nello studio e modello di moderazione*

Come mostrato nella Tabella 2, l'IGT è positivamente e significativamente correlato con il comportamento pro-ambientale (CPA), mentre è negativamente e significativamente correlato con l'indice di rammarico nei confronti della visita a Roma (IR). Il comportamento pro-ambientale risulta essere negativamente e significativamente correlato sia con l'indice di rammarico per aver scelto Roma come meta di viaggio (IR) che con il budget preventivato per il soggiorno a Roma.

Tabella 2 – Correlazioni tra le variabili di interesse nello studio

	1	2	3	4
1. IGT	1			
2. CPA	.19**	1		
3. IR	-.32**	-.14**	1	
4. Budget	.03	-.10**	-.07	1
M (DS)	39.08 (7.05)	69.51 (12.71)	2.49 (2.14)	533.08 (621.80)

Nota. IGT: Indice di gradimento del turista; CPA: comportamento pro-ambientale; IR: indice di rammarico per aver scelto Roma come meta di viaggio; Budget: budget preventivato per il soggiorno a Roma.

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Sulla base delle analisi bivariate sopra elencate si è scelto di esplorare e comprendere al meglio le relazioni tra IGT, CPA e IR. A tal fine si è proceduto nel testare un modello di moderazione attraverso l'approccio *bootstrapping*. Per testare il modello di moderazione con tale approccio è stata usata la macro PROCESS di Hayes (2013). Nello specifico il modello includeva l'IGT come variabile indipendente, CPA come variabile dipendente e l'IR come moderatore della relazione tra IGT e CPA. Come atteso le analisi statistiche mostravano un effetto positivo e significativo dell'IGT su CPA ($b = .43, p < .001$). Inoltre, si è evidenziato un effetto negativo e significativo dell'IR su CPA ($b = -.69, p < .05$) ed esplorando il prodotto dell'interazione IGT \times IR su CPA, come atteso, si è riscontrato un effetto di moderazione dell'IR nella relazione tra IGT e CPA ($b = -.08, p < .05$). Una *simple slopes analysis* (Aiken, West, & Reno, 1991) ha evidenziato che la relazione tra IGT e CPA era debole per alti livelli di IR ($b = .26, p < .05$) mentre tendeva ad essere più forte per bassi ($b = .54, p < .0001$) e medi ($b = .43, p < .0001$) livelli di IR (Cfr: Figura 1 per una rappresentazione grafica della natura di tali relazioni).

12.5 Conclusioni

Il modello testato indica che la soddisfazione per la visita presso la città di Roma ha un effetto positivo sul livello dei comportamenti pro-ambientali dei turisti, incrementando la loro propensione per “eco-friendly activities” in differenti domini di sostenibilità ambientale come differenziazione dei rifiuti, utilizzo intelligente di energia elettrica e conservazione di risorse idriche. Nello specifico, però, questa relazione tende a decrementare significativamente con l’innalzarsi dei livelli di rammarico per aver scelto Roma come meta turistica. Come mostrato dalle correlazioni bivariate (Cfr: Tab. 2) la relazione tra IGT e IR è significativa ma tali due indicatori condividono solo il 10% della variabilità così indicando che rilevano costrutti differenti e conseguentemente giustificando uno studio dettagliato della natura di tali relazioni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aiken, L. S., West, S. G., & Reno, R. R. (1991). *Multiple regression: Testing and interpreting interactions*. Sage.
- [2] Bigné, J. E., Sánchez, M. I., & Sánchez, J. (2001). Tourism Image, Evaluation Variables and after Purchase Behaviour: Interrelationship. *Tourism Management*, 22 (6), 607-16.
- [3] Castro, C. B., Enrique, M. A., & David, M. R. (2007). The Influence of Market Heterogeneity on the Relationship between a Destination’s Image and Tourists’ Future Behaviour. *Tourism Management*, 28(1), 175-187.
- [4] Chen, C., & Chen. F. (2010). Experience Quality, Perceived Value, Satisfaction and Behavioral Intentions for Heritage Tourists. *Tourism Management*, 31(1), 29-35.
- [5] del Bosque, I.R., & San Martin, H. (2008). Tourist Satisfaction a Cognitive-Affective Model. *Annals of Tourism Research*, 35(2), 551-573.
- [6] Faullant, R., Matzler, K., & Mooradian, T. A. (2011). Personality, Basic Emotions, and Satisfaction: Primary Emotions in the Mountaineering Experience. *Tourism Management*, 32(6) 1423-1430.

- [7] Framke, W. (2002). The Destination as a Concept: A Discussion of the Business-related Perspective versus the Socio-cultural Approach in Tourism Theory. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 2(2), 92-108.
- [8] Grappi, S., & Montanari, F. (2011). The Role of Social Identification and Hedonism in Affecting Tourist Re-patronizing Behaviours: The Case of an Italian Festival. *Tourism Management*, 32(5), 1128-1140.
- [9] Hayes, A. F. (2013). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis*. New York, NY: Guilford Press.
- [10] Hidalgo, M. C., & Hernandez, B. (2001). Place Attachment: Conceptual and Empirical Questions. *Journal of Environmental Psychology*, 21(3) 273-281.
- [11] Ladhari, R. (2007). The Movie Experience: A Revised Approach to Determinants of Satisfaction. *Journal of Business Research*, 60(5), 454-462.
- [12] Lin, Y., Kerstetter, D., Nawijn, J., & Mitas, O. (2014). Changes in Emotions and Their Interactions with Personality in a Vacation Context. *Tourism Management*, 40, 416-424.
- [13] Murphy, P., Pritchard, M. P., & Smith, B. (2000). *The Destination Product and Its Impact on Traveller Perceptions*. *Tourism Management*, 21(1), 43-52.
- [14] Prayag, G., Hosany, S., & Odeh, K. (2013). The Role of Tourists' Emotional Experiences and Satisfaction in Understanding Behavioral Intentions. *Journal of Destination Marketing and Management*, 2(2), 118-127.
- [15] Prayag, G., Hosany, S., Muskat, B., & Del Chiappa, G. (2017). Understanding the relationships between tourists' emotional experiences, perceived overall image, satisfaction, and intention to recommend. *Journal of Travel Research*, 56, 41-54.
- [16] Ramkissoon, H., Smith, L. D. G., & Weiler, B. (2013). Testing the dimensionality of place attachment and its relationships with place satisfaction and pro-environmental behaviours: A structural equation modelling approach. *Tourism Management*, 36, 552-566.
- [17] Ramkissoon, H., Weiler, B., & Smith, L. D. G. (2012). Place attachment and pro-environmental behaviour in national parks: the

- development of a conceptual framework. *Journal of Sustainable Tourism*, 20(2), 257-276.
- [18] Song, H., van der Veen, R., Li, G., & Chen, J. L. (2012). The Hong Kong Tourist Satisfaction Index. *Annals of Tourism Research*, 39(1), 459-479.
- [19] Stedman, R. C. (2002). Toward a social psychology of place: Predicting behavior from place-based cognitions, attitude, and identity. *Environment and Behavior*, 34(5), 561-581.
- [20] Vhanamme, J. (2008). The Surprise-Delight Relationship Revisited in the Management of Experience. *Recherche et Applications en Marketing (English Edition)*, 23(3), 113-138.
- [21] Walsh, G., Shiu, E., Hassan, L. M., Michaelidou, N. & Beatty, S. E. (2011). Emotions, Store Environmental Cues, Store-Choice Criteria, and Marketing Outcomes. *Journal of Business Research*, 64(7), 737-744.
- [22] Williams, D. R., & Vaske, J. J. (2003). The Measurement of Place Attachment: Validity and Generalizability of a Psychometric Approach. *Forest Science*, 49(6), 830-840.
- [23] Žabkar, V., Makovec-Brenčič, M., & Dmitrović, T. (2010). Modelling Perceived Quality, Visitor Satisfaction and Behavioural Intentions at the Destination Level. *Tourism Management*, 31(4), 537-546.

13 Analisi economica della mobilità sostenibile nel settore dei beni culturali: focus sulla mobilità pedonale dei turisti a Roma

Valerio Gatta⁴⁶, Michela Le Pira, Edoardo Marcucci

13.1 *Abstract*

L'assegno di ricerca "Analisi economica della mobilità sostenibile nel settore dei beni culturali" fa riferimento al SubTask I.1.5 "Mobilità Urbana Sostenibile" (MUSE) del progetto "Smart Environments", che si occupa di approfondire i temi legati alla fruibilità dei beni culturali sia legate al trasporto di persone sia di merci (e.g. libri) che a queste necessariamente si connettono. La ricerca è stata suddivisa in due filoni distinti, ma interconnessi tra loro. Da un lato si è adottato un approccio interdisciplinare per un'analisi comportamentale delle scelte trasportistiche dei turisti/pellegrini a Roma. Dall'altro, sono state sviluppate metodologie innovative di supporto alle decisioni legate al trasporto urbano delle merci in un'ottica di sostenibilità. In questo capitolo si riportano i risultati principali ottenuti dall'assegnista nell'ambito della ricerca interdisciplinare, che ha visto la collaborazione tra quattro dipartimenti coinvolti nel progetto "Smart Environments" con le rispettive Unità di Ricerca (UdR), ovvero: (1) Architettura (UdR: Prof. Andrea Filpa, dott. Lorenzo Barbieri, dott. Renato Moro), (2) Ingegneria (UdR: Prof. Stefano Carrese, ing. Andrea Gemma), (3) Scienze della Formazione (UdR: Prof. Giuseppe Carrus, dott. Angelo Panno e dott.ssa Ylenia Passiatore), (4) Scienze Politiche (UdR: Prof. Edoardo Marcucci, prof. Valerio Gatta e ing. Michela Le Pira).

⁴⁶ Dipartimento di Scienze Politiche, Università degli Studi Roma Tre.

13.2 Introduzione

Le città ospitano il 72% della popolazione mondiale e si prevede che questo numero crescerà nei prossimi anni [1]. In questo ambiente dinamico, la mobilità di persone e merci è un elemento chiave della vita urbana, determinando vantaggi economici, ma generando anche elevati costi sociali (e.g. inquinamento e congestione). Le politiche dei trasporti devono mirare a migliorare la qualità della vita dei cittadini, aumentare il livello di servizio del sistema dei trasporti e ridurre le esternalità negative. Tuttavia, soprattutto nelle città a forte vocazione turistica, si dovrebbero prendere in considerazione anche le esigenze specifiche dei turisti. Infatti, la loro esperienza generale è strettamente legata alla fruizione del sistema dei trasporti di una città.

A partire da queste considerazioni e a seguito di incontri e sessioni di *brainstorming* con il gruppo di ricerca, si è pervenuti a una *research question*, ovvero:

Cosa influenza i comportamenti di mobilità dei turisti/pellegrini a Roma?

Si è ristretto il focus della ricerca all'ultimo tratto degli spostamenti verso i beni culturali, ovvero gli spostamenti a piedi e, quindi, la mobilità pedonale. L'analisi ha tenuto conto di diversi aspetti: (i) legati a comfort termico, attrattività e accessibilità dei percorsi, (ii) comportamentali e psicologici, (iii) legati al traffico e al trasporto merci.

L'approccio metodologico è composito, trattandosi di una ricerca interdisciplinare suddivisa in diverse fasi: (1) raccolta e sistematizzazione dati; (2) analisi della letteratura e redazione di un questionario per l'indagine a turisti/pellegrini; (3) stima di modelli comportamentali; (4) validazione dei modelli e confronto con dati e scenari ipotetici. La raccolta e sistematizzazione dei dati (tra cui dati georeferenziati di percorsi pedonali, verde pubblico, beni culturali, servizi pubblici, hotel) è stata condotta soprattutto dalle UdR di Ingegneria e Architettura. L'analisi della letteratura è stata condotta dalle unità di Scienze Politiche e Scienze della Formazione, al fine di identificare gli elementi da inserire in un questionario da sottoporre ai turisti. I modelli comportamentali sono di due tipi:

- psicologici → per studiare l'**attitudine** a fare certe scelte (UdR di Scienze della Formazione)
- modelli a scelta discreta → per stimare l'**utilità** associata alle scelte (UdR di Scienze Politiche)

Nel caso specifico dell'UdR di Scienze Politiche a cui la sottoscritta afferisce, la metodologia consiste nella definizione di esercizi di preferenze dichiarate e stima di modelli a scelta discreta per studiare le preferenze dei turisti rispetto a configurazioni alternative di percorsi pedonali, prendendo in considerazione caratteristiche legate all'accessibilità, alle interferenze con altri modi di trasporto e aspetti di comfort termico.

1.3.3 Modelli a scelta discreta

I modelli a scelta discreta (in inglese "Discrete Choice Models" - DCM) servono ad analizzare il comportamento di un decisore che sceglie tra alternative di scelta discrete, assumendo che tenda a massimizzare la sua utilità (decisore razionale). L'analisi economica delle scelte discrete fa uso dei concetti propri del modello di massimizzazione dell'utilità aleatoria, proposto da Block e Marschak [2] e Marschak [3]. L'utilità U_{nj} del decisore n rispetto all'alternativa j è composta da due elementi [4]: una parte deterministica $V_{nj} = V(x_{nj}, s_n) \forall j$, che mette in relazione gli attributi dell'alternativa j ($x_{nj} \forall j$) e quelli del decisore (s_n) con l'utilità e una componente aleatoria ϵ_{nj} , che cattura i fattori non osservati che influiscono sull'utilità e quindi non inclusi in V_{nj} . Essendo $\epsilon_{nj} \forall j$ ignota, viene trattata come una variabile aleatoria con una certa densità di probabilità $f(\epsilon_n)$, permettendo di fare inferenze probabilistiche sulla scelta del decisore.

Gli esperimenti di scelta dichiarata (in inglese "Stated Choice – SC – experiments") servono a studiare le preferenze dichiarate del decisore per scenari ipotetici e rappresentano il punto di partenza per la stima dei modelli a scelta discreta. Nati negli anni '80 [5, 6], oggi sono ampiamente utilizzati in numerosi settori (e.g. trasporti, marketing, valutazioni ambientali e economiche). Un esperimento di scelta può avere diversi formati tra scelta, ranking o rating e ha l'obiettivo di acquisire dati di

alta qualità in modo da generare stime dei parametri di interesse utili e affidabili [7, 8]. La teoria del disegno sperimentale studia l'influenza che certi attributi (considerati come variabili indipendenti) hanno sulle scelte. Un campione viene sottoposto a una sequenza di esercizi in cui si può scegliere un'alternativa facente parte di un insieme di scelta discreto. Ogni alternativa è caratterizzata da un numero di attributi (costante o variabile), ciascuno dei quali è descritto da un predeterminato numero di livelli. La generazione di un disegno sperimentale comprende tre fasi: (1) scelta del modello e dei parametri da stimare, (2) scelta dei criteri da utilizzare per generare il disegno; (3) creazione di un questionario basato sul disegno sperimentale e acquisizione dei dati per la stima dei modelli.

Nel caso dell'indagine ai turisti, gli attributi e i livelli sono stati ottenuti tramite una *review* della letteratura, una analisi di contesto e una pre-indagine volta a perfezionare gli attributi precedentemente identificati in base a ciò che i turisti considerano importante.

13.4 Analisi comportamentale della mobilità pedonale dei turisti e dei pellegrini a Roma

L'indagine è consistita nello sviluppo e somministrazione di un questionario con esercizi di scelta di scenari ipotetici da cui derivare le preferenze dei turisti per le caratteristiche presenti nei percorsi pedonali.

Preliminarmente è stata condotta una pre-indagine (28 interviste) per definire gli elementi più importanti (tra quelli individuati da un'analisi della letteratura) da inserire come attributi negli scenari ipotetici di scelta. Ai primi posti figurano le condizioni e le caratteristiche del percorso e, in particolare, la pulizia e la continuità del percorso pedonale. Per quanto riguarda il traffico stradale, l'elemento ritenuto più importante è rappresentato dalla presenza degli attraversamenti pedonali, che in qualche modo si può ricondurre nella categoria "continuità del percorso pedonale" riferita alle caratteristiche del percorso. Altri aspetti importanti riguardano la presenza di servizi igienici, di verde pubblico e, con riferimento alla consegna delle merci, l'eventuale interferenza dei turisti con gli operatori che scaricano la merce. A partire dai risultati della pre-indagine,

si è deciso di adottare un design sperimentale costituito da 6 attributi ciascuno con due livelli, sintetizzati di seguito:

Tab. 1 – Design sperimentale per l'indagine SP

Attributo	Livello 1	Livello 2
Condizioni del percorso	Pulito	Non pulito
Caratteristiche del percorso	Continuo	Discontinuo
Tempo (min)	10	20
Servizi pubblici	Presenza di servizi igienici	Assenza di servizi igienici
Comfort termico	Presenza di verde	Assenza di verde
Consegna delle merci	Interferenza con la distribuzione delle merci	Assenza di interferenza con la distribuzione delle merci

È importante condurre l'indagine in modo che, attraverso un numero adeguato di interviste, si "coprano" tutte le combinazioni possibili dei livelli (2 livelli per 6 attributi, quindi $2^6 = 64$ combinazioni), per cui è stato necessario predisporre 5 versioni del questionario con diversi esercizi di scelta. Il questionario, in lingua italiana e inglese, in formato cartaceo e informatico (sulla piattaforma *limesurvey*), è composto da diverse parti: (1) motivo del viaggio; (2) età, nazionalità e periodo di permanenza; (3) Origine/Destinazione (O/D) e percorso effettuato per l'ultimo spostamento a piedi; (4) checklist di elementi (di disturbo o di piacere) incontrati nell'ultimo spostamento a piedi; (5) esercizi di scelta di scenari ipotetici di percorsi pedonali (vedi Figura 12); (6) domande di carattere psicologico e opinioni legate all'esperienza turistica (e non).

Supponiamo che per raggiungere a piedi un'attrazione che si trova in linea d'aria a meno di 1 km (circa 10 minuti a piedi in un percorso retto) avessi a disposizione diverse alternative. Quale percorso sceglieresti?

Scenario 1

	Alternativa 1	Alternativa 2
Condizioni del percorso	Pulito	Non pulito
Caratteristiche del percorso	Continuo	Discontinuo
Servizi pubblici	Assenza di servizi igienici	Presenza di servizi igienici
Comfort termico	Assenza di verde	Presenza di verde
Consegna delle merci	Assenza di interferenze con la distribuzione delle merci	Interferenza con la distribuzione delle merci
Tempo [min]	10	20
sceita	○	○

Fig. 12 – Esempio di esercizio di scelta

Le preferenze dichiarate dai turisti, attraverso gli esercizi di scelta di scenari ipotetici, possono essere messe in relazione con le condizioni effettive riscontrate durante il loro ultimo spostamento a piedi, determinando un indicatore della loro soddisfazione legata all'esperienza di mobilità pedonale.

Si è scelto di restringere il campo di indagine a due tra i beni culturali più visitati a Roma, ovvero il Colosseo e i Musei Vaticani. Il Colosseo è stato inserito tra le nuove sette meraviglie del Mondo ("New7Wonders of the World"⁴⁷), mentre i Musei Vaticani risultano al quarto posto tra i musei più visitati del mondo, con 6 milioni di visite annue⁴⁸. L'indagine è stata condotta durante il periodo estivo giugno-settembre 2016, raccogliendo oltre 400 interviste, di cui 365 utili per stimare i modelli a scelta discreta. Ulteriori analisi riguardano (1) le variabili psicologiche inserite nel questionario (UdR Scienze della Formazione), (2) i percorsi individuati dai turisti con considerazioni su possibili pedonalizzazioni (UdR Architettura), (3) diverse variabili spaziali (UdR Ingegneria).

1.3.5 *Stima di modelli comportamentali e definizione dell'IGT*

Sono stati stimati modelli di tipo logit multinomiale (MNL) su tutto il campione (365 interviste – 3650 observations). MNL è il modello a scelta discreta più diffusamente utilizzato. L'ipotesi alla base è che i residui aleatori ε_{ni} relativi alle diverse alternative e ai diversi agenti siano distribuiti in modo identico (stessa varianza) ed indipendente (covarianza nulla) (IID) secondo una variabile aleatoria EV (extreme value type I) con media nulla e varianza θ . Tale ipotesi implica che la parte di utilità non osservata di una alternativa non è correlata alla parte non osservata di un'altra alternativa. Lo stesso vale per le caratteristiche degli agenti. La derivazione della probabilità di scelta del modello è tratta da Marcucci [9] che, a sua volta, fa riferimento a McFadden [10].

Si assume che il decisore n scelga l'alternativa i se:

$$P_{ni} = \Pr(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}) = \Pr(\varepsilon_{nj} < \varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}), \forall j \neq i$$

⁴⁷ <https://world.new7wonders.com/wonders/roman-colosseum-70-82-a-d-rome-italy/>

⁴⁸ <http://theartnewspaper.com/reports/jeff-koons-is-the-toast-of-paris-and-bilbao/>

Non essendo ε_{ni} dato, la probabilità di scelta sarà espressa dall'integrale di tutti i valori di ε_{ni} pesati per la loro densità:

$$P_{ni} = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\prod_{i \neq j} \exp\left(-e^{-(\varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj})}\right) \right] e^{-\varepsilon_{ni}} \exp\left(-e^{-\varepsilon_{ni}}\right) d\varepsilon_{ij} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_j e^{V_{nj}}} = \frac{e^{\beta'X_{ni}}}{\sum_j e^{\beta'X_{nj}}}$$

Per la stima dei modelli MNL è stato utilizzato il software NLOGIT⁴⁹ a disposizione dell'UdR di Scienze Politiche. Per quanto riguarda il modello MNL stimato su tutto il campione (365 interviste – 3650 observations), si osserva che tutti i coefficienti sono statisticamente significativi e hanno i segni attesi, ovvero il **tempo** e l'**interferenza con la distribuzione delle merci** incidono **negativamente** sull'utilità, mentre la **pulizia** e la **continuità del percorso**, la **presenza di servizi igienici** e del verde incidono **positivamente** sull'utilità. Tutte le variabili, tranne il tempo, sono trattate in *effects coding*, ovvero assumono valore +1 se l'attributo ha una valenza "positiva" (e.g. pulizia del percorso) e -1 se "negativa" (e.g. sporizia del percorso). Il tempo è l'unica variabile che varia con continuità nell'intervallo 10-20 minuti.

Considerando che tutti gli altri attributi sono adimensionali, dalla Tabella 2 si può direttamente stabilire una graduatoria di importanza in funzione dei valori assunti dai coefficienti beta. In questo senso, l'attributo **più importante** è la **pulizia** del percorso (CLEAN), mentre quello **meno importante** è l'**interferenza con la distribuzione delle merci** (FREIGHT). Al secondo posto il verde (GREEN), al terzo la presenza di servizi igienici (RESTROOM) e al quarto la continuità del percorso (CONTIN).

Tab. 2 – Risultati del modello MNL

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]
TIME	-0,05187440	0,00578464	-8,968	0,0000
CLEAN	0,44434839	0,03013369	14,746	0,0000
CONTIN	0,16838609	0,02870862	5,865	0,0000
RESTROOM	0,21508069	0,02863347	7,512	0,0000
GREEN	0,27382550	0,02926921	9,355	0,0000
FREIGHT	-0,07270177	0,02692529	-2,700	0,0069
Rho-squared	0,15			

⁴⁹ <http://www.limdep.com/products/nlogit/>

Per capire quanto la scelta di un percorso sia influenzata dalla durata dello spostamento (i.e. dal **tempo**), è stata calcolata l'elasticità rispetto al tempo⁵⁰ (ad esempio, elasticità = -0,5 significa che un percorso che comporta un 1% di aumento del tempo determina una riduzione dello 0,5% nella probabilità di scelta di quel percorso). In generale (i.e. per il MNL stimato su tutto il campione), un 1% di aumento del tempo determina una riduzione dello **0,41%** nella probabilità di scelta del percorso.

Inoltre, a partire dai risultati dei MNL, è stato possibile stimare la **disponibilità a camminare**, ovvero la “**willingness to walk**” (WTW), dei turisti in funzione delle caratteristiche del percorso. La WTW è una misura di quanti minuti si è disposti a “sacrificare” pur di avere un percorso con determinate caratteristiche. La formula utilizzata per calcolarla è la seguente:

$$wtw_i \text{ (minuti)} = - \frac{\beta_i}{\beta_{tempo}}$$

dove i è il generico attributo (e.g. verde, pulizia). In generale, a parità degli altri attributi, **si è disposti a camminare 8,6 minuti in più per avere un percorso pulito**, 5,3 per un percorso verde, 4,1 per avere servizi igienici, 3,2 per un percorso continuo, mentre si è disposti a camminare solo 1,4 minuti in più per avere un percorso in cui non ci sia interferenza con la distribuzione delle merci. In conclusione, dall'analisi effettuata si evince chiaramente che alcuni elementi dei percorsi pedonali “pesano” di più di altri. In generale, la pulizia del percorso e il tempo necessario per percorrerlo sono tra gli elementi che incidono di più sul gradimento del turista. La presenza di verde pubblico è un altro elemento ritenuto importante. Inoltre, analisi di dettaglio condotte su segmenti di campione (che non si riportano qui per esigenze di brevità) rilevano l'eterogeneità degli intervistati e le differenze nelle loro preferenze dichiarate, che si riflettono in diversi valori di elasticità e di disponibilità a camminare (WTW).

L’**“indice di gradimento del turista”** (IGT) verso predefinite caratteristiche del percorso può essere definito a partire dai risultati ottenuti

⁵⁰ L'elasticità indica la variazione della probabilità di scelta di un percorso al variare dell'1% di una certa variabile.

con i modelli econometrici. Infatti, a partire dalle funzioni di utilità stimate su tutto il campione è possibile ricavare un valore minimo e un valore massimo dell'utilità percepita e, quindi, del gradimento del turista, in base alle caratteristiche presenti nel percorso:

Tab. 3 – Confronto tra scenari in termini di IGT

	Scenario peggiore	Scenario migliore
Tempo impiegato	20 minuti	10 minuti
Pulizia del percorso	no	sì
Continuità del percorso	no	sì
Servizi igienici	no	sì
Verde pubblico	no	sì
Interferenza merci	sì	no
IGT	$IGT_{min} = U_{min} = -2,21$	$IGT_{max} = U_{max} = 0,66$

Chiaramente, si tratta di risultati mediati su tutto il campione, i quali possono essere utili ai decisori politici per capire che miglioramenti apportare prioritariamente ai percorsi per renderli più appetibili ai turisti. Considerando l'eterogeneità di preferenze osservata, a partire da modelli stimati segmentando il campione, è possibile definire più indicatori IGT, i quali possono essere utilizzati per guidare i turisti in funzione delle loro preferenze. Inoltre, l'IGT così definito può essere messo in relazione ad altri parametri rilevati dalle interviste, ovvero variabili psicologiche che sono state analizzate dall'UdR di Scienze della Formazione.

13.6 Il prodotto di ricerca

Il prodotto di ricerca maturato si presta ad essere trasformato in un servizio per ottenere informazioni sui percorsi pedonali più adatti in base alle preferenze dei visitatori della città (legate alle caratteristiche desiderabili del percorso). È da rimarcare che attraverso la ricerca effettuata si potrebbe valutare la "qualità" di un percorso a partire dai servizi

distribuiti sul territorio e dalla struttura urbana. Quindi, in funzione del mercato potenziale si ipotizzano due approcci:

- la creazione di un'app seguendo lo stile di "TripAdvisor", ma orientata alla guida ai percorsi pedonali per visitare le città turistiche. All'interno dell'app si potrebbero inserire i percorsi definiti di "qualità" e permettere all'utente stesso di recensirli. L'ipotesi di un nome dell'app potrebbe essere "StreetAdvisor";
- la creazione di un sistema di supporto alle decisioni (DSS) per le pubbliche amministrazioni in grado di supportare la progettazione di una città più orientata ai turisti e alla mobilità sostenibile in generale o per calcolare i migliori percorsi urbani da suggerire ai pedoni. L'ipotesi di un nome del DSS potrebbe essere "DSStreet".



Fig. 13 – Slogan del prodotto⁵¹

13.7 Conclusioni

In questo capitolo sono stati presentati alcuni risultati di una ricerca interdisciplinare sulla mobilità di turisti e pellegrini a Roma, riferendosi all' "ultimo miglio" della loro esperienza di trasporto relativa agli spostamenti a piedi. Nello specifico la ricerca si è focalizzata su un'analisi comportamentale

⁵¹ Tratta da: Le Pira, M., Gemma, A., "MUSE: verso lo «street advisor» dei turisti a Roma", Presentazione all'interno del "Workshop sulle tecnologie innovative in ambito BENI CULTURALI" (Roma, 4 luglio 2017).

della mobilità dei turisti/pellegrini, delle loro preferenze, per ottenere un “indice di gradimento del turista” (IGT). Parallelamente a questa ricerca la sottoscritta, insieme con la propria UdR, è stata impegnata in uno studio che riguarda l’analisi dell’accettabilità sociale ed economica delle politiche innovative legate al trasporto delle merci, esaminando in dettaglio le preferenze degli stakeholder per politiche di intervento volte a garantire un maggior grado di sostenibilità delle attività di spostamento e di incremento della qualità delle esperienze complessive di fruizione legate alla disponibilità di beni (tra cui i beni culturali). L’analisi dell’accettabilità e sostenibilità economica è stata condotta utilizzando tecniche avanzate (i.e. modelli a scelta discreta e modelli ad agenti) che permettono di valutare proposte innovative per il miglioramento dei servizi comunali offerti. Per esigenze di brevità, nel presente capitolo sono stati descritti solo i principali risultati relativi all’esperienza di ricerca interdisciplinare. Per maggiori dettagli sull’analisi dell’accettabilità sociale delle politiche si prega di fare riferimento a Marcucci *et al.* [11].

BIBLIOGRAFIA

- [1] EU – European Union (2014). Eurostat regional yearbook 2014. Luxembourg.
- [2] Block, H. & Marschak, J. (1960). Random orderings and stochastic theories of responses. In I. Olkin, S. Ghurye e W. H. et al., eds, Contributions to Probability and Statistics, Stanford University Press, Stanford, pp. 97-132.
- [3] Marschak, J. (1960). Binary choice constraints and random utility indicators. In K. Arrow, S. Karlin e P. Suppes, eds, Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959, Stanford University Press, Stanford, California, pp. 312-329.
- [4] Train, K. (2003) Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press, UK.
- [5] Louviere, J. J., Hensher, D. A. (1983). Using discrete choice models with experimental design data to forecast consumer demand for a unique cultural event. Journal of Consumer research, 348-361.

- [6] Louviere, J.J., Woodworth (1983). Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: an Approach Based on Aggregate Data. *Journal of Marketing Research* 20, 350-367.
- [7] Marcucci, E., Stathopoulos, A., Gatta, V. & Valeri, E. (2011). Design of a stated ranking experiment to study interactive freight behaviour: an application to Rome's LTZ. In: working paper CREI, 4.
- [8] Marcucci, E., Stathopoulos, A., Gatta, V. & Valeri, E. (2012). A Stated Ranking Experiment to Study Policy Acceptance: The Case of Freight Operators in Rome's LTZ. *Italian Journal of Regional Science* 11(3), pp. 11-30.
- [9] Marcucci, E. (2011). *Scelte di trasporto e modelli a scelta discreta*. Collana Economia e Politica Industriale. Franco Angeli, Milano. ISBN 978-88-568-3172-6.
- [10] McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice analysis. In P. Zarembka, ed., *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York, pp. 105-142.
- [11] Marcucci, E., Le Pira, M., Gatta, V., Ignaccolo, M., Inturri, G. & Pluchino, A. (2017). Simulating participatory urban freight transport policy-making: Accounting for heterogeneous stakeholders' preferences and interaction effects. *Transportation Research Part E* 103, 69-86.

BENI CULTURALI

14 Banca dati per aspetti normativi in tema di beni culturali

Maria Chiara Buttiglione⁵², Luigi Moccia

14.1 *Abstract*

Il presente lavoro di ricerca riguarda la costruzione di una banca dati che raccolga e organizzi le normative e i materiali riguardanti le politiche culturali degli Stati membri dell'Unione europea. Per ogni Paese è stata realizzata una scheda riassuntiva degli elementi essenziali riguardanti la governance e le eventuali forme di partenariato tra pubblico e privato. Questi due aspetti sono infatti di particolare interesse per gli studiosi della materia e per gli addetti ai lavori, riguardando, rispettivamente, gli interlocutori istituzionali e i nuovi strumenti economici che si vanno affermando nel settore, anche in risposta alla scarsità delle risorse che si è accentuata a seguito della crisi economica che ha interessato l'Unione europea e non solo dal 2008.

14.2 *Perché una banca dati?*

Nel più ampio contesto del progetto Smart Environments la creazione di una banca dati che raccolga le normative in tema di politiche culturali degli Stati membri risponde alla necessità di creare uno strumento di consultazione e possibilmente di raccordo delle diverse esperienze di gestione dei beni culturali all'interno del perimetro dello spazio di sicurezza, libertà e giustizia⁵³ creato dall'Unione europea.

⁵² Dottore di ricerca in Teoria dello Stato ed Istituzioni politiche comparate, collabora con il Centro di eccellenza Altiero Spinelli, Università Roma Tre.

⁵³ Cfr. Luigi Moccia, La cittadinanza nella prospettiva della federazione europea, in La

Questa necessità si è manifestata nella presa d'atto della sempre maggiore pervasività della normativa europea nel campo delle politiche e nella considerazione dell'incredibile impatto che il mercato unico ha avuto in ogni campo dell'economia e delle attività produttive da Maastricht in poi.

Conoscere i diversi modelli di gestione del patrimonio artistico e studiare le diverse esperienze a livello europeo, rintracciando le best practices, è ormai una esigenza non più rimandabile nel nostro sistema paese e le Regioni, cui è demandata la competenza in merito alla fruizione del patrimonio artistico⁵⁴, ne sono ben consapevoli.

A questo proposito, nel documento della Regione Lazio, denominato Smart Specialisation Strategy 3 del 2016 si legge: *“Tali dati e tali considerazioni stanno a significare che i due settori individuati (diagnostica, conservazione e restauro, valorizzazione, godimento e gestione ndr) potrebbero presentare rilevanti margini di miglioramento, perseguibili attraverso un’opportuna strategia di specializzazione che punta a fare benchmark sui casi di successo di altre regioni di altri Paesi europei o extra europei. Tale strategia potrebbe far convergere l’intero settore dei beni culturali verso il quadrante C dove si registrano alte quote di mercato e alti tassi di crescita del mercato, trasformandolo nel settore di punta dell’intero Lazio”*⁵⁵.

È quindi necessario studiare e comprendere i diversi modelli normativi e gestionali messi a punto dagli Stati membri ed individuare i casi di maggiore successo, per fornire materiale di riflessione e così contribuire alla creazione di un modello istituzionale adeguato alle sfide che in questo settore l'Unione europea propone.

Una diversa questione, infatti, riguarda il fatto che l'analisi non solo delle normative europee, ma anche di tutti quei documenti che indicano, con un'espressione poco tecnica, ma efficace, “dove tira il vento”, quali saranno cioè gli orientamenti dei prossimi anni nel settore, consente alle istituzioni in primis, ma anche ai privati di approntare strategie economiche

Cittadinanza europea, n. 2.

⁵⁴ Art. 117 Cost., come emendato dalla l. cost. 3/2001.

⁵⁵ Smart Specialisation Strategy 3 – bollettino ufficiale della Regione Lazio n. 48, supplemento n. 1, del 16/06/2016 (pag 114).

di lungo periodo.

Questo breve elaborato vuole essere una sintesi del lavoro svolto e introdurre alcune considerazioni che, si spera, possano contribuire al dibattito.

14.3 *La struttura della banca dati*⁵⁶

La banca dati si presenta come uno strumento user friendly, la schermata, attraverso una cartina geografica consente di consultare le normative afferenti i diversi aspetti della politica di gestione e valorizzazione dei beni culturali nel singolo Paese.

Per ogni Stato membro è stata resa disponibile, oltre ovviamente alla normativa e ai link istituzionali e di interesse, anche una scheda riassuntiva della governance istituzionale, delle eventuali norme costituzionali in materia e delle eventuali forme di partenariato tra pubblico e privato.

La scelta di orientare in questo senso il lavoro si giustifica per l'importanza che in questo campo riveste la governance, intesa come struttura decisionale in un dato settore. In particolare, si è posta attenzione al ruolo affidato agli enti locali, soprattutto negli stati federali o caratterizzati da un regionalismo importante. Il nostro paese come è noto, nel 2001 ha portato a compimento una riforma costituzionale di grande impatto, concedendo alle Regioni, anche a quelle a Statuto ordinario, di intervenire in maniera sostanziale nella gestione e definizione delle politiche. Come abbiamo anticipato, per quanto di interesse, alle Regioni è demandata la valorizzazione e la fruizione del patrimonio artistico, mentre allo Stato centrale spetta la conservazione e la tutela. Questo sdoppiamento delle competenze ha creato, e crea tutt'ora, non poche difficoltà applicative. È sembrato quindi di particolare interesse verificare con uno studio comparato l'organizzazione interna degli altri Stati membri.

La ricerca delle norme riguardanti la libera espressione delle manifestazioni artistiche nei testi costituzionali offre un interessante spunto di riflessione su come i testi costituzionali della seconda metà del '900, mostrino una particolare attenzione al concetto di libera espressione in

⁵⁶ www.centrospinelli.eu/wp.

generale e del libero esercizio delle manifestazioni artistiche in particolare.

Per quanto riguarda il partenariato tra pubblico e privato si è scelto di valorizzare questo aspetto, inserendo dove possibile dei riferimenti nelle schede, perché si tratta di una delle nuove forme di finanziamento che, soprattutto dopo la crisi del 2008, sono venute alla ribalta per ovviare alla carenza di risorse pubbliche.

In merito alla funzionalità della banca dati, si è scelto sotto il profilo tecnico, di inserire le normative in formato pdf e, ove possibile, in lingua inglese, consentendo il funzionamento di un motore di ricerca in grado di selezionare i documenti utilizzando come chiave di ricerca qualsiasi termine.

1.4.4 *I diversi modelli di governance istituzionale*

L'organizzazione della catena di comando, sia essa verticale o orizzontale, con un modello improntato alla collaborazione tra gli enti preposti, manifesta sempre una certa complessità.

Da un breve sguardo ai risultati dello studio condotto possono trarsi alcune dati interessanti.

Preliminarmente è necessario ribadire, come premessa metodologica, che come in tutte le analisi di respiro comparatistico, è sempre importante tenere presente il contesto storico e istituzionale del paese di riferimento. Si è cercato di riportare l'analisi a due diversi modelli, centralizzato e diffuso, ma si è consapevoli dei limiti insiti in ogni classificazione che si presenti troppo rigida.

Anticipando una delle conclusioni, è possibile individuare una generale tendenza dei paesi membri ad indirizzarsi verso un modello decentrato della gestione dei beni culturali.

Questa tendenza intercetta non solo gli enti territoriali, Regioni, Municipi ed enti locali in genere, ma punta anche al coinvolgimento degli attori, dei cd. Stakeholders del settore, come ad esempio le organizzazioni di categoria.

In questo senso si intravede controluce il ruolo dell'Unione europea, infatti, un modello maggiormente orientato verso la devoluzione alle

articolazioni periferiche risente ovviamente, a livello europeo, dell'applicazione del principio di sussidiarietà, e delle sue specifiche, contribuendo all'affermazione, in via sia teorica che di prassi, del *“livello decisionale più vicino ai cittadini”*.

Ecco dunque un esempio di come l'Unione europea e i suoi principi generali influenzano la definizione delle politiche e influiscono sulle scelte normative dei singoli Paesi.

Sarebbe tuttavia riduttivo ricondurre la scelta di un determinato modello di governance unicamente all'influenza di un *“livello superiore”*.

Infatti il modello istituzionale di ogni Stato oggetto di analisi e la sua storia passata e recente sono elementi imprescindibili per comprenderne l'assetto organizzativo.

È di tutta evidenza che negli ordinamenti federali, come ad esempio la Germania, il coinvolgimento dei governi locali è tale che la competenza a livello centrale si presenta come residuale.

Allo stesso modo, sia la Francia che la Spagna, presentano un altissimo grado di coinvolgimento dei territori e nel, caso della Spagna, che si presenta storicamente come uno Stato fortemente caratterizzato dalle autonomie regionali, anche degli organismi intermedi di matrice privata.

Nei paesi dell'est Europa la situazione si presenta diversa, i governi centrali mantengono un forte controllo sulla conservazione e fruizione dei beni culturali, così la Romania e la Bulgaria, ad esempio. La Polonia e la Repubblica Ceca, in cui le politiche culturali sono affidate prevalentemente allo Stato centrale, manifestano tuttavia forti segnali di cambiamento. In Polonia, le amministrazioni locali, Province, Distretti e Comuni, e le organizzazioni non governative partecipano allo sviluppo delle strategie culturali nazionali e locali. Nella Repubblica ceca si assiste ad un lento ma progressivo smantellamento del controllo effettuato dallo Stato centrale sulle istituzioni culturali.

Nella troppo rigida distinzione tra il modello decentrato e il modello accentrato è necessario segnalare che in tutti gli Stati membri, nella definizione delle politiche culturali volte alla valorizzazione e fruizione del patrimonio artistico è presente, anche se a volte solo *in nuce*, un nuovo modello, che potremmo chiamare *“collaborativo”*.

La collaborazione istituzionale infatti è più agevole da attuare senza

importanti interventi normativi che magari coinvolgono riforme costituzionali che richiedono procedure particolarmente complesse.

Questo modello incoraggia la creazione di reti e la collaborazione in ogni forma, tra gli enti pubblici preposti, ma anche il coinvolgimento dei privati e degli addetti ai lavori, cercando di ottimizzare le scarse risorse disponibili.

Un esempio sotto questo profilo è costituito dai Paesi bassi, dove il modello di governance è di matrice diffusa e molto articolato proprio perché si punta al coinvolgimento di quanti più livelli è possibile.

14.5 *Il partenariato pubblico privato*

Che si crei un legame tra il patrimonio artistico e culturale insistente su di un determinato territorio e la comunità locale è un fatto indiscutibile. In molti casi la presenza di un bene di interesse artistico e storico influisce notevolmente sul sostentamento economico della popolazione, costituendo attrazione turistica e generando un indotto che coinvolge le attività commerciali del luogo. Tuttavia, il legame che si istaura spesso non si esaurisce nella possibilità di sfruttamento economico, soprattutto nei piccoli centri le comunità fondano e alimentano la propria identità attraverso l'identificazione con il passato, che è stato capace di creare una suggestione destinata a durare nel tempo.

Il complesso rapporto che si viene a creare tra il bene artistico, lo sfruttamento economico e l'identità è stato più volte preso in considerazione dalle Istituzioni europee, che da sempre ribadiscono la necessità di compiere azioni parallele per conseguire paralleli risultati. Da un lato è necessario preservare il patrimonio culturale che costituisce il luogo dell'identità non solo nazionale, ma anche europea. Dall'altro la conservazione non basta, la contemporaneità richiede la destinazione economica dei beni, che devono diventare non solo "sostenibili", ma anche produttivi, generare turismo, produrre utili e contribuire alla crescita occupazionale.

Per ottenere questi risultati, la Commissione europea individua le seguenti strategie:

- Investire nella tecnologia applicata ai beni culturali;
- Individuare e attrarre nuovo pubblico;

- Usare correttamente i fondi che l'Unione europea mette a disposizione;
- Incentivare il partenariato tra pubblico e privato e tutte le nuove forme di finanziamento.

In che modo gli Stati membri hanno accolto quest'ultima suggestione? In Italia il coinvolgimento del capitale privato, soprattutto nel settore dei servizi connessi (ristorazione e book shop, ad esempio) è stato molto lento ma progressivo. In tempi recenti la normativa cd. Art bonus, consistente in un incentivo fiscale per incentivare i privati a contribuire al restauro di importanti opere e monumenti ha dato i primi risultati. Anche sotto il profilo tecnico gestionale, con l'utilizzo dello strumento giuridico della fondazione, si sono mossi i primi passi ottenendo buoni risultati, come dimostra il Museo egizio a Torino.

Lo strumento maggiormente utilizzato negli Stati membri è l'incentivo fiscale, tuttavia si segnalano alcune esperienze di particolare interesse, senza pretesa di esaustività.

Come abbiamo anticipato, la Spagna coinvolge i privati anche nella gestione di istituzioni culturali di rilevanza nazionale, come il Museo del Prado. Anche la Germania, in un'ottica di efficientamento economico del settore cerca di incentivare la partecipazione dei privati soprattutto nel settore della fruizione, tuttavia senza aver definito un chiaro modello normativo.

Nella Repubblica ceca dal 2011 è prevista la possibilità di affidare la gestione di un'istituzione culturale ad una persona fisica o giuridica, sempre dal 2011 è in vigore il Cultural Sponsoring Code, un documento che detta regole per il finanziamento dei privati nel settore culturale, tuttavia l'adesione è su base volontaria.

In Finlandia l'apporto dei privati nel settore culturale si sostanzia nella possibilità per le fondazioni di effettuare donazioni ad enti ed istituzioni.

14.6 Conclusioni

Questo lavoro di comparazione, con tutti i suoi limiti, consente di trarre alcune brevi conclusioni. Come è stato osservato in precedenza, la collaborazione, sia verticale che orizzontale, tra i diversi livelli istituzionali e tra le istituzioni e i privati, è una tendenza che si va affermando ormai in tutti gli Stati membri. Allo stesso modo, le diverse forme di partenariato, intendendo questo termine in senso ampio, per comprendere le diverse forme di finanziamento e co-finanziamento nel settore dei beni culturali, costituiscono un bacino di risorse economiche di cui il settore ha un disperato bisogno.

Mi preme sottolineare come le due osservazioni precedenti siano perfettamente in linea con una nuova, contemporanea visione del patrimonio artistico, non più statico, ma dinamico.

Musei, opere architettoniche, siti archeologici, sono sempre più chiamati ad assolvere non solo la funzione storica di memoria del passato, ma una funzione economica e sociale. Intorno ad essi la tecnologia sviluppa nuove forme legate alla conservazione e alla fruizione dell'arte, questo connubio allarga la possibile platea ad un nuovo pubblico, anche virtuale.

Questa tendenza, sicuramente avallata dall'Unione europea è, a parere di chi scrive, estremamente positiva, sarà necessario osservarne gli sviluppi e regolamentare il fenomeno, per non dimenticare che il patrimonio artistico ha un valore intrinseco, che deve essere esaltato e non svilito dalla funzione economica, dopotutto, *“il bello è lo splendore del vero”* (Platone).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Luigi Moccia, La cittadinanza nella prospettiva della federazione europea, in *La Cittadinanza europea*, n. 2.
- [2] Smart Specialisation Strategy 3 – Bollettino ufficiale della Regione Lazio n. 48, supplemento n. 1, del 16/06/2016;
- [3] Conclusioni del Consiglio e dei Rappresentanti dei governi degli Stati membri, riuniti in sede di Consiglio, su un piano di lavoro per

- la cultura (2015-2018);
- [4] Parere del Comitato europeo delle Regioni — Verso un approccio integrato al patrimonio culturale per l'Europa;
- [5] Strategia Europa 2020;
- [6] Regolamento n. 1295/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il Programma Europa creativa;

SITOGRAFIA

- <http://www.culturalpolicies.net>
- <http://www.regione.lazio.it>
- <http://www.unesco.it>
- <http://www.uniroma3.it/>
- <http://www.centrospinelli.eu/>

15 Laboratorio virtuale su piattaforma telematica per ottimizzare e facilitare la fruizione di apparati sperimentali finalizzati alla tutela dei beni culturali

Andrea Benedetto⁵⁷, Maria Giulia Brancadoro

15.1 Abstract

Nell'ambito del Progetto "Smart Environment - Valorizzazione della ricerca e crescita del territorio negli ambienti intelligenti" è stato realizzato uno studio finalizzato allo sviluppo di un modello numerico per la simulazione ed il controllo dei processi di infiltrazione dell'acqua in sistemi porosi eterogenei, con particolare interesse nei confronti della tutela e della salvaguardia dei beni culturali. In riferimento all'articolazione strutturale del Progetto Smart Environment, infatti, lo studio di seguito descritto, intitolato "Laboratorio virtuale su piattaforma telematica per ottimizzare e facilitare la fruizione di apparati sperimentali finalizzati alla tutela dei beni culturali", si inserisce nell'ambito di riferimento dedicato alla sicurezza, alla conservazione ed alla diagnostica dei beni culturali.

15.2 Inquadramento del problema

Lo studio dei processi di infiltrazione dell'acqua riveste oggi un ruolo di cruciale importanza nell'ambito della conservazione e della diagnostica dei beni culturali soprattutto a fronte dell'incommensurabile patrimonio storico culturale di cui può vantare il Nostro Paese. I meccanismi di deterioramento che si innescano in strutture di diversa natura in seguito

⁵⁷ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre, Via Vito Volterra 62, 00146 Roma, Italia.

all'interazione diretta o indiretta con l'acqua possono, infatti, comportare un'alterazione dello stato originario del bene fino a comprometterne l'integrità. Tali processi di degrado possono essere ricondotti a fenomeni differenti, di natura fisica o chimica, dei quali l'acqua risulta essere, in vesti attive e/o passive, responsabile. L'investigazione dei processi di infiltrazione dell'acqua nelle strutture di interesse storico-artistico si rivela di conseguenza fondamentale al fine di assicurare nel tempo la loro conservazione.

In tale contesto è da individuarsi l'obiettivo del progetto di ricerca, ovvero quello di sviluppare un laboratorio di simulazione volto alla riproduzione in ambiente virtuale dei processi infiltrativi dell'acqua nei beni culturali. Un simile approccio si rivela, d'altra parte, particolarmente vantaggioso rispetto alle indagini condotte in laboratori sperimentali ed alla scala reale. L'ambiente di simulazione consente, infatti, da una parte di contenere gli oneri riconducibili all'esecuzione delle indagini tradizionali sia in termini di costi che di tempi di esecuzione, dall'altra permette di investigare scenari complessi che per la loro natura potrebbero risultare difficilmente realizzabili in condizioni reali. Evidentemente una simile strategia comporta significativi vantaggi anche in un'ottica di efficienza nella scelta degli interventi da prevedere sul bene per la sua tutela.

15.3 *Approccio metodologico*

Al fine di perseguire gli obiettivi del progetto si è scelto di utilizzare, con le dovute accortezze, dei modelli di calcolo avanzati precedentemente sviluppati dal Team di Infrastrutture Viarie del Dipartimento di Ingegneria (Sezione Civile) dell'Università degli Studi Roma Tre per la simulazione dei materiali di più specifico interesse delle infrastrutture viarie e ferroviarie. [1, 2] I modelli utilizzati derivano, conseguentemente, da modifiche e aggiornamenti condotti al fine di renderli idonei, sia in termini di dominio di simulazione che di condizioni al contorno, allo specifico ambito oggetto del progetto di ricerca. In tale contesto, quindi, il progetto si configura come uno studio pilota che ha permesso di porre le prime basi per una futura e più ampia definizione di un laboratorio di simulazione avanzato volto all'investigazione dei processi di infiltrazione

dell'acqua nei beni culturali.

Nel dettaglio, l'approccio metodologico seguito è articolato in 4 punti fondamentali:

1. Ricognizione dei modelli esistenti
2. Definizione di strategie volte a migliorare gli approcci esistenti
3. Validazione dei modelli
4. Integrazione dei modelli idraulici

15.4 Ricognizione dei modelli esistenti

Tale fase è finalizzata all'individuazione dei codici di simulazione sviluppati nell'ottica di generare i sistemi porosi eterogeni da investigare. Come sopra specificato, le competenze nell'ambito della modellazione numerica sviluppate nel Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre nel corso degli ultimi anni, hanno permesso di arrivare allo sviluppo di avanzati codici di calcolo in grado di riprodurre la matrice litica propria dei materiali usualmente impiegati nell'ambito delle costruzioni civili.

In tale contesto, è necessario evidenziare come a meno della natura mineralogica dei materiali la matrice solida simulata risultante dall'implementazione dei suddetti modelli ben si adatta alla riproduzione virtuale, ad esempio, della struttura litica impiegata per la realizzazione di murature cementizie con la tecnica del "opus incertum" e del "rudus" delle strade romane. Come si possono citare, d'altra parte, anche tutti quei manufatti in pietra a secco appartenenti allo storico patrimonio edilizio tipicamente sardo e pugliese, che sono oggi espressione dell'antica architettura della tradizione rurale e di cui vi è ampia testimonianza nel nostro paese.

15.5 Definizione di strategie volte a migliorare gli approcci esistenti

Tale fase è finalizzata all'adeguamento dei codici di calcolo, precedentemente sviluppati, al contesto di riferimento del progetto di ricerca in esame. In particolare, l'algoritmo impiegato, in linea con quello ideato nell'ambito più specifico delle infrastrutture viarie e ferroviarie, si basa

sull'implementazione del metodo Random Sequential Adsorption RSA, un modello nato per simulare i processi di assorbimento dei polimeri [4] e oggi ampiamente diffuso in diversi campi, dalla medicina all'informatica, che consente di riempire uno spazio d-dimensionale con oggetti non sovrapposti tra di loro caratterizzati da diverse forme. Nel caso specifico l'applicazione del modello restituisce in uno spazio bidimensionale la matrice solida del materiale investigato note le sue caratteristiche granulometriche [2, 5, 6]. Nella figura sottostante è riportato l'output del modello di simulazione in cui le inclusioni litiche sono state ipotizzate (in prima approssimazione) di forma circolare.

In linea con i modelli precedentemente sviluppati si è proceduto

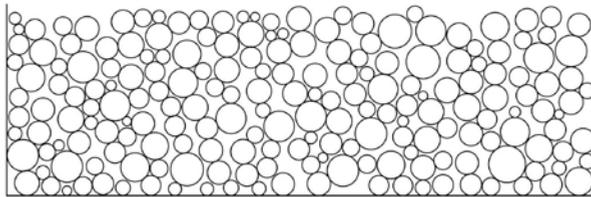


Fig. 1 – Output del codice numerico - Inclusioni di forma circolare

successivamente ad una nuova simulazione della matrice solida considerando una differente forma delle inclusioni. I suddetti modelli prevedono, infatti, l'inserimento nel dominio di simulazione di inclusioni di forma pentagonale, una condizione quest'ultima che assicura una maggiore rappresentatività relativamente alla forma reale dei grani.

Di seguito viene riportato l'output della procedura numerica nel quale è possibile constatare la geometria pentagonale delle particelle simulate.

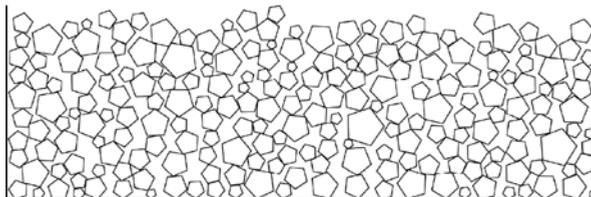


Fig. 2 – Output del codice numerico - Inclusioni di forma pentagonale

15.6 Validazione dei modelli

Come spiegato precedentemente, i modelli di simulazione adottati nell'ambito di tale progetto di ricerca derivano da modelli precedentemente sviluppati nel Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre. Tali modelli, infatti sono nati per riprodurre in ambiente virtuale la matrice litica propria dei materiali usualmente impiegati per la realizzazione degli strati superficiali della sovrastruttura stradale e dello strato della massciata ferroviaria. In tale contesto, la procedura di validazione dei modelli di simulazione è avvenuta ponendo a confronto il comportamento elettromagnetico di un aggregato reale di cui si disponeva nel Laboratorio di terre del Dipartimento di Ingegneria e quello del provino risultante dalla simulazione [2]. L'investigazione del comportamento elettromagnetico del materiale ha visto, in particolare, l'esecuzione di prove con un antenna Georadar di tipo air-lanched nel caso delle sperimentazioni in laboratorio e l'ausilio del software GPRMax 2D [7] per quanto riguarda la simulazione della propagazione delle onde elettromagnetiche del provino ricostruito virtualmente. Si riporta di seguito un'immagine esemplificativa del confronto tra gli esiti delle prove di laboratorio e dell'analisi numerica.

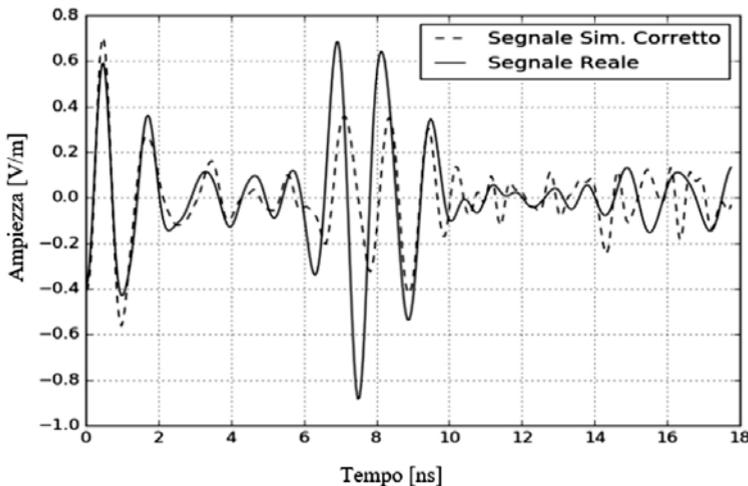


Fig. 3 – Confronto tra il segnale reale derivante dalla sperimentazione di laboratorio ed il segnale simulato ottenuto dal modello numerico

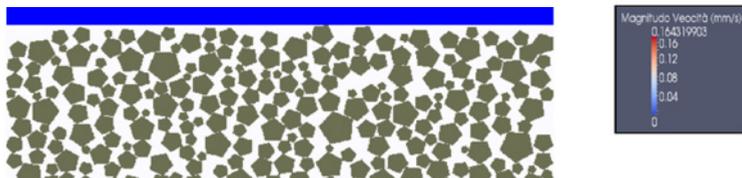
15.7 Integrazione dei modelli idraulici

Tale fase costituisce il momento conclusivo del progetto ed è volta alla simulazione dei processi di infiltrazione dell'acqua all'interno della struttura litica simulata con i codici di calcolo. Al fine di perseguire tale obiettivo è stato utilizzato e opportunamente riadattato al contesto di interesse un avanzato codice di calcolo, anch'esso precedentemente sviluppato. Il processo di simulazione è in questo caso basato sull'implementazione del Modello di Lattice-Boltzmann, (Lattice Boltzmann Method - LBM), un metodo largamente diffuso nell'ambito della fluidodinamica computazionale per la simulazione della dinamica dei fluidi [8].

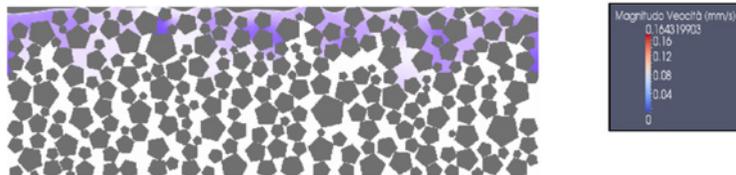
15.8 Risultati

L'integrazione dei modelli numerici relativi alla simulazione della matrice litica del materiale e del moto di infiltrazione dell'acqua nel mezzo simulato ha, quindi, permesso di perseguire gli obiettivi prefissati dal progetto. A tal proposito, si riportano di seguito alcuni estratti dei dati di output del processo di simulazione dell'infiltrazione dell'acqua nel materiale simulato. Le immagini, relative a step temporali successivi, riportano i percorsi seguiti dal fluido all'interno dei grani simulati.

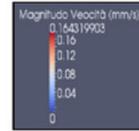
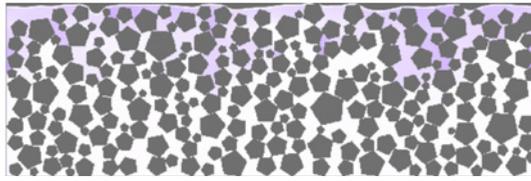
Step 0



Step 7



Step 20



Il modello restituisce, inoltre, informazioni in merito alle velocità che le particelle di fluido assumono in ogni punto del dominio di simulazione. Se ne riportano di seguito gli esiti relativi agli step temporali precedentemente analizzati:

Step 7



Step 20



15.9 Conclusioni

Nell'ambito del Progetto Smart Environment è stato condotto uno studio per l'investigazione dei processi di infiltrazione dell'acqua nei beni culturali. A fronte dei processi di degrado che derivano dall'interazione dell'acqua con strutture materiali di diversa natura un simile approccio di indagine si rivela, infatti, particolarmente vantaggioso al fine di definire interventi efficaci per assicurare nel tempo la conservazione e la tutela dei beni. La metodologia seguita ha permesso di raggiungere due risultati importanti risultati. Grazie all'ausilio degli avanzati modelli di calcolo nati per la simulazione de materiali impiegati nel settore delle infrastrutture viarie e ferroviarie e precedentemente validati sulla base di indagini

elettromagnetiche, è stato, infatti, possibile ricostruire la matrice solida tipica di un materiale poroso ed investigare i processi di infiltrazione dell'acqua nel provino simulato mediante l'implementazione di modelli Lattice-Boltzmann.

Gli esiti del progetto si sono rilevati particolarmente incoraggianti e sicuramente utili per iniziare a porre le prime basi per la definizione di un modello di simulazione più avanzato volto all'investigazione dei processi di degrado indotti dall'infiltrazione dell'acqua nei beni culturali. In riferimento a quanto precedentemente esposto, è opportuno mettere in luce, inoltre, il carattere di innovatività dei risultati ottenuti. Attualmente sul mercato non è possibile constatare, infatti, la presenza di prodotti in grado di investigare e riprodurre in ambiente di simulazione i processi di infiltrazione dell'acqua nei materiali da costruzione e più in particolare nei beni culturali. Informazioni di tal genere vengono generalmente acquisite sulla base di analisi eseguite sperimentalmente sul bene o materiale basate, ad esempio, su valutazioni delle variazioni delle condizioni igrometriche, sull'utilizzo di piezometri o sonde capacitive e sulle tradizionali teorie di permeabilità e di moto dei fluidi nei materiali porosi.

Alla luce delle potenzialità dimostrate dai codici sviluppati dal Team di Infrastrutture Viarie del Dipartimento di Ingegneria di Roma Tre ed utilizzati nel presente progetto, risulta evidente quindi come l'implementazione di tali modelli in contesti più ampi potrà essere in grado di soddisfare le esigenze di società e amministrazioni, individuabili su tutto il territorio nazionale, che operano generalmente nel settore del monitoraggio dello stato delle grandi opere civili e sicuramente anche in quello della salvaguardia e tutela dei beni culturali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A., Umiliaco, A., Benedetto and F., D'Amico (2012), Prediction of drainage capability of open graded mixture A state of the art and novel perspectives. *Recent Advances in Engineering* pp. 228-233.
- [2] A., Benedetto, F., Tosti, L., Bianchini Ciampoli, A., Calvi, M. G., Brancadoro and A.M., Alani (2016) Railway ballast condition assessment using

- ground-penetrating radar—An experimental, numerical simulation and modelling development. *Construction and Building Materials* 140. pp. 508-520.
- [3] L., Bianchini Ciampoli, F., Tosti, M.G., Brancadoro, F., D'Amico, A.M., Alani and A., Benedetto (2017) A spectral analysis of ground-penetrating radar data for the assessment of the railway ballast geometric properties. *NDT & E International*, 90 pp. 39-47.
- [4] Flory, P.J. (1939), Intramolecular Reaction between neighbouring substituents of vinyl polymers, *Journal of the American Chemical Society*, 61(6), 1518-1521.
- [5] Brancadoro M.G., Tosti F., Bianchini Ciampoli L., Pajewki L., Benedetto A., Alani A. M., 2017, How to create a full-wave GPR model of a 3D domain of railway track bed?. 10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, (BCRRA 2017), 28-30 June, 2017, Athens, Greece.
- [6] Benedetto A., Tosti F., Bianchini Ciampoli L., Pajewki L., Pirrone D., Umiliaco A., Brancadoro M.G., 2016, A simulation based approach for railway applications using GPR. 16th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR 2016), 13-16 June, 2016, Hong Kong, China.
- [7] Giannopoulos, A. (2005), Modelling ground penetrating radar by GprMax, *Construction and Building Materials*, 19(10), 755-762.
- [8] He, X., & Luo, L. (1997) Theory of lattice Boltzmann method: From the Boltzmann equation to the lattice Boltzmann. *Phys Rev E*, 56, 6811-6817.

16 *Personal Museum*: proposte per un museo personalizzato ed interattivo⁵⁸

Chiara Di Stefano⁵⁹, Alessandro Neri

16.1 *Abstract*

La diffusione di sistemi per la realtà virtuale (VR) a basso costo ha reso possibile per un gran numero di consumatori, l'esperienza di utilizzo di sistemi di realtà virtuale anche in casa. Del resto i campi di applicazione di queste tecnologie non sono più solamente appannaggio del settore ludico e del video gioco ma iniziano sempre di più ad avere un ruolo rilevante e di impatto rispetto a tematiche quali l'educazione e l'insegnamento.

In questa sede presenterò dunque due casi studio che partono dalla stessa primaria considerazione relativa alla possibilità di costruire un museo virtuale nel quale poter collocare opere d'arte da esperire in maniera nuova ed interattiva. Il significato di questa proposta è dunque duplice: da un lato si prova ad offrire la possibilità all'utente di avere un percorso museale educativo personalizzato rispetto alle proprie necessità e ai propri bisogni, dall'altro questo progetto ha avuto il merito di testare due differenti modalità di fruizione e di stabilire la qualità dell'esperienza (QoE) del singolo.

La cooperazione sinergica tra Storia dell'Arte e ICT è però la vera peculiarità di questo progetto che si propone di lavorare nel solco della disciplina delle *Digital Humanities* [18] e all'interno di un codificato sistema di linee guida relative a quegli oggetti multimediali denominati *Serious Games* [19].

⁵⁸ I progetti sono stati sviluppati grazie al sostegno e al supporto tecnico di Walter Ciabocco per Caravaggio in Rome e di Alessandro Attard Barbini e Leonardo Nucciarelli per Degas Virtual Gallery e completati grazie alle strumentazioni e al supporto forniti dal laboratorio COMLAB e dal suo staff.

⁵⁹ Università Roma Tre - Facoltà di Ingegneria – COMLAB.

Il risultato è dunque un prodotto – in fieri – che risulta da un lato filologicamente accurato e dall'altro innovativo in termini di tecnologie utilizzate.

16.2 Introduzione

In tempi recenti le applicazioni di Realtà Virtuale (VR) stanno guadagnando una notevole popolarità anche nel campo del *gaming*. Grazie al rapido sviluppo delle tecnologie che supportano i visori VR e alle notevoli capacità delle schede grafiche anche degli *smartphone* è stato possibile sviluppare dei render grafici utili al fine di proporre oggetti di Realtà Virtuale anche su *device* mobili. Inoltre il sempre inferiore costo di oggetti come l'*Oculus Rift* [20], l'*HTC Vive* [21] e il *Google Cardboard* [22] hanno accelerato un processo di diffusione della tecnologia VR in ambiente domestico che ben si concilia con il processo di implementazione di oggetti come i musei virtuali.

Infine, la facilità con la quale è possibile iniziare a modellare oggetti tridimensionali con programmi gratuiti e aperti come *Unity 3D* rende l'applicabilità di progetti di questa natura sempre più compatibili con le differenti piattaforme in commercio.

Allo stato dell'arte l'utilizzo di tecnologie tridimensionali di tipo ludico è applicato alle discipline più distanti per fini di studio e di ricerca. Ad esempio la visualizzazione 3D è largamente utilizzata in campo medico per fornire un training ai giovani specializzandi [1] o in funzione riabilitativa [2].

Più in generale la realtà virtuale può essere utilizzata in tutte quelle discipline che richiedono una pratica costante di situazioni complesse o di pericolo come ad esempio in campo militare [3] o sportivo [4].

La realtà virtuale è stata anche felicemente accostata ai beni culturali sia come strumento di approfondimento *in situ* per musei o siti archeologici [5] sia come strumento per l'insegnamento della storia dell'arte e dell'archeologia da remoto per persone disabili o che non hanno la possibilità di raggiungere luoghi di interesse artistico e culturale [6].

Nello sviluppo di questi musei virtuali sono state utilizzate diverse piattaforme che possono essere considerate valide sia per giocare sia per

scopi educativi. La base che lega le due esperienze è la necessità di far navigare l'utente in prima persona (POV) in modo da poter offrire un'esperienza immersiva e allo stesso tempo analoga a quella dei moderni videogiochi. Studi come [7] hanno evidenziato la potenzialità dei musei virtuali e la loro validità in ambito didattico e nell'ormai vasto campo dell'*edutainment*.

I modelli di musei virtuali presentati seguono le teorie relative all'applicabilità dei *Serious Games* nel campo dei beni culturali – ben evidenziate tra gli altri in [8] – e che includono la necessità di poter attraversare lo spazio in prima persona offrendo una navigazione immersiva dello spazio.

Nella costruzione di un modello virtuale, e questi proposti non fanno eccezione, bisogna però tenere conto dell'accettabilità della realtà virtuale ovvero del confort dell'utente. Non si può e non si deve infatti prescindere da quella che viene comunemente definita Qualità dell'Esperienza (QoE). In particolare nella mia ricerca mi sono riferita alla seguente definizione di Quality of Experience "degree of delight or annoyance to the user of an application or service. It results from the fulfillment of his or her expectations with respect to the utility and / or enjoyment of the application or service in the light of the user's personality and current state [9]" al fine di migliorare le proposte in oggetto.

16.3 *Caravaggio in Rome*

Come primo caso studio è stato preso quello di Caravaggio a Roma, un artista che interessa un pubblico vasto ed eterogeneo e che dunque poteva risultare interessante per un pubblico di non addetti ai lavori. Inoltre la peculiare storia artistica e umana dell'artista lombardo a Roma ha fatto in modo che la presenza dei suoi capolavori sia intensa all'interno della città.

La presenza delle sue opere è però variamente disseminata e si presentava dunque come un esempio interessante per poter verificare la fattibilità del progetto e la sua effettiva utilità. Un qualunque turista appassionato di arte che volesse poter vedere tutte le opere di Caravaggio presenti a Roma per riuscire ad ottenere il suo scopo dovrebbe impiegare una settimana del suo tempo senza contare le prenotazioni, le code, gli spostamenti

con mezzi pubblici e gli orari – spesso proibitivi – dei musei e delle chiese. Il museo virtuale di Caravaggio a Roma si prefigge dunque di ovviare a questa difficoltà provvedendo alla costruzione di un oggetto virtuale nel quale collocare le venti tele del maestro che, in seguito allo studio di differenti approcci tecnici, potesse avere come destinazione finale una applicazione per *smartphone*. [17].

Da un punto di vista tecnico il museo virtuale è stato disegnato grazie



Fig. 1 – Mappa della città di Roma con le collocazioni delle tele di Caravaggio

al programma di modellazione *Unity3D* [12] ed è stato progettato sulla base delle teorie museografiche del *White Cube* [10] che prevede uno spazio asettico che offre risalto alle opere. Seguendo le linee guida del progetto proposto da [11] le venti tele sono state collocate in sette stanze e accorpate secondo il loro tema (religioso, di repertorio...) e sono state fornite di un cartellino con

riferimenti puntuali a data di produzione e collocazione. La navigazione nell'ambiente virtuale è stata ideata per tre differenti *device*: una navigazione di tipo canonico con pc e tastiera, una pensata per VR e *joypad* e una per VR e *Leap Motion* [13].

Uno dei problemi che presentano alcuni dei dispositivi VR è infatti relativo a quella che si definisce *Motion Sickness* ovvero il malessere provocato da una possibile discrasia delle azioni che l'utente compie nel virtuale rispetto agli effettivi movimenti che compie nel reale. In *Caravaggio in Rome* il problema della *Motion Sickness* e della necessità di attenuare i fastidi dati dal dispositivo scelto è risultato una necessità per poter essere proposto ad un pubblico di utenti. In questo caso, per verificare i differenti approcci e problemi relativi alla navigazione dello spazio e alla fruizione delle informazioni sono stati valutati: la gradevolezza dell'esperienza attraverso test soggettivi. Il test di usabilità è stato sottoposto a dieci utenti che hanno valutato discretamente l'esperienza: la prima modalità è stata valutata con una media di 2,7 su 5 punti totali, la seconda modalità

4,8 su 5 mentre la terza, benché più innovativa, ha ottenuto un punteggio di 3,6 su 5 nel gradimento degli utenti.

In conclusione, in relazione a questo primo museo virtuale, lo spazio è stato disegnato sulla base dello stato dell'arte e creato grazie alla piattaforma *Unity 3D*. Sulla base di questa prima esperienza le informazioni relative alle modalità di navigazione, acquisite grazie ai test soggettivi, sono state implementate per offrire un'esperienza migliore. La risposta positiva degli utenti ha fornito utili suggerimenti per la creazione di un secondo modello basato sulla fruizione in ambiente *HTC Vive* in un sistema che, come vedremo, rende più realistica l'esperienza grazie alla possibilità di interagire fisicamente con l'ambiente virtuale.

1.6.4 Degas Virtual Gallery

Sulla base dell'esperienza fornita dal primo museo virtuale è stato dunque preferito l'utilizzo della strumentazione dell'*HTC Vive*, un visore di realtà virtuale più completo e perfettamente compatibile con il motore grafico *Unity 3D*. Questo *hardware* infatti offre una maggiore risoluzione grafica rispetto ad uno *smartphone* e quindi offre quasi naturalmente un'esperienza più naturale e meno sgradevole dell'esperienza virtuale. Inoltre, come accennato, per utilizzare *HTC Vive* è necessario settare due telecamere che delineano uno spazio fisicamente calpestabile entro il quale l'utente si può muovere con una certa libertà.

Per la creazione di questo modello – dedicato ai capolavori di



Fig. 2 – Still dal video registrato durante la prova di navigazione

Degas presenti nella collezione del *Metropolitan Museum of Art di New York (Met)* [14] – sono stati seguiti, come nel modello dedicato a Caravaggio, i principi dei *Serious Games* e del *White Cube*. Inoltre, a differenza del modello Caravaggio, questo modello ha potuto usufruire del progetto *Public Domain del Met* relativo all'utilizzo in regime di

Creative Commons di immagini ad alta risoluzione. Nel museo virtuale di Degas è stato inoltre progettato un piccolo percorso critico costituito da fasce cromatiche poste a parete che indicano le principali tematiche affrontate dall'artista nelle sue tele e di fatto, costituiscono un corredo alle informazioni sulle tele, che vengono visualizzate su piccoli visori che simulano dei *tablet* posti al di sotto dei quadri e che recano le descrizioni fornite dal sito del *Met*. Questa modalità è già stata in parte affrontata in [15].

Questo progetto, rispetto al precedente, è stato testato in maniera empirica ma già in questa fase di elaborazione risulta maggiormente fruibile in termini di *Motion Sickness* ed inoltre propone un percorso filologicamente accurato rispetto a temi più prettamente storico artistici.

16.5 Conclusioni

Le due proposte di Museo Virtuale presentate hanno considerato diversi aspetti della fruizione quali la qualità dell'esperienza e il rispetto filologico e storico critico delle opere selezionate. Attraverso questi due progetti è stato possibile focalizzare al meglio la *mission* dell'assegno lavorando su progetti relativi ai beni culturali sia in ambito locale (Caravaggio in Rome) sia in ambito internazionale (Degas Virtual Gallery).

Allo stato attuale dei progetti si può ancora lavorare in maniera costruttiva sia dal punto di vista della costruzione degli spazi sia dal punto di vista del collegamento dei modelli con piattaforme *online* quali siti specializzati o siti di viaggi che possano permettere in tempo reale una personalizzazione del museo virtuale. La sempre maggiore permeabilità delle piattaforme offre costanti spunti per poter implementare i modelli in senso *social* fino a farci prevedere la possibilità di una reale interazione dei modelli con visite nei musei "altrui" e diffusione delle informazioni condivise.

In questo senso è stato dunque portato a compimento solo un piccolo tassello di un progetto che potrebbe avere nuovi e molti spunti di miglioramento e ha coinvolto in maniera fruttuosa le diverse competenze presenti all'interno del COMLAB.

A conclusione di questa breve relazione propongo una riflessione che

riassume il mio pensiero circa il senso, per uno storico dell'arte, di lavorare in un contesto come è stato quello del laboratorio del Dipartimento di Ingegneria che ha ospitato la mia ricerca: *"Art Historians tend to work alone. Collaborative research, teaching, and publication are rare.[...] Digital art history is by nature a collaborative endeavor that can require teams of people from other disciplines and professions. Convincing art historians that such an effort can benefit their research, and teaching them how to work in a collaborative environment, are challenges that need to be addressed broadly throughout the discipline"* [16].

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Vankipuram, P. Khanal, A. Ashby, M. Vankipuram, A. Gupta, D. DrummGurnee, K. Josey, and M. Smith, "Design and Development of a Virtual Reality Simulator for Advanced Cardiac Life Support Training," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 18, no. 4, pp. 1478-1484, July 2014.
- [2] L. E. Sucar, F. Orihuela-Espina, R. L. Velazquez, D. J. Reinkensmeyer, R. Leder, and J. Hernandez-Franco, "Gesture Therapy: An Upper Limb Virtual Reality-Based Motor Rehabilitation Platform," *IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 22, no. 3, pp. 634-643, May 2014.
- [3] M. Williamson, "VR in... War," *Engineering Technology*, vol. 11, no. 3, p. 43, April 2016.
- [4] C. Stinson and D. A. Bowman, "Feasibility of Training Athletes for High-Pressure Situations Using Virtual Reality," *IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics*, vol. 20, no. 4, pp. 606-615, April 2014.
- [5] A. Fineschi and A. Pozzebon, "A 3D virtual tour of the Santa Maria della Scala Museum Complex in Siena, Italy, based on the use of Oculus Rift HMD," in *Int. Conf. on 3D Imaging*, Dec 2015, pp. 1-5..
- [6] "National Gallery Website" <https://www.nationalgallery.org.uk/visiting/virtualltour/> [Online; accessed 27 Luglio 2017].
- [7] George Lepouras and Costas Vassilakis, "Virtual museums for all:

- employing game technology for edutainment," *Virtual Reality*, vol. 8, no. 2, pp. 96-106, 2004.
- [8] E. F. Anderson, L. McLoughlin, F. Liarokapis, C. Peters, P. Petridis, and S. de Freitas, "Serious Games in Cultural Heritage," in *The 10th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, 2009.
- [9] P. Le Callet, S. Moller, and A. Perkis, "Qualinet white paper on definitions of quality of experience," *European Network on Quality of Experience in Multimedia Systems and Services (COST Action IC 1003)*, 2012.
- [10] B. O' Doherty, *Inside the White Cube: the ideology of the gallery space*, University of California Press, 1986.
- [11] J. Andrews and W. Schweibenz, *The Kress Study Collection Virtual Museum Project: A New Medium for Old Masters*, Art Documentation, 1998.
- [12] "Unity," <https://unity3d.com/unity>, [Online; accessed 28 Luglio 2017].
- [13] "Leap motion," <http://https://www.leapmotion.com/>, [Online; accessed 29 Luglio 2017].
- [14] "Metropolitan Museum of Art – NY" <http://www.metmuseum.org/>, [Online; accessed 30 Luglio 2017].
- [15] I. Angeloni, F. Bisio, A. De Gloria, D. Mori, C. Capurro, and L. Magnani, "A Virtual Museum for Flemish artworks. A digital reconstruction of Genoese collections," in *18th Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia*, Sept 2012, pp. 607-610.
- [16] D. M. Zorich, *Transitioning to a Digital World. Art History, its Research Centers and Digital Scholarship*, Kress Digital Publishing, 2012, pp. 19-20.
- [17] C. Di Stefano e F. Battisti, "Caravaggio in Rome: A QOE-based proposal for a Virtual Gallery" in *3DTV-CON2017 3D True Vision v2: Research and Applications in Future 3D Media*, June 7-9, 2017 – Copenaghen.
- [18] A. Burdick, J. Drucker, P. Lunenfeld, T. Presner, J. Schnapp (edited by), *Digital_Humanities*, Cambridge (MA)-London, MIT press, 2012.
- [19] "HTC Vive", <https://www.vive.com/eu/>, [Online; accessed 30 Luglio 2017].

- [20] "Oculus Rift," <http://www.oculus.com/rift>, [Online; accessed 22 Luglio 2017].
- [21] U. Ritterfeld, M. Cody, P.Vorderer (edited by) , *Serious Games – Mechanism and Effects*, Routledge (Taylor & Francis), 2009.
- [22] "Google Cardboard," <https://vr.google.com/cardboard>, [Online; accessed 28 Luglio 2017].

17 Analisi ipermediali e regia automatica

Enrico Menduni⁶⁰, Giacomo Ravesi

17.1 *Abstract*

La ricerca opera nell'analisi e nell'elaborazione dei contenuti multimediali, al fine di ottimizzare e incrementare la fruizione, la didattica e la conoscenza dei beni culturali audiovisivi. Lo studio si propone di realizzare degli strumenti analitici e comunicativi con i quali elaborare i materiali audiovisivi, sia in senso critico (attraverso la formulazione di Analisi Ipermediali), sia creativo (mediante la costituzione di un dispositivo informatico di Regia Automatica).

Il progetto prevede lo sviluppo di Analisi Ipermediali basate sulla progettazione di un sistema informatico per classificare automaticamente i parametri principali del Linguaggio Cinematografico e Audiovisivo a partire da un video generico. Viceversa, la Regia Automatica prevede la predisposizione di un'applicazione per smartphone, tablet, GoPro, videocamere amatoriali, di un sistema di montaggio automatico a partire da video generici di uno stesso evento ripresi da camere con punti di vista differenti.

Tale ricerca mira alla facilitazione dello studio dei testi filmici e video, tramite competenze avanzate e specializzate. Il progetto sfrutta i processi di catalogazione intelligente e d'accesso alle informazioni resi possibili dalle tecnologie informatiche potenziando le possibilità di veicolazione e diffusione dei beni culturali audiovisivi e implementando le esperienze di fruizione consapevole dei prodotti multimediali. Si ipotizza così un incremento della fruizione e della conoscenza dei beni culturali audiovisivi, dal quale ottenere un profitto multiplo che interessa l'ambito della didattica attiva (*critic-film* e *video-essay*), la sfera del consumo cinematografico

⁶⁰ Dipartimento Filosofia, Comunicazione e Spettacolo, Università degli Studi Roma Tre.

privato (home video, siti web dedicati) e le pratiche di social filmmaking (web e mobile devices). Il progetto promuove inoltre un'istanza culturale ed educativa che sopperisce alla carenza strutturale di dispositivi di educazione alla cultura del cinema, dell'audiovisivo e dei media attraverso una risorsa culturale e tecnologica utile all'acquisizione di competenze artistiche ed espressive che permettano di comprendere e manipolare con consapevolezza le varie forme di immagini disponibili nell'odierno panorama audiovisivo. Secondo questa prospettiva il progetto s'inserisce pertanto anche nel settore delle ricerche attive in ambito europeo e internazionale intorno alla Film and Media Literacy, come esperienza all'avanguardia nella creazione di dispositivi informatici a supporto dell'alfabetizzazione audiovisiva.

17.2 *Ambiti di ricerca*

Gli ambiti di ricerca dello studio sono legati all'analisi di contenuti multimediali e all'elaborazione degli stessi, al fine di ottimizzare la fruizione, la didattica e la conoscenza dei beni culturali.

Seguendo le recenti acquisizioni nell'ambito delle analisi testuali di tipo stilometrico e sfruttando le nuove possibilità informatiche nella gestione dei meta-dati, il progetto mira allo studio e alla catalogazione di immagini fisse e in movimento (film e opere video) al fine di ottenere schede e supporti d'analisi dei prodotti audiovisivi. L'idea è quella di utilizzare degli algoritmi informatici specifici che esaminino prodotti audiovisivi differenti e producano dei dati sensibili per l'analisi statistica (numero delle inquadrature, durata media dell'inquadratura, scala dei piani e dei campi, movimenti di macchina da presa, ecc.) che verranno successivamente usati nell'elaborazione critica, storica e teorica dei film e dei video presi in esame.

Tale ricerca si inserisce negli obiettivi generali del Progetto Smart Environments poiché mira alla facilitazione dello studio dei testi filmici e video, tramite competenze avanzate e specializzate. In senso generale, il progetto sfrutta i processi di catalogazione intelligente e d'accesso alle informazioni resi possibili dalle tecnologie informatiche potenziando le possibilità di veicolazione e diffusione dei beni culturali audiovisivi e

implementando le esperienze di fruizione consapevole dei prodotti multimediali. Si ipotizza così un incremento della fruizione e della conoscenza dei beni culturali audiovisivi, dal quale ottenere un profitto sia in ambito didattico (istruzione, università, didattica web), sia nella sfera del consumo privato (dvd e siti web dedicati).

In questo ambito, il progetto promuove inoltre un'istanza culturale ed educativa che sopperisce alla carenza strutturale di dispositivi di educazione alla cultura del cinema, dell'audiovisivo e dei media attraverso una risorsa culturale e tecnologica utile all'acquisizione di competenze artistiche ed espressive che permettano di comprendere e manipolare con consapevolezza le varie forme di immagini disponibili nell'odierno panorama audiovisivo. Secondo questa prospettiva il progetto s'inserisce pertanto anche nel settore delle ricerche attive in ambito europeo e internazionale intorno alla Film and Media Literacy, come esperienza all'avanguardia nella creazione di dispositivi informatici a supporto dell'alfabetizzazione audiovisiva.

Coerentemente con la natura del progetto Smart Environments, la ricerca prevede infine un alto livello di interdisciplinarietà dipartimentale fondando la sua peculiare organizzazione nello scambio metodico e sistematico di competenze specifiche dei Dipartimenti di Ingegneria e Filosofia, Comunicazione e Spettacolo, che saranno messe a disposizione sia di enti pubblici, sia di aziende private interessate al settore della fruizione culturale e della didattica audiovisiva.

17.3 Piano di lavoro, metodologie e obiettivi

Il piano di lavoro annuale ha previsto una prima parte prettamente analitica di mappatura e monitoraggio del panorama di studi intorno alle analisi stilometriche cinematografiche, rivolgendo una particolare attenzione alle questioni metodologiche e operative. Questa fase ha comportato l'approfondimento delle principali linee di sviluppo di questi orientamenti critici nell'ambito delle teorie del cinema contemporaneo, attraverso ricerche bibliografiche, consultazione di testi, esami di archivi web, partecipazione a convegni e sessioni seminariali. In questa prima fase sono stati inoltre esaminati alcuni *case studies* di servizi di fruizione culturale,

accessibili in mobilità e basati sul paradigma della rete (*cloud*), che realizzano esperienze culturali digitali individuali e di gruppo (*smart communities*) fortemente partecipative e personalizzate in base al contesto. Una particolare attenzione è stata inoltre affidata all'analisi dell'applicazione di social filmmaking *Vyclone*, che sfrutta il Gps dello smartphone per unire in maniera automatica i video degli utenti che effettuano riprese nello stesso luogo e nello stesso momento.

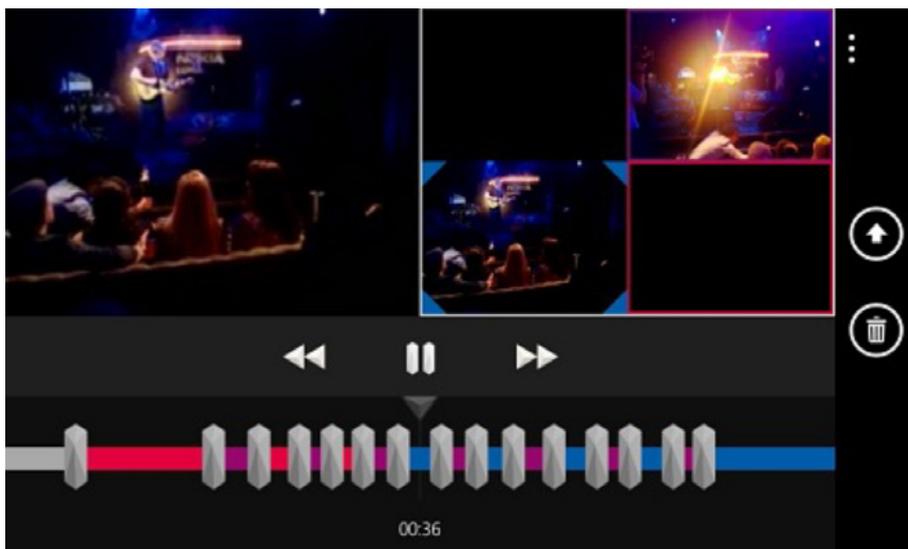


Fig. 1 – Vyclone

La seconda fase ha previsto invece un approccio maggiormente operativo e in sinergia con le ricerche sviluppate contemporaneamente nel Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre. Questa collaborazione ha promosso la progettazione e la verifica di un sistema informatico per classificare automaticamente i parametri principali del Linguaggio Cinematografico e Audiovisivo a partire da un video generico (numero inquadrature, movimenti di macchina da presa, numero di Primi Piani, riconoscimento di Sguardi in macchina da presa). Allo stesso tempo la cooperazione con il Dipartimento di Ingegneria ha immaginato una consulenza nella progettazione di un'applicazione per smartphone e tablet per la realizzazione di una Regia Automatica a partire da filmati audiovisivi generici.

L'approccio metodologico prescelto è legato all'analisi stilometrica (o calcolo dello stile) cinematografica: procedura analitica – molto diffusa in campo letterario e musicale e ancor poco nel sistema degli audiovisivi – che punta a catalogare, valutare e comparare quello che, generalmente viene concepito, come lo stile di un autore. L'ipotesi metodologica è quella di analizzare il testo audiovisivo, smembrandone funzioni ed elementi ricorrenti, al fine di individuarne i tratti formali caratteristici per poi studiarne i rimandi e le differenze, che contraddistinguono un'opera e il suo autore da altre opere e da altri autori. È una pratica analitica in continuità con le metodologie dell'analisi formalista o semiotica, alla quale si combina, in maniera inedita, l'assetto propriamente scientifico-matematico, ricorrendo alla rilevazione di dati statistici attraverso calcolatori informatici. In questi casi, pertanto, la dimensione interpretativa accompagna una fase preliminare prettamente statistica, basata sull'evidenziazione di dati informativi, che possono essere facilmente elaborati numericamente e graficamente, permettendo un agevole confronto rappresentativo fra testi e autori differenti.

Di conseguenza, gli obiettivi generali della ricerca sono mirati alla valorizzazione e trasmissione del patrimonio culturale audiovisivo e di una serie di saperi e metodologie analitiche attraverso la realizzazione di analisi cinematografiche o videografiche ipermediali, vale a dire analisi che operino nel contesto marcatamente multimediale della contemporaneità sfruttando le possibilità operative e di gestione dei dati offerte dal supporto informatico. Il ricorso al computer permette oggi di affrontare l'analisi cinematografica con un dispositivo espressivo analogo e integrato, che offre nuove modalità di lettura, interpretazione e apprendimento dei testi audiovisivi, seguendo un orientamento interdisciplinare e intermediale.

Gli obiettivi specifici invece sono stati mirati all'acquisizione di una metodologia avanzata che integri competenze specifiche legate agli studi sul cinema e sui media con le potenzialità offerte dalle tecnologie informatiche nel rilevamento automatizzato e nella gestione dei meta-dati. Tali competenze permetteranno la realizzazione di analisi su singoli film o su autori cinematografici e allo stesso tempo potranno essere impiegate nella didattica attiva, nello sviluppo di applicazioni audiovisive e di social filmmaking e di strumenti a corredo del consumo cinematografico domestico (tv, dvd, web).

17.4 Attività svolte nel corso del I semestre

Gli obiettivi specifici relativi al I semestre hanno riguardato prevalentemente la definizione di un campo di studi attraverso il quale monitorare, da un punto di vista critico e metodologico, lo stato dell'arte relativo sia alle analisi stilometriche cinematografiche e ai suoi prodotti ipermediali, sia alle applicazioni di social filmmaking e ai servizi di fruizione culturale individuali e di gruppo.

Avendo appurato l'inaspettata carenza di una pubblicistica rilevante su questi orientamenti di ricerca – in parte dettata da una scarsa attitudine a correlare ambiti differenti del sapere – il fine prevalente del I semestre è stato quello di stabilire un dialogo fra l'ambito umanistico della teoria e della critica cinematografica e quello scientifico della progettazione informatica. Gli studi svolti nel I semestre hanno pertanto preso in esame e riconsiderato un panorama di studi eterogeneo e disarticolato, focalizzando l'interesse sulle ricerche più recenti che hanno impiegato lo strumento del computer come supporto ipermediale per l'analisi di testi filmici e video.

La necessità di rilevare ed elaborare un gran numero di dati legati all'analisi statistica o stilometrica dei film ha successivamente comportato l'attivazione di un'indagine ulteriore – che è stata portata a termine nel II semestre – basata sulla progettazione, sviluppo e verifica di algoritmi informatici debitamente studiati per agevolare la schedatura e la catalogazione stilistica dei testi filmici e video. Nel corso del I semestre sono stati, infatti, realizzati dei periodici incontri con il gruppo di ricerca del COMLAB (Facoltà Ingegneria, Università degli Studi Roma Tre) per la progettazione: di un sistema informatico per classificare automaticamente i parametri principali del Linguaggio Cinematografico e Audiovisivo a partire da un video generico; di un'applicazione per smartphone e tablet per la realizzazione di una Regia Automatica a partire da filmati generici.

Le ricerche condotte nel I semestre hanno pertanto evidenziato un considerevole carattere sperimentale e innovativo, utile come tentativo di messa a punto di un metodologia critica cinematografica supportata da una strumentazione informatica, che potrà rappresentare il preludio a successive analisi filmiche e a perfezionamenti tecnici futuri, sia secondo

una prospettiva informatica, che concettuale.

Le ricerche e le indagini condotte nel I semestre, anche in sinergia con il Dipartimento di Ingegneria, hanno portato ad uno studio basato sulle analisi stilometriche dell'opera filmica di un regista di animazione italiano, Manfredo Manfredi, che è divenuto oggetto di una pubblicazione scientifica (*Nel dedalo delle immagini: il cinema di animazione di Manfredo Manfredi*) in un volume collettaneo dedicato al cinema d'animazione italiano (Raffaella Scrimatore (a cura di), *Passioni animate*, CDE, Milano, 2016) e di un ciclo di incontri sempre incentrato sul cinema d'animazione italiano.

È in corso di realizzazione uno studio, a partire dalle indagini stilometriche, basato sull'analisi di un singolo film, *L'Atalante* (1934) di Jean Vigo, che verrà pubblicato nel corso del II semestre come monografia o trattato scientifico.

17.5 Attività svolte nel corso del II semestre

A partire dai risultati ottenuti nel I semestre – vale a dire la messa a punto di una metodologia critica cinematografica supportata da una strumentazione informatica – gli obiettivi specifici relativi al II semestre hanno seguito un approccio maggiormente operativo e in sinergia con le ricerche sviluppate contemporaneamente nel Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre.

L'obiettivo centrale della ricerca è stato quello di elaborare analisi ipermediali di opere cinematografiche e videografiche scelte. Sfruttando e integrando le competenze specifiche interdipartimentali dei Dipartimenti di Filosofia Comunicazione e Spettacolo e di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre, si è potuto acquisire una metodologia avanzata che integra esperienze e pratiche analitiche legate agli studi sul cinema e sui media con le potenzialità offerte dalle tecnologie informatiche nel rilevamento automatizzato e nella gestione dei meta-dati.

Nello specifico, la collaborazione interdipartimentale ha promosso la progettazione e la verifica di un sistema informatico per classificare automaticamente i parametri principali del Linguaggio Cinematografico e Audiovisivo a partire da un video generico (numero inquadrature,

movimenti di macchina da presa, numero di Primi Piani, riconoscimento di Sguardi in macchina da presa) che ha condotto a due studi sistematici basati sull'analisi stilo-metriche: il primo dedicato all'opera filmica del regista di animazione italiano, Manfredo Manfredi; il secondo basato sull'analisi di un singolo film, *L'Atalante* (1934) di Jean Vigo, che è stato pubblicato nel corso del II semestre come monografia o trattato scientifico dall'editore Mimesis (*L'Atalante (Jean Vigo, 1934). Immagini del desiderio*, Mimesis, Udine-Milano, 2016).

L'Atalante è stato a lungo considerato il film più rappresentativo di Jean Vigo, l'opera conclusiva interpretata spesso come un film-testamento. Eppure, tutta la produzione di Vigo vive di una tensione primaverile e aurorale e il suo ultimo film rimane ancora oggi un'opera sfuggente, sintesi imperfetta di tensioni storiche, estetiche e figurative che in parte si rifanno alla cinematografia francese degli anni Venti e Trenta, ma in parte anticipano la germinazione delle nouvelles vagues internazionali a venire. Film manifesto della cinefilia di tutti i tempi, osannato e omaggiato da più generazioni di critici, cinefili e registi (da Buñuel a Truffaut, da Bertolucci a Temple, da Kusturica a Carax, fino a Gondry e McQueen), *L'Atalante* vive di una unicità ed esemplarità costitutive, al crocevia fra momenti caratteristici della storia del cinema e differenti concezioni del mezzo cinematografico. Questo libro indaga tale singolarità, attraverso un approccio interdisciplinare che coniuga le esegesi storico-critiche accumulate negli anni con uno studio nuovo e circostanziato, senza trascurare gli strumenti dell'analisi storiografica.

Allo stesso tempo la cooperazione con il Dipartimento di Ingegneria ha concepito un'applicazione per smartphone, tablet, GoPro, videocamere per la realizzazione di una Regia Automatica a partire da filmati audiovisivi generici, denominata *4Cameras*. Si tratta di un sistema di montaggio automatico di video amatoriali che utilizza video di uno stesso evento ripreso da camere da presa amatoriali (smartphone, tablet, GoPro, videocamere) con punti di vista diversi e li unisce in un prodotto tutto nuovo. *4Cameras* seleziona, istante per istante, lo *shot* migliore tra i video disponibili valutando le caratteristiche estetiche (colore, composizione della scena) e rileva automaticamente i momenti salienti dell'azione registrata.

Ogni azione ha uno scopo preciso: raccogliere materiale come farebbe un professionista per produrre un cortometraggio ed è suddivisa in quattro tipologie di azione (POV; Follow; Details; Panorama). Il montaggio è personalizzabile in base a diversi stili ad esempio 'azione' che predilige il punto di vista soggettivo e i cambiamenti rapidi o 'news' che esegue un montaggio rapido per dare una panoramica degli eventi accaduti.

Il sistema *4Cameras*, ideato dal Laboratorio COMLAB, Dipartimento di Ingegneria – Sezione di Elettronica Applicata dell'Università degli Studi Roma Tre, è stato presentato negli stand del Maker Faire – European Edition 2016 dal 14 al 16 ottobre 2016 presso la Fiera di Roma a testimonianza dell'alto grado di innovazione e sviluppo del progetto nell'ambito della cultura digitale contemporanea e della sua diffusione tanto negli ambiti scientifici, quanto nei settori del consumo e dello spettacolo.

Infine, sono in corso di definizione, ulteriori attività di comunicazione e disseminazione scientifica dei risultati della ricerca in ambiti italiani e internazionali, seguendo l'attuale riscoperta e rivalutazione del genere del crito-film, del film-saggio e del *video-essay*. Si tratta di film sul cinema spesso considerati marginali e minoritari nella pratica cinematografica ma che con l'avvento del digitale e della rete hanno vissuto un sostanziale ridimensionamento specie nei confronti delle teorie sul futuro del nuovo cinema, con una particolare attenzione al rapporto con le nuove forme di critica.



Fig. 2 – *Historie(s) du cinéma* (1988-1998) Jean Luc Godard

Nella nostra contemporaneità, infatti, queste pratiche sembrano riassumere le funzioni critico-riflessive tradizionali, facendo proprie, allo stesso tempo, i mezzi e i luoghi comunicativi contemporanei come la rete, i musei e i festival internazionali.

17.6 Conclusioni

A conclusione dell'intero lavoro, la ricerca condotta nel task I.1.1 SMART CULTURAL NETWORK PLATFORM nell'ambito del Dipartimento Filosofia, Comunicazione e Spettacolo ha perseguito e raggiunto una buona attuazione delle finalità e degli obiettivi previsti nel progetto originario.

Coniugando le recenti acquisizioni metodologiche nell'ambito delle analisi testuali di tipo stilometrico e impiegando le nuove possibilità informatiche nella gestione dei meta-dati, il progetto ha permesso di realizzare degli studi sistematici e delle catalogazioni automatizzate di immagini fisse e in movimento (fotografie, film e opere video), che hanno consentito di ottenere schede e supporti d'analisi di prodotti audiovisivi differenti. In particolare, due di queste analisi sono state oggetto di pubblicazioni scientifiche.

La principale acquisizione metodologica e tecnologica è stata legata all'incremento della fruizione e della conoscenza dei beni culturali audiovisivi, attraverso un metodo scientifico accreditato e intrinsecamente connesso con la ricerca informatica avanzata. Il progetto, infatti, ha impiegato i processi di catalogazione intelligente e d'accesso alle informazioni resi possibili dalle tecnologie informatiche potenziando le possibilità di veicolazione e diffusione dei beni culturali audiovisivi e implementando le esperienze di fruizione consapevole dei prodotti multimediali, tanto in ambito didattico (istruzione, università, didattica web), quanto nella sfera del consumo privato (dvd e siti web dedicati).

Seguendo questi orientamenti di ricerca, il progetto ha inoltre favorito una decisiva istanza culturale ed educativa che sopperisce alla carenza strutturale di dispositivi di educazione alla cultura del cinema, dell'audiovisivo e dei media attraverso un'esperienza all'avanguardia nella creazione

17.7 Pubblicazioni e attività di comunicazione e disseminazione

2016 – Monografia o trattato scientifico

Giacomo Ravesi, *L'Atalante (Jean Vigo, 1934). Immagini del desiderio*, pp. 3-109, Udine-Milano: Mimesis, ISBN: 9788857532424

2016 – Contributo in volume (Capitolo o Saggio)

Giacomo Ravesi, *Nel dedalo delle immagini: il cinema di animazione di Manfredo Manfredi* in Raffaella Scrimatore (a cura di), *Passioni animate*, pp. 143-164, Milano: CDE, ISBN: 9788890002786

2016 – Maker Faire – European Edition 2016

14-16 ottobre 2016 – Fiera di Roma

4Cameras stand nel padiglione 5, Laboratorio COMLAB, Dipartimento di Ingegneria – Sezione di Elettronica Applicata dell'Università degli Studi Roma Tre

BIBLIOGRAFIA

- [1] Adriano Aprà, *Critofilm. Cinema che pensa il cinema*, Fondazione Pesaro Nuovo Cinema Onlus, Pesaro, 2016, e-book.
- [2] Adriano Aprà, *Un progetto di analisi ipermediale: "Zangiku Monogatari" (1939) di Mizoguchi Kenji*, sviluppato da Simone Starace e Sara Leggi, 2009, http://www.kinolab.lettere.uniroma2.it/zangiku_monogatari/index.html
- [3] Adriano Aprà, *Lo stato della tecnica. Dalla pellicola al film, dal film alla sala*, in Scuola Nazionale di Cinema, *Storia del cinema italiano*, vol. IX, 1954-1959, a cura di Sandro Bernardi, Marsilio/SNC, 2004, pp. 487-514.
- [4] Adriano Aprà, *La tecnica: colore, formati e lavorazioni*, in Scuola Nazionale di Cinema, *Storia del cinema italiano*, vol. IX, 1954-1959, a cura di Sandro Bernardi, Marsilio/SNC, 2004, pp. 633-647.
- [5] Thomas Elsaesser, Warren Buckland, *Teoria e analisi del film americano*, Bietti, Milano, 2010 (ed. or. *Studying Contemporary American*

- Film: A Guide to Movie Analysis*, Arnold, London, 2002).
- [6] Barry Salt, *Statistical Style Analysis*, CineMetrics, http://www.cine-metrics.lv/movie.php?movie_ID=1780
- [7] Barry Salt, *Film Style and Technology: History and Analysis*, Starword, London, 2009.
- [8] Barry Salt, *Moving Into Pictures. More on Film History, Style, and Analysis*, Starword, London, 2006.
- [9] Simone Starace, *Per una rilettura di "Madame Bovary" di Jean Renoir*, Tesi di dottorato, Università degli Studi di Siena, 2014-2015, tutor: Andrea Martini.
- [10] Yuri Tsivian e Gunars Civjans, *CineMetrics*, http://www.cinematics.lv/movie.php?movie_ID=1780.
- [11] Christopher Wagstaff, *Italian Neorealist Cinema: An Aesthetic Approach*, University of Toronto Press, Toronto-Buffalo-London, 2007.

18 Un Sistema di Raccomandazione Sociale basato su *Linked Open Data* per la Fruizione di Beni Culturali

Alessandro Micarelli, Giuseppe Sansonetti⁶¹

18.1 *Abstract*

Quando un turista si reca per la prima volta in una località, non può visitare ogni possibile Punto di Interesse (Point of Interest, POI) per i motivi più disparati. Innanzitutto, un determinato POI potrebbe non essere di suo effettivo gradimento. Potrebbe, inoltre, non avere tempo a sufficienza per la sua visita o la sua fruizione potrebbe comportare un costo al di fuori del budget che si è prefissato. In questo articolo, proponiamo un Sistema di Raccomandazione Sociale (Social Recommender System, SRS) di POI artistici e culturale, e di itinerari fra di essi, sensibile agli interessi e al contesto fisico-sociale dell'utente target. Tale SRS analizza il contenuto generato dagli utenti sui social media e sfrutta i linked open data per estendere la quantità e la qualità degli item suggeriti. Nello specifico, il processo di raccomandazione tiene conto di differenti aspetti: oltre a considerare l'attività dell'utente e dei suoi amici sui social network tradizionali (e.g., Facebook e Twitter) e a ricavare la popolarità dei POI dedotta, per esempio, valutando il numero di *check-in* sui social network location-based (e.g., Foursquare), il SRS proposto prende in esame il profilo dell'utente attivo, la sua rete sociale e il corrente contesto di utilizzo.

⁶¹ Dipartimento di Ingegneria, Università Roma Tre, Via della Vasca Navale, 79, 00146 Roma, Italia, gsansone@dia.uniroma3.it.

18.2 Introduzione

Consideriamo il seguente scenario: Alice è nata e vive a New York, dispone di un account sui social network più diffusi e si è appena laureata. Durante i suoi studi, ha messo da parte del denaro con cui può finalmente coronare il suo sogno: visitare l'Italia. La preparazione del viaggio ha richiesto parecchio tempo, in cui Alice ha consultato guide di viaggio, esplorato siti web, chiesto consiglio ad amici e non. Alla fine, però, è riuscita a programmare nei minimi dettagli ciascuno dei giorni che trascorrerà in Italia. Il volo che la porterà da New York a Roma è diretto, ma durante il viaggio viene comunicato ai passeggeri che l'aereo dovrà effettuare uno scalo tecnico imprevisto a Madrid, e che tale scalo sarà di lunga durata, dalle 10:00 alle 20:00. Alice viaggia da sola, è vegetariana, appassionata d'arte, in particolare adora Picasso, e le piacciono i film romantici. Sarebbe ben felice di poter disporre di un'applicazione sul suo smartphone che, una volta sbarcata a Madrid, potesse suggerirle in tempo reale un percorso personalizzato per sfruttare al meglio l'inattesa opportunità che le si è presentata, ovvero visitare la capitale spagnola che non conosce. Tale percorso, oltre ovviamente a includere luoghi di suo effettivo interesse – fra cui ovviamente il museo dove è esposta la *Guernica*, una delle opere più celebri di Picasso – dovrebbe tenere conto dell'orario, del giorno della settimana, delle condizioni metereologiche e del fatto che è a piedi. Inoltre, una volta nei pressi di uno dei luoghi suggeriti, per esempio davanti alla *Guernica* stessa, Alice gradirebbe poter visionare alcuni spezzoni del film omonimo che racconta una storia d'amore durante la guerra civile spagnola. Alice sarebbe ancora più soddisfatta se tale percorso prevedesse una sosta in un ristorante vegetariano non particolarmente costoso.

In questo capitolo descriviamo un sistema di raccomandazione in grado di soddisfare le aspettative di Alice. Tale sistema, il cui schema è riportato in Figura 1, oltre a tenere conto del profilo dell'utente (i.e., dati raccolti e organizzati che consentono di caratterizzare quell'utente rispetto agli altri) per fornire raccomandazioni personalizzate, e del contesto attuale di utilizzo (e.g., la posizione corrente, l'ora e il giorno della settimana, le condizioni meteorologiche, il mezzo di trasporto, ecc.) per

generare suggerimenti effettivamente utili, è in grado di sfruttare i contenuti generati sui social media e l'enorme miniera di risorse informative pubblicate in rete sotto forma di Linked Open Data (LOD). Tale modalità di pubblicazione prevede l'utilizzo del formato Resource Description Framework (RDF), in cui i dati sono espressi sotto forma di triple *soggetto-predicato-oggetto* e rappresentati sotto forma di Uniform Resource Identifier (URI) che li identificano in maniera univoca. Le informazioni sono pertanto rappresentate mediante una rete di dati strutturati e collegati fra loro, costituendo una risorsa straordinaria da cui poter attingere mediante interrogazioni espresse in linguaggio SPARQL.

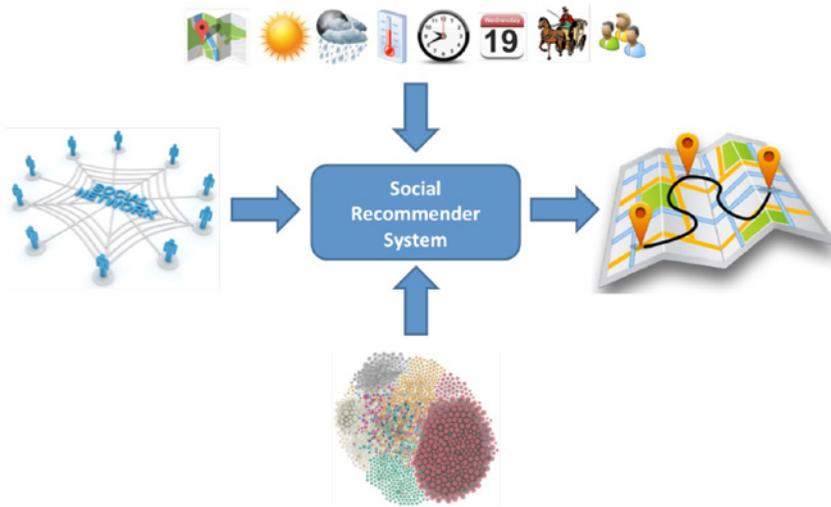


Fig. 1 – Schema complessivo del sistema di raccomandazione

18.3 Stato dell'Arte

In letteratura esistono diversi approcci per rendere disponibile l'interazione mobile sensibile al contesto in scenari in cui gli utenti sono alla ricerca di categorie di Punti di Interesse (POI) culturale e turistico attraverso servizi basati sulla localizzazione remota [1, 4]. I vincoli di tempo sono, in generale, i più delicati da soddisfare nella raccomandazione di

itinerari fra POI. Determinare il tempo opportuno di visita di ogni luogo e il tempo necessario per transitare da un luogo all'altro è fondamentale per definire le funzioni che esprimono la bontà di un percorso [5]. Yoon *et al.* [6] modellano esplicitamente sia il tempo disponibile dell'utente, sia il tempo di permanenza per ogni POI incluso nell'itinerario. Sono, altresì, proposte alcune tecniche di Elaborazione dei Segnali per includere la dimensione temporale nelle attività di raccomandazione contestuale [7, 8]. I servizi di condivisione di foto online, come Flickr⁶², o consistenti dataset reali messi a disposizione da fotografi professionisti e non, sono spesso utilizzati come input per estrarre luoghi popolari [9], sequenze di viaggi [10] o, più in generale, la loro attrattività [11]. La grande quantità di foto "geo-taggate" (i.e., corredate con metadati riguardanti la posizione geografica in cui quella foto è stata scattata) condivise sui social network consentono ai servizi basati sulla localizzazione dell'utente di estrarre anche le informazioni demografiche sulle posizioni rilevando gli attributi delle persone tramite tecniche di analisi di immagini. In [12] gli autori prendono in considerazione varie funzioni visive per classificare ciascuna foto in una delle seguenti caratteristiche: famiglia, amici, coppia e viaggiatori solitari. Ordinare le foto geo-taggate consente di raccogliere gli itinerari percorsi dagli utenti, e una delle categorie suddette è assegnata a ognuno di essi. Infine, un modello di apprendimento bayesiano consente di elaborare l'itinerario migliore data una query e gli attributi che rappresentano il profilo utente. Esperti locali possono contribuire a popolare una base di conoscenze di itinerari popolari. La personalizzazione manuale degli itinerari suggeriti dagli utenti può fornire risposte preziose per migliorare la base di conoscenze locale [13]. Approcci più complessi suggeriscono dinamicamente nuovi POI in base agli ultimi visitati, alle loro caratteristiche e le categorie loro assegnate, personalizzando la raccomandazione all'evolversi del contesto. Possono, inoltre, essere considerati diversi criteri di conflitto e situazioni indesiderate che potrebbero determinare il mutamento dell'attuale programmazione monitorando il comportamento dell'utente [14].

⁶² <https://www.flickr.com/>.

18.4 Il Sistema di Raccomandazione

L'architettura complessiva del sistema di raccomandazione proposto può essere schematizzata in due moduli principali: il primo modulo si occupa del recupero dei POI e della generazione degli itinerari fra di essi, il secondo del loro arricchimento in qualità e quantità e della loro integrazione con informazioni ottenute tramite interrogazioni semantiche dei linked open data.

Nel sistema di raccomandazione proposto, ciascun utente è profilato come vettore di pesi i cui valori (tra 0 e 1) esprimono il suo interesse per una determinata categoria di POI. Tale profilo utente è creato in maniera esplicita (i.e., tramite questionari iniziali) e aggiornato in maniera implicita.

Tab. 1 – Modello utente

	Arte	Musei	Monumenti	Chiese	...	Teatri	Mostre
User1	0.8	0.7	0.2	0.13	...	0.25	0.42
User2	0.23	0.15	0.71	0.56	...	0.5	0.83
User3	0.44	0.68	0.1	0.2	...	0.14	0.21
User4	0.15	0.19	0.2	0.77	...	0.69	0.4

In Tabella 1 si può notare, ad esempio, come *User1* abbia un forte interesse per arte e musei, mentre sia meno attratto da monumenti e chiese. Di conseguenza, nel processo di raccomandazione che lo riguarderà, i POI relativi alle categorie Arte e Musei otterranno un peso maggiore, mentre i POI appartenenti alle categorie Chiese e Monumenti riceveranno un peso minore.

Un altro fattore cruciale nel processo di raccomandazione è l'attuale contesto fisico di utilizzo, ovvero sia qualsiasi informazione che possa essere utilizzata per caratterizzare la situazione di un'entità [2]. In questo scenario, le entità in gioco sono l'utente attivo e i POI, le informazioni riguardano la posizione corrente, l'ora, il giorno della settimana, le condizioni meteorologiche, i mezzi di trasporto, e così via. Quasi tutte queste informazioni possono essere determinate senza il coinvolgimento diretto

dell'utente. La posizione può essere, infatti, rilevata dal sensore GPS del dispositivo mobile, così come i mezzi di trasporto dall'accelerometro. Inoltre, le condizioni meteorologiche possono essere ottenute da servizi online apposti in grado di la posizione corrente dell'utente. Poiché l'obiettivo principale è la raccomandazione di percorsi popolari, il problema è stato modellato come la ricerca di un grafo diretto. L'architettura complessiva del primo modulo [15] del sistema è riportata in Figura 2.



Fig. 2 – Architettura del primo modulo del sistema

Nello specifico, ogni nodo rappresenta un POI (e.g., uno dei *venue* di Foursquare⁶³, un servizio di social networking che consente ai propri utenti, fra le altre cose, di condividere luoghi con i loro amici tramite la funzionalità del *check-in*), ogni arco rappresenta un collegamento diretto tra due POI, con un peso che indica la distanza in termini di tempo (minuti), per transitare da uno all'altro. Per la costruzione del grafo, occorre selezionare l'insieme di POI e quindi derivare l'insieme di archi tra di essi. Nello specifico, il primo passo consiste nel selezionare la regione rettangolare che contiene i POI, delimitata dai valori di latitudine e longitudine del punto di partenza (ricavate dal sensore GPS del dispositivo) e del punto di arrivo (inserito dall'utente). Dopo la definizione dei confini della regione, tutti i POI inclusi nel database che rientrano nell'area selezionata costituiscono tutti i nodi del grafo. Tali POI sono successivamente filtrati in base alle informazioni contestuali. Ad esempio, l'ora, il giorno della settimana e le condizioni meteorologiche possono essere utilizzate per escludere tutti quei POI che non sarebbero validi per la situazione corrente. L'inferenza dell'arco e la costruzione del grafo complessivo hanno luogo come segue. Le informazioni relative a un arco riguardano il percorso più breve per passare da un nodo all'altro e il corrispondente

⁶³ <https://foursquare.com>.

tempo di viaggio, tenendo conto del mezzo di trasporto a disposizione dell'utente. Ovviamente, se l'utente è a piedi, il peso dell'arco sarà maggiore. Tali informazioni sono ricavate tramite le API di Google Maps⁶⁴: per ogni coppia di nodi (e_i, e_j) il sistema interroga il servizio per ottenere il tempo di viaggio da e_i a e_j e il tempo di viaggio da e_j a e_i , creando così l'arco. I nodi di partenza e di arrivo sono leggermente diversi dagli altri nodi: mentre questi ultimi hanno sia archi in ingresso, sia in uscita, il nodo iniziale ha solo i primi, il nodo finale solo i secondi. Una volta costruiti tutti gli archi, il sistema genera un grafo completo dal nodo iniziale a quello finale. A questo punto è eseguito un algoritmo di instradamento (routing). Tale algoritmo è stato progettato tramite adattamento di quello proposto in [3], che prevede che a partire dall'itinerario compreso tra i soli punto iniziale e finale, ulteriori nodi siano gradualmente inseriti fino a quando tutto il tempo disponibile sia stato esaurito. Tale inserzione non è ovviamente casuale ma avviene ordinando i POI rimanenti sulla base di diversi fattori, come la popolarità e la distanza. L'algoritmo di routing restituisce molti itinerari fra il nodo iniziale e quello finale. Per ottenere i primi k in grado di massimizzare il grado di soddisfazione dell'utente attivo, è impiegata la seguente *funzione di score*:

$$score = \alpha \sum_{i=1}^n pop(v_i) - \beta \sum_{i=1}^{n-1} dist(v_i, v_{i+1}) + \gamma f(n) + \delta \sum_{i=1}^n sim(u, v_i) + \theta \sum_{i=1}^n soc(v_i)$$

Equazione 1

Tale funzione è composta da più termini, normalizzati e pesati mediante costanti i cui valori sono stati ricavati in maniera empirica. Il primo termine indica il livello di popolarità dei singoli POI. Il livello di popolarità complessivo di un itinerario è calcolato sommando, ad esempio, tutti i check-in degli utenti in ciascuno dei POI che lo compongono. Il secondo termine rappresenta la distanza totale dell'itinerario, che è data dalla somma dei tempi di viaggio di ogni singolo arco fra i nodi componenti. Questo termine è l'unico negativo, per assegnare maggiore rilevanza ai percorsi più brevi rispetto a quelli più lunghi. Il terzo termine

⁶⁴ <https://developers.google.com/maps/>.

tiene conto del numero di nodi nel percorso. Il quarto termine esprime l'affinità del percorso con gli interessi e le preferenze dell'utente attivo: per ciascun POI componente l'intero itinerario è valutata la sua affinità con i gusti dell'utente. Tale valore è calcolato attraverso la funzione di *similarità coseno* tra il vettore di pesi che rappresenta il profilo utente e il vettore di pesi che rappresenta la categoria di quel POI. L'ultimo termine dà il contributo sociale, che include informazioni ricavate dalle reti sociali: se alcuni fra gli amici dell'utente attivo hanno eseguito dei check-in in un determinato POI, tale POI riceve un valore di bonus a seconda della quantità di check-in ricevuti. Si assume, infatti, che l'utente tenderà a fidarsi dei componenti della sua rete sociale, privilegiando i POI graditi dai propri amici.

Una volta ottenuti gli itinerari in output dal primo modulo, la fruizione dei POI componenti è estesa mediante il secondo modulo [16], il cui schema è riportato in Figura 3.

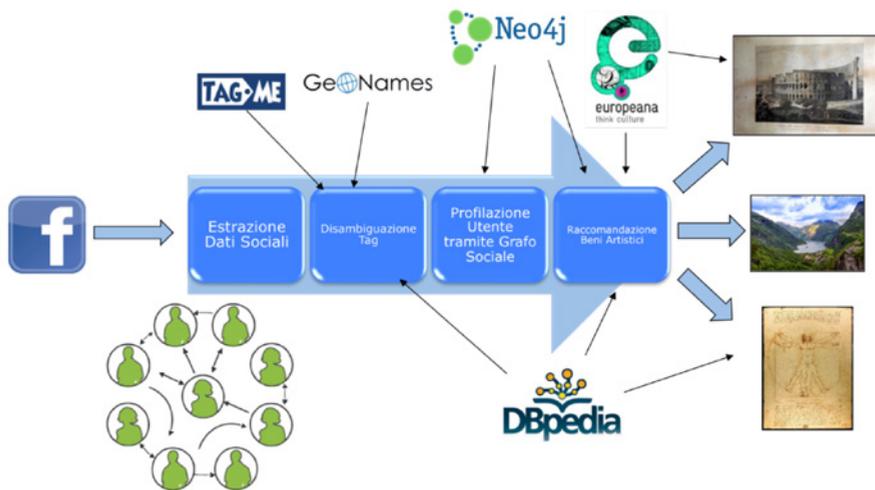


Fig. 3 – Architettura del secondo modulo del sistema

Tale modulo opera seguendo una classica pipeline a tre livelli. Inizialmente, le timeline dell'utente e dei suoi amici sono analizzate per ricavare informazioni rilevanti. Dopodiché, tali informazioni sono impiegate per costruire una rappresentazione del suo grafo sociale. Infine, il

grafo sociale è impiegato nel processo di raccomandazione vero e proprio. In figura si può osservare la presenza di un modulo preposto alla disambiguazione dei tag recuperati. Poiché, infatti, la maggior parte delle pagine pubblicate sui social network, come Facebook, e relative a POI, sono create e gestite direttamente dalla comunità degli utenti, è possibile avere più pagine associate allo stesso luogo. Il contenuto testuale delle pagine non è, inoltre, sempre corretto e spesso alcune delle pagine fanno riferimento a luoghi non rilevanti per la comunità, etichettati ad esempio con il tag “casa mia”. Tutti questi problemi complicano il processo di raccomandazione e possono far sì che esso fornisca suggerimenti non accurati. Per ovviare a tali problematiche, il sistema prevede un passo di disambiguazione sul luogo ricavato dai messaggi dell'utente per (i) combinare fra loro più istanze dello stesso luogo e (ii) ignorare informazioni non rilevanti. Tale passo si avvale di linked open data come GeoNames⁶⁵ e di un servizio di Named Entity Recognition (NER) noto come TagMe⁶⁶. Si rimanda a [16] per ulteriori dettagli relativi all'operazione di disambiguazione e all'intero approccio di raccomandazione basata sui LOD.

18.5 Conclusioni e Sviluppi Futuri

In questo articolo abbiamo illustrato un sistema di raccomandazione di punti di interesse artistico e culturale e di itinerari fra di essi, personalizzato e sensibile al corrente contesto di utilizzo. Tale sistema è in grado di tenere conto anche dei contenuti generati dagli utenti sui social network e di estendere i risultati forniti con informazioni disponibili in rete sotto forma di linked open data.

Esistono numerosi possibili sviluppi futuri di questo lavoro. In primo luogo, vorremmo considerare più reti sociali nella raccolta dei dati, al fine di estendere il contributo sociale a disposizione del processo di raccomandazione. Un altro aspetto interessante sarebbe collegare l'influenza del fattore sociale a ciascun utente. L'idea è di modulare il peso

⁶⁵ <http://www.geonames.org/>.

⁶⁶ <https://tagme.d4science.org/tagme/>.

del relativo termine nella funzione di score (vedi Equazione 1) sulla base del comportamento manifestato dall'utente in passato. Ad esempio, se in precedenza l'utente ha mostrato di gradire i POI visitati dai suoi amici (ad esempio, assegnando loro check-in), il valore del fattore sociale può essere aumentato di conseguenza. Vorremmo, inoltre, integrare il processo di raccomandazione con un'analisi più approfondita dei contenuti generati dagli utenti sulle reti sociali. In letteratura è stato, infatti, dimostrato come l'accuratezza del processo di raccomandazione possa essere migliorata considerando il sentiment [17] espresso in essi. Anche l'analisi delle caratteristiche affettive (e.g., personalità [18]) dell'utente attivo ha dimostrato di poter fornire benefici in termini di accuratezza degli item suggeriti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Biancalana, C., Gasparetti, F., Micarelli, A., Sansonetti, G.: An approach to social recommendation for context-aware mobile services. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 4(1) (February 2013) 10:1-10:31.
- [2] Dey, A.K.: Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Comput.* 5(1) (January 2001) 4-7.
- [3] Hagen, K., Kramer, R., Hermkes, M., Schumann, B., Mueller, P.: Semantic Matching and Heuristic Search for a Dynamic Tour Guide. In: *Proc. of the International Conference in Innsbruck, Austria, 2005*. Springer Vienna, Vienna (2005) 149-159.
- [4] Biancalana, C., Flamini, A., Gasparetti, F., Micarelli, A., Millevolte, S., Sansonetti, G.: Enhancing traditional local search recommendations with context-awareness. In: *Proceedings of the 19th International Conference on User Modeling, Adaption, and Personalization. UMAP'11, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag (2011)* 335-340.
- [5] Hsieh, H.P., Li, C.T., Lin, S.D.: Measuring and recommending time-sensitive routes from location-based data. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 5(3) (July 2014).
- [6] Yoon, H., Zheng, Y., Xie, X., Woo, W.: Social itinerary recommendation from user-generated digital trails. *Personal and Ubiquitous Computing* (May 2011).

- [7] Biancalana, C., Gasparetti, F., Micarelli, A., Miola, A., Sansonetti, G.: Context-aware movie recommendation based on signal processing and machine learning. In: Proceedings of the 2nd Challenge on Context-Aware Movie Recommendation. CAMRa '11, New York, NY, USA, ACM (2011) 5-10.
- [8] Arru, G., Feltoni Gurini, D., Gasparetti, F., Micarelli, A., Sansonetti, G.: Signal-based user recommendation on Twitter. In: Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web. WWW '13 Companion, New York, NY, USA, ACM (2013) 941-944.
- [9] Brilhante, I., Macedo, J.A., Nardini, F.M., Perego, R., Renso, C.: Where shall we go today?: Planning touristic tours with tripbuilder. In: Proc. of the 22nd ACM International Conference on Conference on Information & Knowledge Management. CIKM '13, New York, NY, USA, ACM (2013) 757-762.
- [10] Zheng, Y., Xie, X.: Learning travel recommendations from user-generated GPS traces. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 2(1) (January 2011) 2:1-2:29.
- [11] Waga, K., Tabarcea, A., Franti, P.: Recommendation of points of interest from user generated data collection. In: International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing. (Oct 2012) 550-555.
- [12] Chen, Y.Y., Cheng, A.J., Hsu, W.: Travel recommendation by mining people attributes and travel group types from community-contributed photos. *Multimedia, IEEE Transactions on* 15(6) (2013) 1283-1295.
- [13] Schaller, R., Elswiler, D.: Itinerary recommenders: How do users customize their routes and what can we learn from them? In: Proc. of the 5th Information Interaction in Context Symposium, New York, NY, USA, ACM (2014) 185-194.
- [14] Takayuki, S., Munenobu, N., Naoki, S., Yoshihiro, M., Keiichi, Y., Minoru, I.: A personal navigation system with functions to compose tour schedules based on multiple conflicting criteria. *IPSJ Digital Courier* 46(11) (Nov 2005) 2590-2598.
- [15] D'Agostino D., Gasparetti F., Micarelli A., Sansonetti G.: A Social Context-Aware Recommender of Itineraries Between Relevant

- Points of Interest. In: Stephanidis C. (eds) HCI International 2016 – Posters' Extended Abstracts. HCI 2016. Communications in Computer and Information Science, vol 618. Springer, Cham., 2016.
- [16] De Angelis, A., Gasparetti, F., Micarelli, A., Sansonetti, G.: A Social Cultural Recommender based on Linked Open Data. In *Adjunct Publication of the 25th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '17)*, Marko Tkalčić, Dhaval Thakker, Panagiotis Germanakos, Kalina Yacef, Cecile Paris, and Olga Santos (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 329-332, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1145/3099023.3099092>.
- [17] Gurini, D., Gasparetti, F., Micarelli, A., Sansonetti, G.: A sentiment-based approach to Twitter user recommendation. In: CEUR Workshop Proceedings, vol. 1066 (2013).
- [18] Onori, M., Micarelli, A., Sansonetti, G.: A comparative analysis of personality-based music recommender systems. In: CEUR Workshop Proceedings, vol. 1680, pp. 55-59 (2016).

19 Diagnostica per il restauro e la conservazione: danni ambientali e di origine biologica

Giulia Caneva⁶⁷, Annalaura Casanova Municchia,
Giancarlo Della Ventura, Maria Antonietta Ricci, Armida Sodo

19.1 *Abstract*

Il contributo scientifico riguardo le problematiche legate alla conservazione dei beni culturali consente non solo di caratterizzare e conoscere l'opera indagata, ma anche di comprendere i fenomeni di alterazione/deterioramento che si innescano nell'ambiente in cui sono posti, dando un notevole contributo all'intervento conservativo. Inoltre la ricerca e lo sviluppo possono dare un notevole contributo riguardo allo studio dei nuovi materiali impiegati nella conservazione e restauro, e alle modalità di impiego. Con queste finalità si è delineato il progetto "*Diagnostica per il restauro e la conservazione: danni ambientali e di origine biologica*", con l'obiettivo di effettuare analisi diagnostiche di processi deteriorativi, di origine biologica e abiotica, su materiali lapidei e non. Per raggiungere questa finalità si è creata una rete funzionale di servizi tecnici e scientifici dotata di competenze qualificate e multidisciplinari del Dipartimento di Scienze di RomaTre, al fine di utilizzare tecniche avanzate e non distruttive per la caratterizzazione di opere d'arte di varia natura, volte all'identificazione dei materiali originari, della loro provenienza, delle tecniche di lavorazione e alla valutazione delle cause di alterazione e deterioramento dei manufatti artistici. Sono stati indagati ed analizzati differenti casi di studio in collaborazione con enti pubblici e privati con il fine di ampliare le conoscenze storiche-artistiche; lo stato di conservazione e il piano di conservazione più idoneo per il mantenimento dei suddetti casi di studio. Il progetto ha permesso di approfondire e dare un contributo importante nelle tematiche legate alla diagnostica per il restauro e la conservazione dei beni culturali.

⁶⁷ Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze.

19.2 *Ambito di ricerca*

Il progetto di ricerca si è focalizzato sullo studio della conservazione delle opere d'arte, consentendo così di conoscere i costituenti, identificarne la distribuzione, studiare i fenomeni di alterazione e/o deterioramento che avvengono all'interfaccia con l'ambiente. Nel dettaglio è stato apportato un contributo: nella **conoscenza storico-artistica** delle opere prese in esame identificando i materiali costitutivi e la loro distribuzione utili a delineare una collocazione storica artistica dell'opera; nello **stato di conservazione** identificando i prodotti di alterazione e/o deterioramento formati a seguito di reazioni chimico-fisiche indotti da attività biologica, dall'interazione con altri materiali presenti, e dall'interazione con l'ambiente circostante; nella **caratterizzazione dei componenti originali** dell'opera identificando la presenza di materiali estranei all'originale come per esempio ridipinture, scialbature, vernici, patine etc. dovute ad operazioni di rifacimento o di interventi di restauro impiegati nel corso degli anni; nello studio del **sistema ambiente-manufatto** monitorando il microclima in cui è inserita l'opera che può indurre fenomeni di alterazione/deterioramento; nella **scelta dei materiali e delle condizioni più idonee alla conservazione** selezionando prodotti di restauro (consolidanti, protettivi, biocidi, etc.) compatibili con l'opera; nel **controllo degli interventi conservativi e delle condizioni di conservazione** monitorando determinati parametri chimico-fisici marker dello stato di conservazione dell'opera.

A questi fini si è creata una rete funzionale di servizi tecnici e scientifici dotata di competenze qualificate e multidisciplinari tra i diversi dipartimenti dell'Università. Nel dettaglio, i laboratori coinvolti all'interno del progetto di ricerca sono stati: 1) il **Laboratorio di mineralogia e spettroscopia FTIR** che si occupa di ricerche finalizzate allo studio dei materiali inorganici, rocce e minerali naturali e sintetici, per applicazioni nell'ambito della ricerca geologica, della conoscenza e salvaguardia dei beni culturali; 2) il **Laboratorio di liquidi** che ha esperienza nelle indagini condotte con **spettroscopia Raman** su materiali di interesse storico-artistico, in particolare per quanto riguarda la composizione e lo stato di conservazione di materiali ceramici o lapidei, di vetri e gemme, o di pigmenti; 3) il **Laboratorio di Botanica ed Ecologia vegetale** che si occupa di diversi

aspetti legati alla Biologia vegetale applicata alla conservazione dei beni culturali e all'etnobotanica.

Inoltre si è impostata una rete di collaborazione con diversi Enti pubblici e privati preposti alla Conservazione dei Beni culturali ed associazioni al fine di poter avere un'ampia casistica di manufatti artistici di diversa origine e con differente problematicità di conservazione da indagare.

19.3 Attività svolte

Nel 2016 l'artista sudafricano William Kentridge ha realizzato un fregio a grande scala lungo un tratto del muraglione del Lungotevere (lungo 550 metri), intitolato "Triumphs and Laments" che racconta le vittorie e le sconfitte dall'età dei miti della città di Roma. L'opera (Fig. 1) è stata realizzata applicando 80 stencil alti fino a circa 10 metri di altezza sulle superfici dei muraglioni e procedendo alla rimozione della patina scura di natura biologica (costituita principalmente da cianobatteri) attraverso un'idropulitrice. A fine lavoro, rimuovendo gli stencil si sono ottenute così le figure negative (patina biologica) su fondo bianco (travertino) pulito con il getto d'acqua.

In riferimento a questo progetto artistico in collaborazione con l'associazione TEVERETERNO si è intrapreso uno studio tecnico-scientifico volto come primo step ad indagare le problematiche di colonizzazione vegetale propedeutica alle operazioni di idro pulitura dei muraglioni di Lungo Tevere, seguito poi da una serie di test chimico-fisici volti a scegliere quei prodotti con caratteristiche di biocidi ed idrorepellenti che potessero essere applicati sulla superficie "pulita" per poter ritardare la colonizzazione biologica e di conseguenza prolungare l'opera artistica.

Riguardo il primo step è stata condotta un'indagine floristica delle piante ruderali situate sui muraglioni al fine di conoscere le specie, la loro distribuzione oltre che per individuare le modalità di trattamento più idonee per il controllo della loro crescita, tenendo ben presente del particolare contesto ambientale.

A causa della rapida e naturale colonizzazione da parte delle piante su un bene architettonico all'aperto, come i Muraglioni del lungo Tevere, è importante contenere la flora ruderale sin dalle prime fasi di sviluppo,

che potrà avvenire mediante controllo periodico, meccanico e/o chimico.

A tal fine si è suggerito di effettuare, prima della pulitura selettiva della superficie lapidea, una asportazione della vegetazione ruderale presente sull'intero tratto di muraglione interessato, con radicamenti tra le fessure e i giunti delle lastre di travertino. Tale trattamento viene effettuato mediante l'asportazione meccanica delle porzioni epigee e la successiva devitalizzazione del colletto radicale con opportuni mezzi biocidi, già sperimentati in trattamenti selettivi di diserbo dell'area archeologica centrale di Roma.

Riguardo al mantenimento dell'opera finale nel tempo, sono stati testati diversi prodotti chimici (biocidi in miscela ad idrorepellenti) su alcuni tasselli di prova. I risultati dello studio hanno fornito dati interessanti su quali prodotti e in quali modalità applicare per ritardare la crescita della patina biologica e quindi prolungare lo stato dell'opera artistica.

All'interno del parco di Villa Borghese è situato il museo di arte contemporanea "Museo Carlo Bilotti" della città di Roma caratterizzato da uno spazio aperto "la storica aranciera" in cui sono collocate due statue bronzee, copie realizzate in serie: *Ettore* e *Andromaca* e il *Cardinale*, rispettivamente realizzate dagli artisti de Chirico e Manzù. Entrambe le superfici mostrano una patina artificiale (usata sia per fini estetici che conservativi) di colore bruno e verde di composizione sconosciuta (Fig. 2). In collaborazione con l'Istituto centrale del Restauro (ISCR) è stata condotta una campagna diagnostica per la caratterizzazione delle patinature artificiali e i prodotti di alterazione sviluppatasi a causa della esposizione di entrambe le statue in ambiente esterno. I risultati ottenuti hanno fornito informazioni interessanti sulle modalità di realizzazione artistica e hanno messo in evidenza delle aree di alterazione/corrosione. In alcune aree di colorazione verde sono stati individuati dei prodotti di alterazione dovuti ad esposizione a piogge acide, questi risultati sono stati essenziali per procedere agli interventi di restauro e per pianificare un corretto piano conservativo.

La Cappadocia è caratterizzata da particolari formazioni geologiche, a base di tufo, che in particolare durante il periodo bizantino sono state impiegate come chiese, contenenti affreschi, ma anche semplici abitazioni, diventando un'intera città sotterranea. Questi monumenti (Fig. 3), noti anche come "camini delle fate" sono stati inclusi dal 1985 nella lista del

Patrimonio Mondiale dell'UNESCO. Negli ultimi anni hanno ricevuto molta attenzione a causa di evidenti fenomeni di deterioramento presenti sulle superfici. Aspetto rilevante è la presenza di una diffusa colonizzazione biologica costituita principalmente da licheni, che possono svolgere un ruolo protettivo sulla pietra rispetto ai fenomeni atmosferici, o possono indurre fenomeni di biodeterioramento.

Scopo della ricerca è stato quello di identificare e studiare i processi di biodeterioramento presenti sulla superficie e sulla scelta di appropriati trattamenti di conservazione idonei alla conservazione delle pietre. È stata indagata come caso studio la Chiesa di Üzümlü nella Red Valley, con l'obiettivo di analizzare l'interazione delle specie di licheni rilevate con il substrato e definirne il grado di biodeterioramento. Al fine di far luce sulle interazioni chimico-fisiche sono state impiegate, diverse analisi microscopiche.

In occasione della più grande mostra dedicata a Hieronymus Bosch per i 500 anni dalla sua morte, sono stati compiuti diversi interventi di restauro delle principali opere. In collaborazione con il Laboratorio della Misericordia della Soprintendenza di Venezia sono state condotte differenti indagini diagnostiche a supporto della campagna di restauro dell'opera "Trittico di Santa Liberata" (1497) di Bosch (Fig. 4), conservata presso le Gallerie dell'Accademia a Venezia. Lo scopo principale è stato quello di identificare i materiali impiegati per la realizzazione dell'opera e di investigarne lo stato di conservazione. A questo scopo è stata utilizzata la spettroscopia Raman che ha evidenziato le in maniera non invasiva i prodotti di alterazione presenti nelle diverse stesure pittoriche e ha fornito informazioni utili sulla tecnica pittorica adoperata dall'artista. Nel dettaglio dalle indagini svolte è risultato evidente che nella maggior parte dei campioni è presente un processo di saponificazione tra il medium oleoso e i pigmenti a base di piombo presenti nelle diverse stesure pittoriche.

A seguito di ritrovamenti archeologici di una missione archeologica italo-russa nel sito archeologico Abu Erteila, localizzato a pochi km dalla necropoli reale di Meroe e meno di 5 km dalla riva orientale del Nilo, sono state indagati diversi frammenti d'intonaco. Lo scopo delle indagini è stato quello di caratterizzare i pigmenti della decorazione presente sui frammenti d'intonaco ritrovati, combinando la spettroscopia Raman, il microscopio elettronico a scansione accoppiato ad uno spettrometro a

dispersione di energia (SEM / EDS) e la diffrazione a raggi X su polvere (XRPD).

Durante il lavoro svolto sono stati presi contatti con diversi enti privati e pubblici per sviluppare progetti di diagnostica finalizzati allo studio e alla conservazione di diversi manufatti artistici, ad esempio:

- **L'Istituto Europeo del Restauro:** L'istituto ha sede presso il Castello Aragonese nell'Isola di Ischia, e costituisce un polo di alta formazione per il settore del restauro ligneo.
- **Mission:** campagna diagnostica in situ e in laboratorio per la caratterizzazione di una serie di sarcofagi egizi di Deir el-Bahari (1070-900 a.C.), esposti nella mostra prevista per il 2750° Anniversario della Fondazione della città di Siracusa.

Alcuni dei progetti sopra illustrati hanno visto il coinvolgimento di diversi enti di natura pubblica locali, con il fine di collaborare insieme sulle tematiche della diagnostica, conservazione e valorizzazione dei beni culturali. Qui di seguito viene riportata la lista dettagliata dei diversi enti:

1. **ICCR (L'ISTITUTO SUPERIORE PER LA CONSERVAZIONE ED IL RESTAURO)**
2. **ASSOCIAZIONE TEVERETERNO ONLUS**
3. **UNIVERSITÀ LA SAPIENZA**
4. **CROMA (CENTRO PER LO STUDIO DI ROMA)**

Durante il seguente progetto sono stati divulgati i risultati ottenuti come presentazioni orali e/o poster presso convegni a livello internazionale.

19.4 Conclusioni

La ricerca svolta ha permesso di approfondire e risolvere numerose tematiche legate alla diagnostica per il restauro e la conservazione dei beni culturali. Tramite uno scambio conoscitivo e strumentale con altri dipartimenti o sezioni della stessa Università è stato possibile costituire un laboratorio con un approccio multidisciplinare, utile ad affrontare e risolvere differenti casi di studio legati a differenti problematiche di

diagnostica e conservazione. Inoltre si sono formati e rafforzati rapporti con centri di ricerca pubblici e privati al fine di collaborare per indagare differenti casi di studio. I risultati ottenuti durante le ricerche sono stati divulgati e pubblicati al livello internazionale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Casanova Municchia, M. Baldi, A. Addis, G. Artioli, E. Fantusati, M.A.Ricci, M. Secco, A. Sodo. Characterization of Meroitic pottery (I-IV century AD) from Abu Erteila (Sudan). In: Proceedings of the 1st International Conference on Metrology for Archaeology; Benevento - Italy - October 21 - 23, 2015 pp. 555-560.
- [2] Garcia-Valles, M., Topal, T. Vendrell-Saz, M., 2003. Lichenic growth as a factor in the physical deterioration or protection of Cappadocian monuments. *Environmental Geology* 43, 776-781.
- [3] Differential effects of conservation treatments on the dynamics of biological recolonization of travertine: case study of the Tiber's embankments (Rome, Italy) Conference: 13th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone, Paisley, 6-10 September 2016, Vol. 2: 915-922.
- [4] A. Casanova Municchia, F. Bartoli, Y. Taniguchi, P. Giordani, Giulia Caneva Evaluation of the biodeterioration activity of lichens in the cave church of üzümlü (Cappadocia, Turkey) *International Biodeterioration & Biodegradation*. In press.
- [5] Casanova Municchia A., Bellatreccia F, D'Ercoli G, Lo Mastro S, Reho I., Ricci M.A., Sodo A. Characterisation of artificial patinas on bronze sculptures of the Carlo Bilotti Museum (Rome). *Physics A: Materials Science and Processing*, (2016).

20 Metodologie integrate per la prevenzione sismica del costruito storico

Gianmarco de Felice⁶⁸, Bartolomeo Pantò

20.1 *Abstract*

I recenti eventi sismici che hanno interessato il nostro paese hanno evidenziato ancora una volta l'elevata vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente ed in particolare del patrimonio storico e culturale. Quest'ultimo è composto in larga parte da edifici antichi in muratura, di valore storico e culturale, che tuttavia sono stati concepiti per resistere ai soli carichi verticali e non alle azioni sismiche. La conservazione del patrimonio e la tutela degli abitanti, richiedono quindi l'adozione di misure di salvaguardia compatibili con il bene storico e tali da garantire la sicurezza delle persone. Da alcuni anni, il cantiere di riabilitazione strutturale ha visto l'introduzione di tecniche innovative, basate su materiali compositi fibro-rinforzati, quale misura in grado di garantire un significativo incremento delle prestazioni sismiche senza alterare lo schema strutturale originario né compromettere il valore storico del bene. Di qui l'esigenza di sviluppare nuove metodologie di analisi e strumenti di calcolo in grado di valutare il comportamento sismico delle strutture rinforzate con i materiali compositi. La sfida non è semplice, sia per la naturale complessità della modellazione di strutture murarie, sia per l'interazione fortemente non lineare tra la muratura e il rinforzo. In questa breve nota, vengono sintetizzati i risultati di una metodologia di analisi strutturale basata su una discretizzazione in macro-elementi, in grado di simulare il comportamento di pareti murarie rinforzate con materiali compositi. Tale metodologia può essere efficacemente utilizzata per il dimensionamento e la verifica

⁶⁸ Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università Roma Tre, Via Vito Volterra 62 - 00146, Roma.

degli interventi di miglioramento sismico o di messa in sicurezza del patrimonio storico e culturale.

20.2 *Rischio sismico e conservazione del costruito storico*

Gran parte del patrimonio storico e culturale italiano è costituito da strutture in muratura non sempre adeguati a fronteggiare gli eventi sismici, anche di media intensità. I terremoti dell'Aquila nel 2009, dell'Emilia nel 2012, e il recente sciame sismico che ha interessato numerosi comuni dell'Italia Centrale nel corso del 2016, hanno messo in luce l'elevata vulnerabilità sismica dei borghi storici, caratterizzati spesso dalla presenza di costruzioni monumentali (chiese, torri, ecc.) particolarmente esposte al sisma per dimensioni e conformazione architettonica. Un'adeguata attività di manutenzione e di prevenzione sismica permetterebbe di mitigare gli effetti dei terremoti, riducendo i possibili crolli degli edifici che comportano, oltre alla perdita di vite umane, ingenti danni da un punto di vista economico e perdita irreversibile del patrimonio architettonico. Quest'obiettivo pur condiviso, richiede anzitutto la disponibilità di strumenti di valutazione della vulnerabilità sismica, in grado di orientare gli interventi e definire una lista di priorità delle iniziative di prevenzione sismica da porre in atto. Nel contempo è necessario mettere a punto le metodologie e le tecniche di intervento appropriate e compatibili con l'edificato storico, tali da non comprometterne le caratteristiche materiche e costruttive conservandone il valore storico e culturale. A questo proposito, è opportuno ricordare la grande capacità di adattamento e modifica della costruzione storica, oltre che la capacità di spostamento e deformazione che le strutture murarie storiche possono manifestare anche a prezzo di quadri fessurativi importanti, prima di raggiungere la condizione di stato limite ultimo. L'intervento quindi deve essere calibrato per garantire il mantenimento di queste proprietà, evitando opere invasive o tali da indurre sovra-rigidezze all'interno dell'organismo strutturale, che nel passato si sono rivelate inutili ai fini del miglioramento sismico o addirittura dannose.

Le tecniche di rinforzo basate sull'applicazione di materiali compositi

applicati sulla superficie della struttura muraria si sono dimostrate in grado di migliorare sensibilmente le caratteristiche meccaniche dell'elemento strutturale, grazie al notevole contributo in termini di resistenza a trazione, con spessori e incrementi di peso sostanzialmente trascurabili. Dalle poche sperimentazioni disponibili su tavola vibrante, le strutture rinforzate con reti in materiale composito non mostrano sensibili incrementi di rigidezza che comporterebbero un corrispondente incremento di sollecitazione né incrementi di massa come già richiamato sopra, con un sensibile miglioramento delle prestazioni sismiche. Tra i diversi materiali compositi disponibili, quelli che appaiono più adeguati, i quali sono appunto l'oggetto della presente nota, prendono il nome di TRM (*Textile Reinforced Mortar*) o FRCM (*Fabric Reinforced Cementitious Matrix*) e consistono in reti di materiale composito inserite all'interno di matrici inorganiche che svolgono nel contempo la funzione di adesione al supporto murario e di protezione della rete in composito. L'utilizzo di matrici inorganiche (malte a base di leganti idraulici) permette di ottenere una buona compatibilità con il supporto murario, garantendo semplicità di applicazione e durabilità e, entro certi limiti, anche la reversibilità dell'intervento. A fronte delle numerose evidenze sperimentali [1], ad oggi mancano tuttavia modelli di calcolo appropriati e formule di progetto da impiegare per il dimensionamento dell'intervento. Tale circostanza rappresenta un forte deterrente per la diffusione di queste tecniche nella pratica professionale.

20.3 I meccanismi di collasso

Le costruzioni storiche in muratura sono, in genere, caratterizzate dall'assenza di resistenza a trazione, È il peso che tiene insieme gli elementi strutturali che compongono la costruzione. Qui sta la principale differenza con le costruzioni in cemento armato, dove la continuità del getto e la presenza delle armature garantiscono una continuità strutturale di cui invece la costruzione muraria è completamente priva. Alle volte, le murature portanti sono costituite da due paramenti separati da un nucleo interno con modeste caratteristiche meccaniche e prive di

conci trasversali di collegamento. Il sisma, in questi casi, attiva fenomeni di disgregazione dell'apparato murario, a cui possono seguire collassi fragili dell'intera struttura o di porzioni di essa. In molti casi le pareti sono prive di connessioni in corrispondenza delle angolate e dei martelli murari, o perché frutto di aggiunte in epoca diversa o perché costruite a dispetto della regola dell'arte muraria. In questi casi, la costruzione è molto vulnerabile e l'azione sismica attiva i meccanismi di primo modo che consistono nel ribaltamento delle pareti fuori dal proprio piano, secondo un moto assimilabile alla rotazione di un corpo rigido attorno alla propria sezione di base (Fig. 1a). In presenza di connessioni, le pareti ortogonali svolgono un efficace ruolo di controventamento e impediscono il ribaltamento di corpo rigido, chiamando in causa la resistenza muraria e l'eventuale formazione di lesioni diagonali e il conseguente distacco di un cuneo di muratura in prossimità delle angolate (Fig. 1b), la cui inclinazione dipende dalle caratteristiche della muratura e dalla disposizione delle aperture [2]. Ancora, nel caso di luci ampie tra le pareti ortogonali o presenza di elementi spingenti (quali volte o puntoni di copertura) si può verificare il ribaltamento della parte centrale della parete (Fig. 1c) a seguito della formazione di lesioni per trazione in direzione orizzontale (*flessione verticale*) o in direzione verticale (*flessione orizzontale*).



Fig. 1 – Meccanismi di ribaltamento di pareti murarie (L'Aquila 2009): a) ribaltamento isolato della facciata; b) ribaltamento con formazione del cuneo ortogonale; c) ribaltamento della porzione centrale

La principale vulnerabilità sismica delle costruzioni storiche dipende proprio dalla disgregazione delle murature e dalla formazione dei meccanismi di ribaltamento fuori dal piano, o *meccanismi di primo modo*, come li ha

denominati Giuffrè [2]. Sono questi i primi a manifestarsi e i più pericolosi poiché si verificano per distacco, senza dissipazione di energia e quindi in modo intrinsecamente fragile. D'altra parte, nelle regioni sismiche si è diffuso l'impiego di tecniche ed elementi di presidio sismico, quali ad esempio l'introduzione di catene metalliche, la cui efficacia è stata ampiamente confermata in occasione di numerosi eventi recenti (Figura 2).

Le tecniche di rinforzo con sistemi FRCCM prevedono l'inserimento di reti bi-dimensionali continue su uno o entrambi i paramenti murari, all'interno di uno spessore di malta di appena 1 cm (Fig. 2b), tale da poter essere inglobato nello spessore dell'intonaco. L'intervento, così eseguito, consente di ottenere margini di miglioramento sismico superiori rispetto alle tecniche tradizionali. Con queste ultime, infatti, si possono realizzare elementi di ritengo discontinui, mentre con i sistemi FRCCM si riesce a conferire alla intera parete una resistenza a trazione diffusa ed una non trascurabile duttilità rispetto alle azioni fuori dal piano (Figura 2c). Nel contempo, se applicata su entrambi i paramenti e in presenza di connettori trasversali, la rete di rinforzo svolge un'azione di confinamento che contrasta i fenomeni di disgregazione dell'apparato murario.

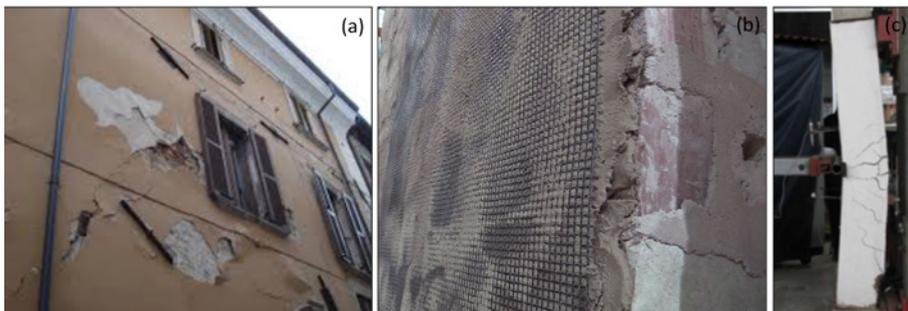


Fig. 2 – a) Parete rinforzata mediante tiranti (L'Aquila 2009); b) Rinforzo in FRCCM di una parete in pietrame; c) test di flessione fuori-piano in laboratorio su un pannello rinforzato con FRCCM

20.4 Modellazione non-lineare di murature storiche tramite un approccio per macro-elementi

In letteratura sono stati proposti diversi modelli teorici per la simulazione del comportamento sismico di strutture in muratura, i più diffusi in ambito professionale sono rappresentati dal modello a telaio equivalente

e il modello a puntone equivalente [3]. Il primo, utilizzato per modellare gli edifici in muratura ordinaria, assimila i pannelli murari a degli elementi mono-dimensionali (travi o pilastri) collegati tra loro mediante nodi rigidi; il secondo viene correntemente utilizzato per simulare il comportamento di strutture miste muratura-calcestruzzo armato e consiste nel modellare i pannelli murari mediante una biella equivalente posta lungo la diagonale del pannello e agente solo a compressione. Tuttavia entrambi tali modelli trascurano il comportamento fuori dal piano della muratura e i corrispondenti meccanismi di collasso, pertanto non sono idonei a simulare la risposta sismica degli edifici storici, governata da una complessa interazione tra la risposta nel piano e la risposta fuori-piano. Al fine di superare tali limitazioni, in letteratura è stato proposto un modello basato su un approccio per macro-elementi (così chiamato perché ciascun elemento rappresenta un'ampia porzione di muratura) specificatamente concepito per simulare il comportamento sismico di pannelli in muratura. Nella sua formulazione originaria [4] la cinematica del macro-elemento era ristretta nel piano. Questo può essere rappresentato da un semplice schema meccanico costituito da un quadrilatero articolato (*pannello*), deformabile unicamente a taglio la cui rigidezza e resistenza sono regolate da due molle diagonali. L'interazione assiale e flessionale tra un pannello e i pannelli contigui (o tra un pannello e il terreno) è governata da un letto discreto di molle non-lineari (*Interfacce*) distribuite lungo i lati rigidi del

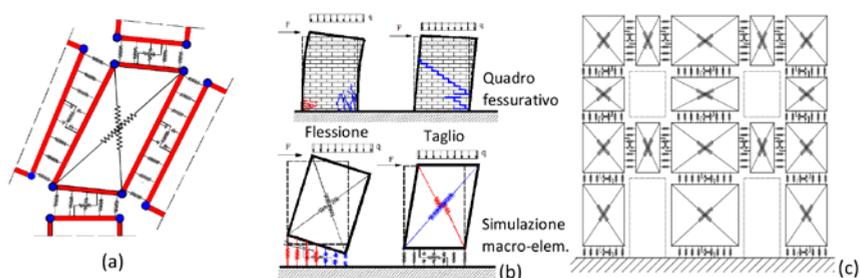


Fig. 3 – Schema meccanico del macro-elemento (a); simulazione dei meccanismi di collasso nel piano di pannelli murari (b); macro-modellazione di una parete (c)

pannello (Fig. 3a). Nonostante l'estrema semplicità del modello, questo è in grado di simulare distintamente entrambi i principali meccanismi di

rottura nel piano della muratura: flessione e taglio diagonale (Fig. 3b) e di modellare, per assemblaggio di più macro-elementi, intere pareti (Fig. 3c).

La cinematica del macro-elemento è stata successivamente arricchita dei tre gradi di libertà fuori-piano al fine di poter modellare edifici storici, strutture monumentali e strutture a geometria curva, quali volte o cupole. Il comportamento flessionale del macro-elemento 3D è governato da più file di molle in parallelo che possono simulare la presso o tenso-flessione deviata. Una molla longitudinale simula lo scorrimento nel piano, mentre due molle longitudinali ortogonali al piano dell'elemento simulano lo scorrimento fuori-piano e la torsione (Figura 4a). Il modello è stato implementato nel software strutturale HisStrA [5] ed è stato validato mediante il confronto con i risultati di test di laboratorio condotti su pannelli con e senza aperture (Figura 4b).

La presenza del rinforzo in materiale composito viene considerata nel

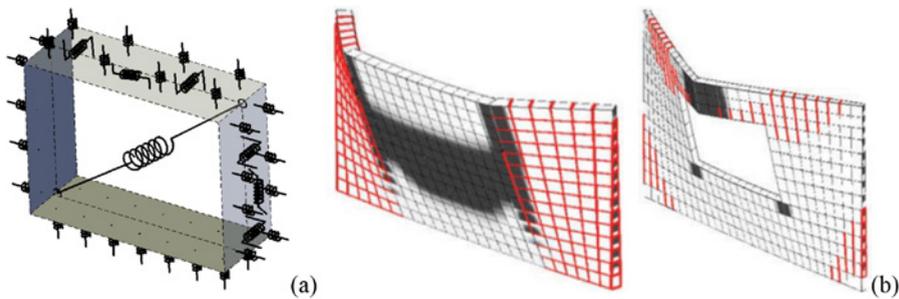


Fig. 4 – a) Schema meccanico del macro elemento 3D; b) validazione numerica del modello

modello tramite una piastra rigida con spessore nullo interagente lungo tutto il suo perimetro con molle non-lineari che simulano il comportamento a trazione delle fibre di rinforzo (Fig. 5a). L'interazione tra il rinforzo e la muratura è permesso da una interfaccia discreta che simula lo strato di malta. Tale interfaccia è costituita da una griglia di molle normali che governano simulano il possibile distacco per trazione del pacchetto del rinforzo dal supporto “*modo I*” (Fig. 5b) e da due molle tangenziali che simulano il meccanismo di rottura per scorrimento a taglio (*modo II* o *delaminazione*) (Fig. 5c). La distanza (λ) delle molle normali di interfaccia può essere fissato in base al grado di dettaglio della soluzione numerica desiderato (Fig. 6a).

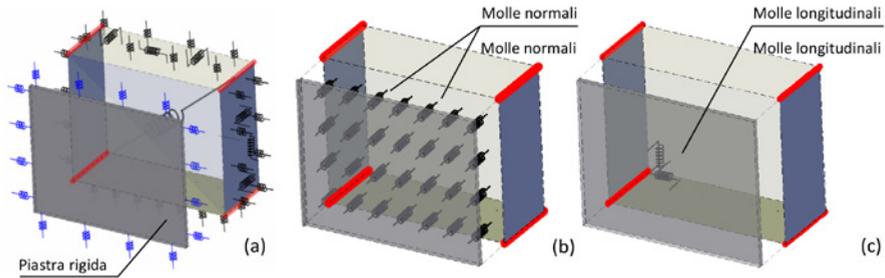


Fig. 5 – a) Schema meccanico per la simulazione del rinforzo; schema meccanico dell'interazione tra muratura e rinforzo in direzione normale (b) e tangenziale (c)

Il collasso di pannelli murari rinforzati con FRCM avviene generalmente a causa della delaminazione del rinforzo in corrispondenza dell'interfaccia tra la malta e le fibre. Al fine di simulare tale fenomeno, è stato proposto un legame costitutivo forza-spostamento (f_s-d) che è stato associato a ciascuna delle due molle longitudinali di interfaccia [7], dove f_s rappresenta la forza di taglio trasferita dal rinforzo al substrato e d lo scorrimento relativo tra muratura e rinforzo (Fig. 6b). Ulteriori sviluppi sono stati proposti in [8, 9] per le applicazioni a strutture voltate. Il legame proposto è caratterizzato da una legge tri-lineare: un primo ramo elastico con rigidezza (K_s) e limite di snervamento (f_{y0}), un successivo ramo di softening lineare che si conclude in corrispondenza dello spostamento ultimo (d_{deb}) e la forza residua (f_0); un ultimo tratto costante che rappresenta la forza residua trasferita per attrito dal tessuto ormai completamente staccato (Fig. 6c).

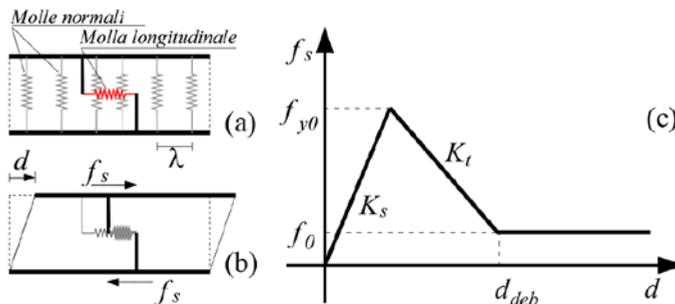


Fig. 6 – a) Vista 2D dell'interfaccia muratura-rinforzo; b) comportamento meccanico a taglio dell'interfaccia; c) legame costitutivo a scorrimento del rinforzo

La capacità del modello di predire i meccanismi di collasso di strutture rinforzate mediante FRCC è stata validata mediante la simulazione numerica della risposta sperimentale di un prototipo in scala reale composto da una parete di facciata e 2 pareti trasversali (Fig. 7a). La struttura è stata testata nei laboratori del centro di ricerca ENEA applicando una eccitazione sismica alla base del prototipo in direzione perpendicolare alla facciata, mediante l'uso di una tavola vibrante [1]. Le caratteristiche della muratura e la qualità delle connessioni tra le pareti sono state progettate in modo da poter essere rappresentative di una costruzione storica. Dopo una prima fase in cui il modello è stato testato in assenza di rinforzo, conclusa con il ribaltamento fuori-piano della facciata (Fig. 7b), la struttura è stata rinforzata mediante un sistema FRCC costituito da due nastri orizzontali in fibre di acciaio (in letteratura indicati con il termine SRG - *Steel Reinforced Grout*). I nastri sono stati applicati sul paramento esterno della facciata e sui paramenti interni delle pareti trasversali, le connessioni in corrispondenza delle intersezioni laterali sono state realizzate mediante connettori in SRG (Fig. 7c).

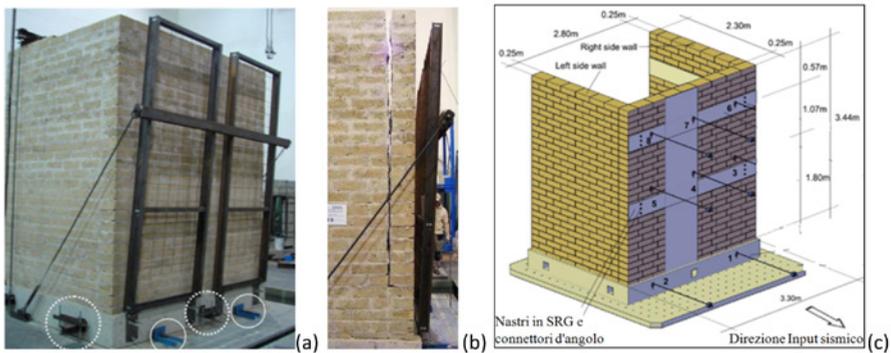


Fig. 7 – a) Vista del prototipo; b) Collasso della facciata nel prototipo non rinforzato; c) Layout del modello rinforzato con nastri in fibre di acciaio - SRG

Sono stati sviluppati tre modelli numerici: un modello rappresentativo del prototipo non rinforzato, uno rappresentativo del prototipo rinforzato con nastri SRG e un terzo modello rappresentativo di una tecnica di rinforzo tradizionale costituita dall'inserimento di due tiranti metallici ortogonali alla facciata, posti a una quota di $H/3$ dalla sommità.

Sui modelli sono state eseguite analisi statiche non-lineari (push-over) in direzione ortogonale alla facciata considerando una distribuzione di forze proporzionale alle masse. I parametri meccanici della muratura e del rinforzo utilizzati nelle analisi, stimati sulla base di dati sperimentali, sono riportati in [7]. In Figura 8a viene riportata la deformata del modello con nastri SRG, in corrispondenza dell'ultimo passo dell'analisi, con indicata la distribuzione del danno accumulato. Il meccanismo di collasso numerico è risultato coerente con il reale meccanismo di collasso, osservato sperimentalmente. In Figura 8b vengono confrontate le curve di capacità dei tre sistemi, espresse in termini di taglio alla base e massimo spostamento orizzontale. Dalla figura si evince che il modello numerico coglie in modo soddisfacente l'incremento di resistenza conseguente sia all'introduzione dei tiranti che al rinforzo con nastri SRG.

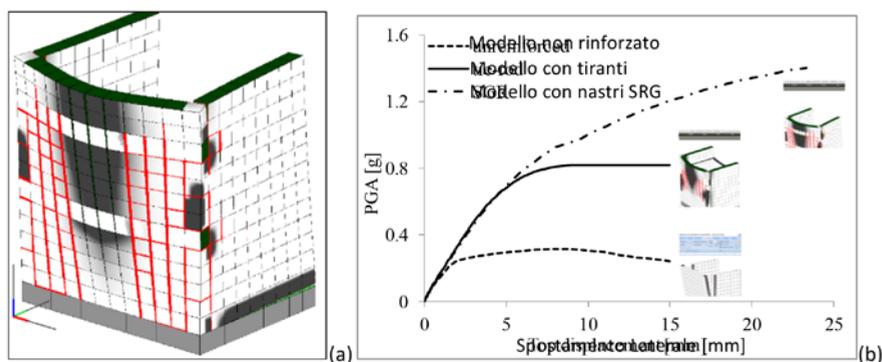


Fig. 8 – a) deformata a collasso del modello rinforzato con SRG; b) confronto delle curve di capacità relative alle tre configurazioni investigate

20.5 Conclusioni

Il presente studio ha trattato la complessa e attuale problematica del rischio sismico associato al patrimonio architettonico, storico e monumentale, e le possibili strategie per mitigarlo. Recenti conquiste tecnologiche hanno portato all'introduzione di nuove tecniche di intervento, basate sull'impiego di materiali compositi fibro-rinforzati, applicati alla muratura mediante malte a base di leganti idraulici (FRM). Tali

tecniche sembrano rispondere all'istanza di conservazione in quanto a compatibilità, durabilità e reversibilità dell'intervento. Nel presente studio è stato proposto un nuovo modello di calcolo, basato su un approccio di modellazione per macro-elementi, per la valutazione del comportamento non-lineare di strutture in muratura rinforzate mediante sistemi FRM. Il modello è stato implementato nel software di calcolo *HiStrA* ed è stato validato mediante il confronto con risultati sperimentali ottenuti su un prototipo composto da tre pareti, testato in presenza e in assenza di rinforzo. Le simulazioni numeriche hanno confermato la capacità del macro-modello di prevedere efficacemente sia la resistenza ultima di strutture rinforzate che il relativo meccanismo di collasso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] S. De Santis, P.B. Casadei, G. De Canio, G. de Felice, M. Malena, M. Mongelli, I. Roselli. Seismic performance of masonry walls retrofitted with steel reinforced grout. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 45(2): 229-251, 2016.
- [2] A. Giuffrè (A cura di), 1993. Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia, Bari.
- [3] G. Magenes, D. Bolognini, C. Braggio (A cura di), 2009. Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura, CNR-GNDT, Roma, pp. 99.
- [4] I. Calì, M. Marletta, B. Pantò, 2004. Un nuovo macro-elemento per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in muratura. XI Convegno ANIDIS, Genova 25-29 gennaio.
- [5] I. Calì, F. Cannizzaro, B. Pantò, D. Rapicavoli, 2015. "HiStrA (historical structure analysis)," in HISTRA s.r.l (Catania, Italy). Release 1.7.2.3; Available at: <http://www.grupposismica.it>.
- [6] B. Pantò, F. Cannizzaro, I. Calì, P.B. Lourenço, 2017. Numerical and experimental validation of a 3D macro-model for the in-plane and out-of-plane behaviour of unreinforced masonry walls, *Int. J. of Architectural Heritage*. doi:10.1080/15583058.2017.1325539.
- [7] B. Pantò, M. Malena, G. de Felice, 2017. Numerical assessment

- of the out-of-plane response of masonry panels reinforced by means of FRCC systems, 6th Conf. CompDyn, Rhodes, 15-17 June.
- [8] B. Pantò, M. Malena, G. de Felice, 2017. Non-linear modeling of masonry arches strengthened with FRCC, *Key Engineering Materials*, Vol. 747, pp. 93-100.
- [9] M. Malena, S. De Santis, B. Pantò, G. de Felice, 2017. A closed-form analytical solution to the debonding of SRG on curved masonry substrate, *Key Engineering Materials*, vol. 747, pp. 313-318.

21 Cervantes dal verbo all'immagine-movimento: una piattaforma interculturale

Daniele Corsi, Giuseppe Grilli⁶⁹

21.1 Abstract

All'interno del progetto *Lingua come bene culturale*, le competenze del Dipartimento di Lingue, Culture e Letterature Straniere dell'Università degli Studi Roma Tre sono state indirizzate verso la creazione di una banca dati di testi audiovisivi (film di finzione, documentari, videoinstallazioni, altri tipi di progetti visivi) dedicati all'opera letteraria e alla figura storica di Miguel de Cervantes (Alcalá de Henares, 1547 – Madrid, 1616) nell'anno del Quadricentenario della sua morte.

La ricerca archivistica ha portato alla realizzazione di una prima filmografia di base sul tema "Cervantes e il cinema". Ci siamo basati, in parte, sulla puntuale filmografia costituita da Eddie Sammons, Manuel Palacio, Pedro Medina, Emilio de la Rosa e Luis Mariano González nel volume *Cervantes en imágenes* (2005)⁷⁰ e su quelle, di taglio più monografico, proposte da Ramón de España in *De la Mancha a la pantalla* (2007) e da Ferran Herranz in *El Quijote y el cine* (2005; nuova ed. aggiornata 2016)⁷¹. Il primo corpus preso in esame era costituito da 380 testi audiovisivi ordinati cronologicamente dal 1898 al 2017. La raccolta, costituita anche da materiali perduti o introvabili, comprendeva: adattamenti, film ispirati dai personaggi di Cervantes, film d'animazione, musical, documentari, film per la televisione, cortometraggi, reportage, registrazioni di opere, balletti

⁶⁹ Università degli Studi Roma Tre.

⁷⁰ Cfr. E. de la Rosa, L. M. González, P. Medina (Coords.), *Cervantes en imágenes. Donde se cuenta cómo el cine y la televisión evocaron su vida y su obra (edición ampliada)*, Festival de Cine de Alcalá de Henares, Ayuntamiento de Alcalá de Henares/Comunidad de Madrid 2005, pp. 471-545.

⁷¹ Cfr. F. Herranz, *El Quijote y el cine*, Cátedra, Madrid 2016, pp. 323-370.

o pièces teatrali ispirate al *Don Quijote*. In seguito, la suddivisione della filmografia in blocchi tematici e linguistico-culturali ci ha condotto a una necessaria riduzione della stessa (150 film al momento).

Data l'importanza che il testo filmico ha assunto nella nostra società come "trasduttore" di conoscenze linguistiche e culturali, e più specificatamente, come efficace strumento didattico, per l'insegnamento o l'apprendimento di una L2 all'interno delle scuole secondarie superiori, dei corsi di laurea in Lingue o all'interno di piattaforme digitali orientate verso lo sviluppo o scambio di competenze interlinguistiche e interculturali, si è scelto di porlo al centro del Subtask progettuale di *Smart Environments*. Il discorso cinematografico, infatti, è diventato oggi più che mai terreno di interesse per la linguistica pragmatica, la filosofia, la semiotica, la traduttologia e la didattica delle lingue. All'interno delle varie tipologie di discorso filmico, si è scelto di porre maggiore attenzione verso i metatesti (o ipertesti), ovvero quegli adattamenti (lungometraggi o cortometraggi di finzione, documentari appartenenti a varie filmografie mondiali) che hanno tentato di trasformare in immagini opere come il *Don Quijote de la Mancha*, novelle contenute al suo interno come *El curioso impertinente* o alcune delle *Novelas ejemplares* (1613) come *Rinconete y Cortadillo*. Dopo la raccolta e scelta dei dati e la successiva analisi degli stessi (volta specialmente al confronto semiotico fra testi verbali e testi audiovisivi), lo step finale, attualmente in corso d'opera, mira alla realizzazione di una piattaforma didattica per lo scambio interculturale, prodotto web o libro multimediale per l'apprendimento della lingua, cultura e letteratura spagnola. Il confronto fra letteratura e cinema permetterà, ad esempio, di avvicinare i vari tipi di utenti alla lettura e analisi critica del *Don Quijote de la Mancha* favorendone la divulgazione per scopi didattici o per fini esegetici. La piattaforma potrebbe inoltre diventare un valido strumento per l'analisi dei testi verbali e cinematografici contenuti al suo interno. Si potranno comparare brani tratti dalle opere di Cervantes con sequenze di film e vedere come vari registi internazionali hanno tradotto in immagini una stessa "scena" o "sequenza". Sul piano narratologico, sono già state elaborate delle sezioni tematiche digitali che abbracciano temi teorici essenziali per il confronto scientifico fra testo scritto e testo audiovisivo come il punto di vista o focalizzazione ("ocularizzazione" nel

cinema), il ruolo del narratore-istanza narrante, il cronotopo, la teoria del personaggio ecc. In questo articolo tenterò di evidenziare sinteticamente una delle premesse essenziali del progetto di ricerca: il necessario confronto scientifico fra testo verbale (letterario) e testo visivo (cinematografico) dalla prospettiva traduttologica, mettendo in nuova luce il *carattere intersemiotico del tradurre*⁷².

21.2 *Adattamento e traduzione, o la natura intersemiotica del processo traduttivo*

Che l'essenza del romanzo (o in generale del testo narrativo) abbia da compiersi al di là della letteratura e precisamente nel cinema audiovisivo è un'utopia perseguita sin dagli albori del muto e, in modo cosciente, sin dalle ricerche sul montaggio condotte da Ejzenštejn⁷³. Tutta la storia e l'evoluzione della settima arte è contraddistinta da un costante dialogo con la letteratura, tanto che entrambi i mezzi espressivi continuano a fecondarsi vicendevolmente ideando nuovi modi diegetici e nuove immagini narrative oltre i confini degli spazi semiotici che li contraddistinguono. Il linguaggio cinematografico dei film dei primi anni del XX secolo si costruisce a partire da procedimenti estrapolati dalla letteratura. Dal grado zero della singola inquadratura ("ripresa teatrale") senza tagli di montaggio dei film dei fratelli Lumière o di Georges Méliès si passa gradualmente, grazie al modello americano istituito da David Wark Griffith, alla complessità romanzesca ampliando la portata linguistica del discorso filmico: la struttura del film in episodi, l'organizzazione del discorso secondo le categorie dello spazio e del tempo (il montaggio analitico), il punto di vista e la voce narrativa.

Negli anni Venti il cinema sperimentale arriva al suo apice con gli esperimenti di René Clair, Man Ray, Marcel Duchamp, Fernand Léger,

⁷² Vedi S. Petrilli, *Il carattere intersemiotico del tradurre*, in *Lo stesso altro*, a cura di S. Petrilli, in «Althano», X, 4 (2001).

⁷³ Per quanto concerne l'influsso del romanzo ottocentesco nel cinema del primo Novecento, rimando al saggio di Ejzenštejn *Dickens, Griffith e noi* (1944).

Hans Richter, Jean Epstein, Germaine Dulac, Sergej M. Ejzenštejn, Grigorij Aleksandrov, Vsevolod Pudovkin o Dziga Vertov⁷⁴. L'utopia di molte forme d'avanguardia cinematografica era quella di generare un nuovo cinema d'arte. La prima ondata, costituita dal gruppo degli impressionisti francesi (Abel Gance, Marcel L'Herbier, Louis Delluc, Jean Epstein, Germaine Dulac), voleva ad esempio definire la specificità filmica per giungere a una sinfonia visiva. Con la nozione di *photogénie* nasceva l'idea di cinema come prodotto artistico autonomo, concetto già individuato nel 1916 dai futuristi italiani. Questa teoria era legata anche alla nozione di ritmo visivo, elemento che doveva governare la relazione fra le immagini. Gradualmente, emerse che il solo ritmo visuale poteva diventare un principio strutturale alternativo e indipendente rispetto all'esposizione narrativa tradizionale. Il regista Henri Chomette coniò l'espressione *cinéma pur* (cinema puro) per far riferimento al necessario ritorno del mezzo espressivo ai suoi elementi primordiali: movimento, composizione, ritmo. Si svilupparono così molteplici tendenze con diverse finalità estetiche: il *cinema astratto* o *assoluto* in Germania con i lavori di Hans Richter, come *Rhythmus 21* (1921), Walter Ruttmann, Oskar Fischinger e dello svedese Viking Eggeling; il cinema dadaista capitanato da René Clair, Man Ray e Marcel Duchamp, autori di film dai ritmi vertiginosi quali *Entr'acte* (1924), *Le retour à la raison* (1923), *Emak-Bakia* (1926) o *Anémic Cinéma* (1926), che sovvertivano le concezioni aristoteliche di tempo e spazio diegetico esibendo forme inedite di montaggio. Un punto comune alla maggior parte di queste filmografie era la ricerca di una possibile modulazione lirica: il fatto che il cinema d'avanguardia dovesse avere una vocazione poetica più che narrativa. Se il cinema entrava nella letteratura ed estendeva le sue possibilità espressive, in modo inverso, la lingua poetica dell'avanguardia tentava di penetrare entro il corpo dell'arte cinematografica per rinnovarne i codici e rilanciare a sua volta il rapporto tra visivo e verbale.

Se dovessimo tracciare una linea di sviluppo estetico, si vede come il cinema, nel suo primo processo evolutivo che va dalla sua nascita all'invenzione del sonoro alla fine degli anni Venti, prima si confronta con il teatro, poi con il romanzo (si pensi alla dimensione epica di film come

⁷⁴ Cfr. J. Mitry, *Storia del cinema sperimentale*, Gabriele Mazzotta editore, Milano 1971.

Nascita di una nazione del 1915) e infine con la poesia. Il confronto intersemiotico con il romanzo resta, tuttavia, quello più praticato in assoluto dal momento che è il genere letterario dove più di tutti è sentita l'essenza stessa dell'affabulazione, del *racconto* e, specialmente, di quella parodia o pastiche dei generi messa in luce da Michail Bachtin. Al di là del fatto che si manifesti in ambito letterario, cinematografico, fumettistico, teatrale o pittorico, la narrazione racchiude dentro di sé un racconto (un *che cosa* e un *come*, o meglio, una *storia* e un *discorso*), il quale ne è elemento imprescindibile e qualificante e può essere rappresentato attraverso i più diversi mezzi espressivi, nonché addirittura trasposto da un medium all'altro.

Uno dei luoghi comuni diffuso dalla critica cinematografica riguarda la drastica estraneità che s'instaura tra un film e l'opera letteraria da cui è tratto. È ormai chiaro, invece, che ad apparire incongruo e banale è solo il metodo adottato, basato il più delle volte sul computo notarile degli errori e dei tagli ai danni dell'originale, o peggio ancora, su di una specie di prova di fedeltà fra prototesto e metatesto (corredata da un confronto delle isotopie figurative, tematiche e patemiche fra libro e film), che si risolve il più delle volte con la solenne bocciatura di quest'ultimo. La chiave dell'antico e forse inestinguibile rapporto fra letteratura e cinema sta, più semplicemente o più difficoltosamente, in quello specifico confronto "intersemiotico" fra verbo e immagine in movimento, in quella disamina che tenta di cogliere la/le diversità e gli scarti, i differenti punti di vista culturali ("lo sguardo sull'altro" e le possibili sinergie fra identità e alterità), le occasioni perdute e quelle reiventate nel processo di compensazione poetica di ciò che sarebbe intraducibile per definizione, eppure di per sé *traducibile* attraverso lo stesso processo di semiosi culturale.

Nella famosa tripartizione delle forme della traduzione operata da Roman Jakobson nel 1959, la *traduzione intersemiotica* viene definita uno dei "modi di interpretazione di un segno linguistico per mezzo di sistemi di segni non linguistici". Dinamiche di relazione traduttiva sono ipotizzate tra semiotiche "linguistiche" e semiotiche "non linguistiche", vale a dire visive o audiovisive: dipinti, illustrazioni, fumetti, film. L'"intersemiosi", chiamata da Jakobson anche *trasmutazione*, sarebbe quel tipo particolare di processo traduttivo da un sistema di segni a un codice di *un altro tipo*, per esempio dal figurativo al musicale, o dal verbale al filmico.

La scuola semiotica di Tartu, fondata negli anni Sessanta da Lotman, riprende il classico modello tricotomico di Jakobson (traduzione intralinguistica o endolinguitica, interlinguistica e intersemiotica), ma la estende. Secondo il modello virtuale e tassonomico del processo traduttivo elaborato da Peeter Torop, uno dei maggiori allievi di Lotman, la traduzione può essere di natura testuale, metatestuale, intestuale o intertestuale e deverbalizzante. Limitandomi a sintetizzare il suo pensiero, si potrebbe affermare, non più timidamente, che tutto è (in)-traduzione; la concezione totale si pone come oggetto di studio il processo traduttivo in tutte le sue forme: traduzione interlinguistica (traduzione propriamente detta); intralinguistica (come nel caso della parafrasi); intersemiotica (da un tipo di codice all'altro, per esempio traduzione filmica di un romanzo); intertestuale (la citazione e il rimando come traduzione); intratestuale (il rimando interno a un testo come elemento di coesione testuale); metatestuale: i paratesti che accompagnano il testo tradotto, per esempio apparato critico di un libro, voci di enciclopedia, recensioni ecc.⁷⁵.

Nell'opera *La traduzione totale* Torop propone una sorta di "rilancio del metatesto" (dove per metatesto intende qualsiasi riflesso, propaggine o traduzione di un testo, a eccezione dell'originale). La stessa definizione di *processo traduttivo* presenta *in nuce* una essenza intersemiotica: "qualsiasi processo anche non verbale che conduca da un testo primo, o prototesto, a una sua attualizzazione nel medesimo codice o in un codice diverso, chiamato metatesto". Già negli anni Trenta, lo psicologo sovietico Lev S. Vygotskij, aveva spiegato che il linguaggio interno che usiamo per pensare e per formulare il testo verbale è un codice *non* verbale. Questo semplice fatto dà molto da pensare per quanto riguarda il processo traduttivo, poiché risulta assai probabile che i tre tipi di traduzione concepiti da Jakobson siano in realtà da intendersi, fra l'altro, come diverse facce di uno stesso processo solo apparentemente interlinguistico. Nella "traduzione vera e propria", vi sono processi intersemiotici tanto durante la "deverbalizzazione" del prototesto quando viene percepito (la "volatizzazione del pensiero" di Vygotskij) e tradotto in consapevolezza mentale da parte del traduttore, quanto durante la "riverbalizzazione" nel metatesto, la

⁷⁵ P.Torop, *Total' nyj perevod*, Tartu University Press, Tartu 1995.

concretizzazione o sostanziazione, con la quale si sintetizzano dal magma mentale parole, frasi o testi.

Benché lo studio di Charles S. Peirce non sia molto in auge presso la scuola estone-russa di Tartu-Mosca, e la semiotica locale tenda a basarsi più su Charles W. Morris, e sulle derivazioni lotmaniane (semiotica della cultura), se si prende in considerazione il concetto di *interpretante* – quell'idea, quell'entità mentale soggettiva che serve da tramite fra il segno percepito e l'oggetto a cui rimanda la semiosi, il processo di significazione – ci si accorge che è fatto di quello stesso materiale non verbale del linguaggio interno. In base a questa ipotesi, che si auspica sarà presto controllata dalla psicobiologia contemporanea, la quale si avvale di ampiamente di tecniche di scansione cerebrale non intrusive inimmaginabili ai tempi di Vygotskij, alla triade segno-interpretante-oggetto possiamo affiancare la triade prototesto-traducente-metatesto, dove con *traducente* si rende il peirceiano *translatant*; traducente inteso quindi non come “parola del metatesto con la quale si traduce una parola del prototesto”, bensì come idea che si forma nella mente del traduttore a far da tramite tra l'originale e il testo tradotto.

Aggiungere un polo “mentale” al processo traduttivo ha delle ovvie conseguenze di grande respiro, tali per cui Lotman (1995) esclude la possibilità di una traduzione inversa (ritraduzione verso la lingua dell'originale) e parla esplicitamente di traduzione come evoluzione del significato, non più come equivalenza. Come ha dimostrato Bruno Osimo⁷⁶, per Jakobson, per Lotman, per Torop il discorso interno è un concetto acquisito, un concetto di fondo, parte di un patrimonio culturale che è dato per scontato. Per il lettore italiano, così come per gran parte della tradizione traduttologica europea così non è, e ciò contribuisce a creare una distanza cronotopica tra noi, il volume di Torop e la scuola semiotica estone-russa (nonché con la semiotica della cultura teorizzata da Lotman nel 1985). Il linguaggio interno, in quanto “codice macchina” del cervello, ha una funzione duplice: è il linguaggio nel quale sono espressi i pensieri, ma è anche la materia prima di cui sono costruiti i “programmi applicativi”

⁷⁶ B. Osimo, Peeter Torop per la scienza della traduzione, in P. Torop, La traduzione totale. Tipi di processo traduttivo nella cultura, a cura di B. Osimo, Hoepli, Milano 2010, pp. IX-X.

che fanno funzionare le operazioni di verbalizzazione/deverbalizzazione. Il discorso interno è un metalinguaggio traduttivo d'intermediazione tra testo verbale (dell'originale) e testo verbale (tradotto), è il codice che permette la traduzione con le sue componenti interlinguistica, intralinguistica e intersemiotica. Collegato concettualmente a questo metalinguaggio c'è anche il metalinguaggio disciplinare della scienza della traduzione, nodo cruciale della disciplina, problema più grave e più urgente, su cui Torop si sofferma a lungo nella sua rivoluzionaria opera.

La traduzione filmica o audiovisiva è un tipo particolare di mediazione intersemiotica che Torop definisce *traduzione deverbalizzante*. Questa tipologia traduttiva può essere concepita come traduzione intraletteraria, per esempio come una traduzione di testi per adulti in testi per l'infanzia. I libri per gli adulti sono raramente illustrati. Ma gli adulti leggono anche giornali e riviste dove le immagini spesso occupano più spazio del testo verbale. Il cinema rientra in questo sistema di immagini e in questo senso si può effettivamente dire che il cinema è la forma più nuova d'illustrazione. Il testo tradotto per l'infanzia di solito viene illustrato e il verbale viene recepito insieme al visivo. Lo stesso avviene per la traduzione filmica di un testo verbale che si è letto. Parola e immagine agiscono di concerto. E spesso l'effetto è lo stesso prodotto in un adulto che legga, per esempio, *Illiade* per bambini illustrata in prosa. Sulla possibilità che il cinema assuma i tratti del linguaggio verbale figurato, precisa Pier Paolo Pasolini:

E allora bisognerà subito fare, ai margini, un'osservazione: mentre la comunicazione strumentale che è alle basi della comunicazione poetica o filosofica è già estremamente elaborata, è insomma un sistema reale e storicamente complesso e maturo – la comunicazione visiva che è alla base del linguaggio cinematografico è, al contrario, estremamente rozza, quasi animale. Tanto la mimica e la realtà bruta quanto i sogni e i meccanismi della memoria, sono fatti quasi pre-umani, o ai limiti dell'umano: comunque pre-grammaticali e addirittura premorfologici (i sogni avvengono al livello dell'incoscio, e così i meccanismi mnemonici; la mimica è segno di estrema elementarità civile ecc). Lo strumento linguistico su cui si impianta il cinema è dunque di tipo irrazionalistico; e questo spiega la profonda qualità onirica del cinema, e anche la sua assoluta e imprescindibile concretezza, diciamo, oggettuale⁷⁷.

⁷⁷ P. Pasolini, *Il «cinema di poesia»*, in «Filmcritica», nn. 156/157, aprile-maggio 1965, pp.

Lo studioso fa però qui riferimento alla possibilità che il cinema possa assumere i caratteri del linguaggio poetico attraverso quella figura che chiamerà "soggettiva libera indiretta pretestuale", che sarebbe l'equivalente cinematografico del verso poetico⁷⁸. Sarà necessaria, dunque, un'ulteriore precisazione. Nella critica linguistico-semiotica più volte vengono impiegati i termini "linguaggio" o "lingua" senza fare particolari distinzioni. Per poter mettere a confronto il medium verbale con quello visivo, bisognerà in primo luogo ammettere l'esistenza di una *langue* audiovisiva del cinema con una propria grammatica. In un articolo del 1964, Christian Metz ricorreva al linguista André Martinet per dimostrare che il cinema non può essere una lingua, poiché sprovvisto del fenomeno della «doppia articolazione»⁷⁹. Metz lo definisce un linguaggio su cui è certamente possibile operare una descrizione semiologica, ma non è comparabile a una grammatica. Nella ricerca del pendant dell'immagine filmica, attinge dunque non alla lingua, ma al discorso, trovandone l'equivalente in una frase o in una proposizione orale. Nel saggio *La lingua scritta della realtà*, seconda parte del suo libro *Empirismo eretico* (1972), Pasolini tenta con notevole acume di ribaltare la prospettiva e di rinnovare quanto aveva espresso anni prima sul cinema di poesia, ricevendo numerose critiche dalla cultura semiologica ufficiale. In primo luogo, si rifiuta di parlare di una «impressione di realtà» data dalla comunicazione cinematografica: è la realtà *tout court*. Il cinema rappresenta la realtà attraverso la realtà – «io resto sempre nell'ambito della realtà» – senza interromperla in funzione di un sistema simbolico o linguistico. E poi aggiunge:

Metz ricorre a Martinet, ben a ragione, per dimostrare che il cinema non può

275-285 (qui da Id. *Empirismo eretico*, Milano, Garzanti, 20003 [1972], p. 169). Pasolini parla di "im-segni": «[...] c'è tutto un mondo, dell'uomo, che si esprime con prevalenza attraverso immagini signicanti (vogliamo inventare, per analogia, il termine im-segni?): si tratta del mondo della memoria e dei sogni» (Ivi, p. 168).

⁷⁸ Con le loro "metafore filmate", nel 1929, Luis Buñuel e Salvador Dalí portano avanti questo dialogo fra poesia e cinema nel film *Un chien andalou*. Si veda l'ultima parte del mio studio *Futurismi in Spagna. Metamorfosi linguistiche dell'avanguardia italiana nel mondo iberico 1909-1928*, Aracne, Roma 2014, pp. 317-334.

⁷⁹ Ch. Metz, *Le cinéma: langue ou langage?*, in «Communications», *Recherches sémiologiques*, n. 4, 1964, pp. 52-90; tr. it. *Cinema: lingua o linguaggio?*, in C. Metz, *Semiologia del cinema*, Garzanti, Milano 1972, pp. 63-140.

essere una lingua. Infatti Martinet dice che non può esserci lingua là dove non si presenti il fenomeno della «doppia articolazione». Ma io ho da fare a questo due obiezioni: prima, e principale, che [...] è necessario allargare e magari rivoluzionare la nostra nozione di lingua, e essere pronti ad accettare magari anche l'esistenza scandalosa di una lingua senza doppia articolazione; seconda, che non è vero, poi, che questa seconda articolazione nel cinema non ci sia. Una forma di seconda articolazione si ha anche nel cinema: e questo è il punto, credo più rilevante della mia relazione. [...] Non è vero che l'unità minima del cinema sia l'immagine, quando per immagine si intenda quel «colpo d'occhio» che è l'inquadratura: o insomma ciò che si vede con gli occhi attraverso l'obiettivo. Tutti – Metz e io compresi, abbiamo sempre creduto in questo. Invece: l'unità minima della lingua cinematografica sono i vari oggetti reali che compongono un'inquadratura. [...] Possiamo chiamare tutti gli oggetti, forme o atti della realtà permanenti dentro l'immagine cinematografica, col nome di «cinèmi», per analogia appunto a «fonemi». [...] A differenza dei fonemi, però, che sono pochi, i cinèmi sono infiniti, o almeno innumerevoli. Ma questa non è una differenza qualitativamente rilevante. Infatti come le parole o monemi sono composte da fonemi, e tale composizione costituisce la doppia articolazione della lingua, così i monemi del cinema – le inquadrature – sono composte da cinèmi⁸⁰.

Nel secondo capitolo de *L'immagine-tempo*, Gilles Deleuze sostiene l'eterodossa argomentazione pasoliniana evidenziandone il valore filosofico: «Pasolini sembra voler andare ancor più lontano dei semiologi [...] Si direbbe che voglia tornare al tema di una lingua universale». Quel che, secondo il filosofo, i critici di Pasolini non hanno capito è lo studio delle condizioni preliminari della sua tesi:

sono le condizioni virtuali, che costituiscono il "cinema", benché il cinema di fatto non esista al di fuori di questo o quel film. L'oggetto non può essere che un referente dell'immagine e essa un'immagine analogica che rinvia a dei codici. Ma nulla impedirà che il film superi se stesso verso il diritto, verso il cinema come "Ur-codice" che, indipendentemente da qualunque sistema relativo al linguaggio, fa degli oggetti reali i fonemi dell'immagine e dell'immagine il monema della realtà. L'insieme delle tesi di Pasolini perde di senso se si dimentica questo studio delle condizioni di diritto. In termini filosofici, Pasolini è post-kantiano (le condizioni di diritto sono le condizioni della realtà stessa), mentre Metz e i suoi allievi restano kantiani (ribaltamento del diritto sul fatto)⁸¹.

⁸⁰ P.P. Pasolini, *La lingua scritta della realtà*, in *Empirismo eretico*, cit., pp. 201-203.

⁸¹ G. Deleuze, *Ricapitolazione delle immagini e dei segni*, in *Cinema 2. L'immagine-tempo*,

Al di là dei «linguaggi esistenti», verbali o no, la natura misconosciuta della semiotica è quella di essere «scienza descrittiva della realtà». Se il cinema è sia lingua che linguaggio allora la sua natura non verbale può essere considerata un'altra verbalità: uno dei modi di essere della «Lingua della Realtà». Che sia o meno accettabile questa ipotesi, qui sommariamente riassunta, di certo favorisce il confronto dialettico tra cinema e letteratura e la messa in luce delle loro reciproche transcodificazioni. Per quanto sia da tempo che i testi verbali vengono tradotti in film, è relativamente poco che il processo della traduzione filmica viene paragonato alla traduzione verbale. Si distinguono, generalmente, tre tipi di traduzione filmica: *adattamento* (film basato su un romanzo o racconto), *contaminazione* (film basato su diversi romanzi o racconti), *narrativizzazione* (film basato su un testo non narrativo), *remake* (film basato su un altro film: anche se non c'è cambiamento di codice, c'è comunque un passaggio intersemiotico attraverso la scrittura di una nuova sceneggiatura; si pensi al caso emblematico di *Psyco* (1998) di Gus Van Sant, remake provocatorio come traduzione fedele-ossessiva del film di Hitchcock che esprime, fra le altre cose, una problematica di natura traduttiva). Wyslouch avvicina la traduzione filmica, in quanto traduzione intersemiotica, all'ontologia della traduzione poiché la serialità è il segno distintivo anche della traduzione audiovisiva: un solo prototesto può generare una quantità infinita di film. Per raffrontare traduzione filmica e traduzione verbale, occorre raffrontare il linguaggio verbale e quello dell'immagine cinematografica. L'esistenza di un linguaggio filmico è questione molto poco elaborata e contraddittoria; in ogni caso, nella traduzione filmica il testo verbale viene scomposto in parti; in altre parole, viene (parzialmente) deverbalizzato. Benché anche la lingua abbia i propri strumenti visivi, di iconizzazione, è comunque difficile raffrontare singole immagini. Nella semiotica del cinema si sottolinea l'insufficienza, nella critica cinematografica, di analisi degli elementi della singola immagine visiva e, quindi, di una definizione seria dello specifico della stessa semiotica del cinema.

Sono trascorsi ormai più di trent'anni dal giorno in cui Greimas introduceva il suo saggio su *Semiotica figurativa e semiotica plastica* (1984) con la frase

Ubulibri, Milano 1989, p. 41, nota 8.

lapidaria che definiva la maggior parte degli studi sulla semiotica del visivo un «catalogo di perplessità e false evidenze»⁸². In realtà sull'argomento sono stati sicuramente prodotti saggi di notevole rilievo e interesse, che escludono quel severo giudizio. Molti di essi, tuttavia, pur arricchendo la tematica con importanti e innovative riflessioni, finiscono con il concludere su una nota di disforica incertezza, o addirittura di rinuncia, sulla possibilità di individuare un modello valido e universale – cioè a dire, *il modello* – attraverso cui si realizza la lettura dei testi iconici (ovviamente il problema è focalizzato sul versante della ricezione). Ad esempio, Fernande Saint-Martin, che si avvale della pur convincente teoria dei «prototipi percettivi», osserva infine: «In assenza di un prototipo canonico, propriamente materiale e percettualmente stabile e immutevole, i prototipi che agiscono in seno al linguaggio visivo sono puramente mentali e soggettivi, esercitando una 'pressione' cognitiva differente per ciascun individuo»⁸³. E puntualizza Román Gubern: «la diversità delle tradizioni e delle culture iconiche si erge come un ostacolo alla formulazione di un concetto universale e unitario dell'immagine iconica»⁸⁴. Mentre Eco, ricorrendo alla nozione di «stimoli surrogati» osserva: «Per quanto congelate su un materiale autonomo (e senza considerare le varie possibilità di truccaggio e messa in scena) le rappresentazioni fotografiche ci provvedono dei *surrogati di stimoli percettivi*»⁸⁵.

Fin dal 1968 Eco ha confutato la definizione di segno iconico data da Morris, secondo la quale esso è tale se ha le stesse proprietà del suo oggetto. In realtà, obiettava Eco, esso stimola una struttura percettiva 'simile' a quella che sarebbe stimolata dall'oggetto. Analogamente nel 1975 egli obiettava, circa l'affermazione di Peirce secondo cui un'icona rappresenta il suo oggetto «per similarità», che ciò che conta è la corrispondenza non fra immagine e oggetto, bensì quella fra immagine e

⁸² A.J. Greimas, *Sémiotique figurative et sémiotique plastique*, in «Actes Sémiotiques. Documents», n. 60, Paris 1984; tr. it. *Semiotica figurativa e semiotica plastica*, in *Leggere l'opera d'arte II*, a cura di L. Corrain e M. Valenti, Esculapio, Bologna 1999, p. 33.

⁸³ F. Saint-Martin, *Prototypes perceptuels et pression gestaltienne*, in «Versus», n. 65-66, 1993, p. 25.

⁸⁴ R. Gubern, *Percezione visiva e significazione*, in «Versus», n. 65-66, 1993, p. 46.

⁸⁵ U. Eco, *Kant e l'ornitorinco*, Bompiani, Milano 1997, p. 330.

«tratti del contenuto», quali «elementi pertinenti fissati da un codice di riconoscimento»⁸⁶. Non rilevando quindi nelle caratteristiche della rappresentazione iconica quelle proprie alla nozione di «segno», Eco proponeva allora di abolire la denominazione «segni iconici» per sostituirla con quella di «testi iconici». Di conseguenza, negando nel testo iconico i caratteri specifici del «segno» per eccellenza, quello linguistico, Eco ha sempre posto in forte dubbio che i fatti visivi, pur essendo fenomeni di comunicazione, abbiano dei nessi con quelli linguistici. Già nel capitolo sui «Codici visivi» in *La struttura assente* (1968) spiegava:

la semiologia si avvale dei risultati della linguistica che, tra le sue branche, è quella che si è sviluppata in modo più rigoroso. Ma la prima avvertenza da tener presente, in una ricerca semiologica, è che non tutti i fenomeni comunicativi sono spiegabili con le categorie della linguistica. Quindi il tentativo di interpretare semiologicamente le comunicazioni visive presenta questo interesse: che permette alla semiologia di provare le sue possibilità di indipendenza dalla linguistica⁸⁷.

Roland Barthes, in una certa fase dei suoi studi, ha sostenuto invece che una fotografia, pur essendo un messaggio senza codice, «viene verbalizzata nel momento stesso in cui è percepita, o meglio, non viene percepita se non verbalizzata», quindi riconoscendo nella lettura di tale tipo di testo iconico una parentela con quella del segno linguistico. Hélène Lassalle per contro riscontra nella fotografia una «perdita di categorie», in rapporto all'oggetto fotografato, in quanto non c'è analogia fra esso e la sua immagine per quanto attiene la dimensione, la testura di superficie o la circoscrivibilità del frammento.

A di là, comunque, delle possibili o impossibili, connessioni fra verbalità e iconismo, si profila fin dalle prime riflessioni di Eco sulla 'lettura' del testo iconico, una nozione che sarà alla base di quasi tutte le successive trattazioni. Quella, cioè, di «codici di riconoscimento», variamente articolata in «codici percettivi» e in seguito definita da Greimas «griglia di lettura», da Fernande Saint-Martin «prototipi mentali» e da Eco «tipi cognitivi»; essa viene identificata con la facoltà, insita in ogni decifratore di testi visivi, di ricorrere a riferimenti attinti dall'esperienza e dalla memoria.

⁸⁶ Id., *Trattato di semiotica generale*, Bompiani, Milano 1975, p. 272.

⁸⁷ Id., *La struttura assente*, Bompiani, Milano 1968, p. 107.

In particolare la nozione di «griglia di lettura» si connette con le operazioni di decodifica nell'area del linguistico. Greimas si rende presto conto che i problemi posti dall'analisi dei testi visivi sono comparabili a quelli dei testi verbali. Egli procede poi con la proficua distinzione tra livello «figurativo» e livello plastico: il primo delegato alla rappresentazione di oggetti riconoscibili; il secondo inerente le forme topologiche, eidetiche e cromatiche, incentrato quindi su categorie prettamente di relazione.

Ai fini del progetto, si è inoltre tentato di sintetizzare il concetto semiotico di *Enciclopedia* di Eco, «insieme registrato di tutte le interpretazioni» o «distillato di testi», con quello di semiotica della cultura di Lotman. L'idea di Eco è quella di una «biblioteca delle biblioteche», una sorta di *summa* di tutto ciò che il soggetto umano, in un dato periodo storico e in una data cultura, sa e condivide con i suoi simili. Questo immenso bagaglio culturale gli serve da ipotesi regolativa per interpretare i segni del mondo. Lotman preferisce equiparare l'insieme generale di una cultura alla biosfera, o sistema interagente di tutti gli organismi viventi, e usa per esso il termine *semiosfera* (1985). Nella sua concezione, infatti, non c'è più un deposito di nozioni e credenze, ma un grande insieme di sottoinsiemi culturali (concepiti come testi) che convivono separati, oppure si compenetrano, o entrano in relazione reciproca modificandosi, a volte addirittura «esplosando» nell'impatto reciproco e quindi riorganizzandosi come se fossero organismi viventi.

Il confronto fra le due scuole semiotiche ha portato al confronto con problemi di natura più elementare (o universale) e a far riferimento a un altro tipo di semiotica, quella della narratività, chiamata più semplicemente narratologia o teoria della narrativa. La traduzione intersemiotica di un testo comporta un'interpretazione di segni verbali per mezzo di un sistema di segni non verbali. Ad esempio, quello che nel cinema il movimento della camera ci dice, spesso non può essere tradotto in parole altrettanto icastiche. Allo stesso tempo, la pagina di un grande romanzo come *Don Quijote de la Mancha* a volte non può essere tradotta in immagini ugualmente forti o soddisfacenti per uno spettatore modello. La diversità di materia è problema fondamentale per ogni teoria dei segni. Un dato sistema semiotico può dire sia meno sia più di un altro sistema semiotico, ma non si può affermare che entrambi siano in grado di

esprimere le stesse cose⁸⁸. Si può altrimenti affermare che la trasmutazione di materia aggiunge significati o rende rilevanti connotazioni che non erano originariamente tali.

Le fondamenta della nostra ricerca sono costituite dal concetto che nella semiosfera (definita da Lotman come "sistema dei segni culturali, universo della significazione, della produzione e ricezione di significati, mondo dell'intertestualità, rete delle relazioni testuali, verbali e non verbali") le narrative siano strutture semiotiche e comunicazioni indipendenti da qualsiasi *medium*. Se un messaggio narrativo racconta una storia, la struttura di questa è indipendente dalle tecniche impiegate. Leggendo le parole di un libro, vedendo le immagini di un film o decifrando i gesti di un balletto si segue una storia, e può essere la stessa storia. Ciò vuol dire che ogni narrativa è trasponibile o trasmutabile.

La narrativa è dunque una struttura? Jean Piaget⁸⁹ ha mostrato come discipline differenti abbiano utilizzato il concetto di struttura, richiamandosi in tutte le circostanze a tre nozioni chiave: la totalità, la trasformazione e l'autoregolazione. In primo luogo, una narrativa è una totalità perché è costituita da elementi – *eventi ed esistenti* – che sono di natura differente da ciò che nel loro insieme costituiscono. Eventi ed esistenti sono composti in sequenze e gli stessi eventi tendono a essere collegati e interdipendenti. L'autoregolazione vuol dire che la struttura è chiusa e completa: le trasformazioni inerenti a una struttura generano solo elementi che appartengono sempre alla struttura stessa e che conservano le sue leggi. Infine, il processo attraverso il quale viene espresso un evento narrativo è la sua trasformazione e, in qualunque modo essa avvenga, soltanto certe possibilità possono verificarsi.

In quest'ottica, la narrativa è da considerarsi a buon diritto una *struttura semiotica* perché comunica di per se stessa un significato al di là e al di sopra dei contenuti parafrasabili della sua storia. Sia che si presenti in forma verbale, pittorica o audiovisiva, scopo di ogni narrativa, come insegna Seymour Chatman (*Storia e discorso*, 1978), è portare alla luce un

⁸⁸ Si pensi al concetto di "tempo narrativo" teorizzato da Gérard Genette in *Figure III. Discorso del racconto* (1972) e in particolare alla diversa rappresentazione dei movimenti della *durata* e della *frequenza* (racconto ripetitivo o iterativo) nel cinema e nella letteratura.

⁸⁹ J. Piaget, *Lo strutturalismo*, Il Saggiatore, Milano 1985 [1968], pp. 46 ss.

racconto che può essere tradotto da un *medium* all'altro. Il termine *racconto* raccoglie in sé almeno due significati diversi: quello di *storia* (forma e sostanza del contenuto) e quello di *discorso* (forma e sostanza dell'espressione). Per storia possiamo intendere "il contenuto o concatenarsi di eventi (azioni, avvenimenti), più quelli che possono essere chiamati gli esistenti (personaggi, elementi dell'ambiente) e per discorso "l'espressione, i mezzi per il cui tramite viene comunicato il contenuto". In sostanza la storia è il *che cosa* viene narrato, il discorso è il *come*. Narrare significa inevitabilmente scegliere *come* far accadere quel *che cosa* che si vuole raccontare; questa scelta determina la qualità della storia raccontata e il coinvolgimento del lettore-spettatore.

A monte della nozione di racconto troviamo quella di *narratività*. Se il racconto è un dato concreto e fattuale – ad esempio *La Galatea* di Miguel de Cervantes è un racconto letterario e *La Galatea* del 1910 di Georges Méliès (opera purtroppo perduta) è un racconto cinematografico – la *narratività* va intesa come un insieme di codici, procedure e operazioni, indipendenti dal medium nel quale esse si possono realizzare, ma la cui presenza di un testo ci permette di riconoscere questo ultimo come racconto. La *narratività* ha così una natura virtuale e non può esistere concretamente che nel momento in cui è diventata un racconto. Il rapporto tra *narratività* e racconto è in sostanza simile a quello tra grammatica e lingua. Il problema che allora ci si è posti nell'ambito della *narratologia*, la disciplina che studia la *narratività*, è stato quello di individuare quell'operazione minimale di *narratività* che, fatta propria da un testo, mi permetta di riconoscerlo come un racconto.

Di norma, ogni processo traduttivo di carattere audiovisivo passa attraverso un linguaggio d'intermediazione, ovvero il romanzo o racconto, prima di trasformarsi in immagini filmiche, subisce una prima trasmutazione segnica: questa terra di mezzo è la sceneggiatura, testo ibrido, "fluttuante e instabile" per antonomasia definito provocatoriamente da Pasolini in un famoso saggio del 1965 come "struttura che vuole essere altra struttura". Un soggetto originale (articolato e ampliato) oppure un soggetto tratto da un'opera letteraria (sottoposta a un lavoro di contenimento, a una serie di tagli: un processo di selezione, un insieme di variazioni che daranno vita a una rilettura personale dell'opera di partenza)

subisce un continuo processo trasmutativo: il trattamento, la scaletta, fino ad arrivare al *découpage* tecnico.

Fra le varie tipologie di adattamento da romanzo a film Alain Garcia (*L'adaptation du roman au film*, 1990) e, in seguito, José Luis Sánchez Noriega (*De la literatura al cine*, 2000) distinguono tre approcci scientifici caratterizzati dalle dialettiche della fedeltà/creatività, da quella stilistica che può nobilitare o standardizzare, nonché impoverire, il testo di partenza e, infine, quella estensiva/riduttiva. Per quanto riguarda la prima, il grado zero della trasposizione filmica lo costituisce l'*adattamento fedele-passivo* o *illustrazione* concentrato sulla resa della storia e non del discorso (di scarso interesse e legato per lo più a operazioni televisive, anche se a volte per la televisione sono stati prodotti degli adattamenti d'autore come il *Quijote de Miguel de Cervantes* di Manuel Gutiérrez Aragón del 1991 con dialoghi adattati da Camilo José Cela). Esistono poi i casi intermedi dell'*adattamento come trasposizione* (che pone maggiore attenzione sulla questione estetica, sulla creazione di un'opera "doppia", analogica, riflesso del prototesto) e dell'*adattamento come interpretazione*, quando il film si allontana dalla fabula del racconto letterario ma, allo stesso tempo, vuole mantenere lo spirito filosofico dell'originale. In questo caso il regista diventa un nuovo autore modello con la sua personale poetica, o meglio, si mette sullo stesso piano creativo dell'autore dell'originale. Tale procedimento si suddivide a sua volta in: *adattamento interpretativo come digressione* (il caso dell'opera liberamente ispirata: consiste nel prendere il romanzo, mantenerne alcuni elementi e quindi lasciare che il film segua la sua strada liberamente, si pensi ad *Apocalypse Now*, 1979, di Francis Ford Coppola ispirato a *Cuore di tenebra* di Joseph Conrad); *adattamento libero come commento*, riscrittura o rilettura intellettuale che corrisponde al caso di un'opera "tratta da" un testo fonte. Il film e il libro sono adesso in una relazione più stretta. Si celebra la possibilità di trasporre cinematograficamente un testo cogliendone la sua essenza, il suo senso profondo, attraverso dei precisi momenti chiave. Si vuole inquadrare il romanzo in un numero limitato di scene evocative tentando di conservare la forza dell'originale ma senza ricorrere all'illustrazione. Lo sceneggiatore-regista tenta di incarnare il narratore del testo letterario mantenendone la potenza narrativa ma ricorrendo alla sua sensibilità e gusto personale – è

di fatto un nuovo autore-narratore; questa è senza dubbio la tipologia di adattamento che più si avvicina alla traduzione interlinguistica. Lo sceneggiatore-regista cerca nel romanzo quella che Jakobson definiva *dominante* di un testo e la mette in scena con una forma e un corpo inedito; è il caso di un film dai tratti *esperpentici* come *Don Kikhot* (1957) di Grigori Kozintsev o *El caballero Don Quijote* (2002) di Aragón, *Il Gattopardo* (1963) di Luchino Visconti, *Tristana* (1970) di Luis Buñuel, *Il signore degli anelli* (2002) o *Lo Hobbit* (2012) di Peter Jackson, *Pedro Páramo* (1967) di Carlos Velo.

Esiste anche l'*adattamento utopico o ideale* che si propone l'obiettivo della fedeltà assoluta, possibile solo nel caso di un romanzo che nasca in contemporanea al film, come il progetto *Teorema* di Pasolini (1968); si potrebbe comunque obiettare che questa operazione non rientra nell'ambito dei rapporti tra cinema e letteratura, perché esistono sempre delle differenze tra romanzo e film. L'asse dicotomico della trasposizione illustrativa è costituito invece dall'*adattamento infedele, creativo o libero*. Si pensi al titanico e incompiuto *Don Quijote de Orson Welles* (1992, montaggio di Jesús Franco) oppure a *Honor de cavalleria* (2006) dove l'autore, Albert Serra, decide di ricorrere il più delle volte al silenzio estatico, ai tempi morti della non azione e di far parlare (pochissime volte) Don Quijote e Sancho Panza in catalano, nella sua variante parlata a Banyoles (Gerona). Tuttavia, le linee di demarcazione fra adattamento interpretativo e adattamento libero sono, a mio avviso, molto labili.

SMART FOOD

22 Metrologia dell'olio extra vergine di oliva

Maurizio Caciotta⁹⁰, Barbara Orioni

22.1 *Abstract*

Il progetto consiste nello sviluppo della metrologia organolettica degli oli di oliva, basata sulle risultanze di Panel Test, ossia questionari avanzati, trattati con reti neurali non supervisionate (Mappa di Kohonen). Il sistema rappresenta un riferimento metrologico che ha la necessità di essere "disseminato". Questo può avvenire attraverso la analisi gascromatografica con rivelatore a spettrometro di massa, i cui picchi dei campioni di olio, gli stessi classificati dal Panel Test, vengono correlati ai giudizi degli assaggiatori. L'utilizzazione di una rete neurale supervisionata poi (Back Propagation), permette di raggiungere lo scopo della disseminazione, ma dall'analisi dei pesi di quest'ultima si ha evidenza che, attraverso la struttura delle correlazioni, si possa agire sulle ridondanze del questionario originale sottoposto al Panel Test, ottenendo così una riduzione ottimale dei vettori organolettici.

22.2 *L'olio extra vergine di oliva, la qualità e la misura*

L'olio extra vergine di oliva (Fig. 1) è un componente essenziale della dieta mediterranea e negli ultimi anni si sta diffondendo anche in diverse parti del mondo grazie alle sue caratteristiche nutrizionali e organolettiche.

Molti ricercatori, soprattutto europei, da tempo sono impegnati nello studio per identificare e misurare le suddette peculiarità cercando di renderne il più possibile oggettiva la qualità del prodotto.

Tuttavia, il concetto di qualità non è facilmente ed univocamente

⁹⁰ Università degli Studi Roma Tre – Dipartimento di Scienze.

definibile in quanto dipendente da vari parametri, tra cui le caratteristiche organolettiche che altro non sono che la percezione sensoriale. Ciò rende difficile l'applicabilità del concetto di qualità ad un prodotto alimentare. Per questo motivo, la Commissione Europea ha affidato la valutazione delle proprietà sensoriali dell'olio d'oliva ad un gruppo di esperti assaggiatori che rispondendo ad un test sulle proprietà organolettiche dell'olio, ne definiscono le caratteristiche. Questa procedura prende il nome di Panel Test (Regolamento n° 2568/91). Esso è riconosciuto dalla Commissione Europea come strumento per "misurare" la qualità dell'olio, primo prodotto alimentare per il quale è stata approvata tale procedura.



Fig. 1

Il Panel Test è un'analisi eseguita da 8-12 assaggiatori esperti e certificati dalla UE che devono valutare l'olio attraverso un punteggio rispetto a diversi aromi e attributi negativi dell'olio (es. fruttato, erba verde, carciofo e i difetti rancido, avvinato, muffa, ecc...).

La percezione del gusto è complessa e non del tutto compresa nei suoi complessi meccanismi biologici. Non esiste strumentazione in grado di darne una valutazione convincente, come si cerca di fare con lingua e naso elettronico. Il solo in grado di "misurare" realmente la qualità sensoriale del cibo, è l'essere umano che ne è, quindi, strumento di misura.

La pianificazione di un Panel, però, non è alla portata di tutti e i piccoli produttori di olio d'oliva, che sono, in Italia, tra 700.000 e 1.300.000, non sempre possono accedervi tutti. Per questo motivo, sembra importante definire un "sistema metrologico" che permetta la valutazione delle proprietà organolettiche del prodotto senza ricorrere ogni volta al Panel Test.

22.3 Obiettivo

La pianificazione di un Panel, però, non è alla portata di tutti e i piccoli produttori di olio d'oliva, che sono, in Italia, tra 700.000 e 1.300.000, non sempre possono accedervi tutti. Per questo motivo, sembra importante definire un "sistema metrologico" che permetta la valutazione delle proprietà organolettiche del prodotto senza ricorrere ogni volta al Panel Test.

L'obiettivo del progetto è quello di realizzare un sistema per la "disseminazione metrologica", ossia la propagazione del metodo di misura per la classificazione organolettica dell'olio extra vergine di oliva, utilizzando come riferimento il Panel Test e combinandolo con una misurazione strumentale, quale la gas cromatografia associata alla spettrometria di massa.

22.4 Metodo

La gas cromatografia è in grado di separare e identificare le sostanze volatili che compongono l'olio d'oliva e che sono responsabili della percezione del gusto. Il campionamento dello in spazio di testa offre la possibilità di rivelare i composti volatili, ossia una piccola percentuale di componenti dell'olio responsabili delle sensazioni olfattive e gustative.

Il vantaggio di tale procedura è la possibilità di programmare la temperatura di riscaldamento, prelevare una quantità costante di fase vapore e controllare la pressione di iniezione in colonna. L'utilizzo di uno spettrometro di massa, che frammenta le molecole in ioni più leggeri e ne determina il rapporto m/z , ha un'elevata sensibilità e grazie alla libreria di composti è in grado di fornire un'accurata analisi qualitativa. Il risultato di tale esperimento è un gas cromatogramma, ossia un grafico che riporta l'intensità del segnale, proporzionale alla quantità di sostanza, in funzione del tempo di ritenzione, ossia il tempo impiegato da ciascun composto per raggiungere il rivelatore. Ogni molecola ha un tempo caratteristico che permette di riconoscere, in ogni campione, quali aromi sono presenti. Sono stati registrati più gas cromatogrammi per ciascuno degli oli a disposizione, italiani e stranieri. Dalle analisi chimiche è possibile individuare, con una buona probabilità, la composizione di ogni olio e l'associazione tra molecole e aroma corrispondente.

La serie dei punteggi può essere esaminata da un sistema che simula le capacità di sintesi umane per la classificazione sintetica delle molteplici percezioni analizzate dal Panel Test. Tale struttura è la rete neurale di Kohonen ed è in grado di classificare variabili diverse tra loro e correlate anche in modo non lineare; per questo motivo risulta essere lo strumento più efficace per analizzare i risultati ottenuti dalla percezione sensoriale umana.

22.5 I dati a disposizione

La parte iniziale del lavoro è stata dedicata a raccogliere il maggior numero di dati relativi alla valutazione della qualità degli oli. L'azienda di settore (E.V.O. srl) che collabora con la ricerca conserva in archivio più di 10 anni di schede compilate da assaggiatori esperti riuniti in Panel Test.

Dal momento che le schede di valutazione erano disponibili in formato cartaceo, queste ultime sono state scansionate e classificate per provincia, azienda produttrice dell'olio e anno di produzione. È stato costruito, poi, un database contenente circa 9000 Panel da cui è stato possibile ricavare tutte le informazioni per l'organizzazione della rete di Kohonen.

22.6 Risultati

La mappa risultante (Fig. 2) rappresenta la classificazione degli oli posizionati a seconda del loro profilo organolettico: in particolare, essa si divide in due zone principali, quella del fruttato verde e quella del fruttato maturo a seconda delle caratteristiche dell'olio. Gli aromi predominanti sono collocati in un'unica zona mentre quelli peculiari sono distribuiti omogeneamente in tutta la mappa. Si è notato, inoltre, che gli attributi negativi sono concentrati nelle vicinanze della regione del fruttato maturo, in quanto questa caratteristica è generalmente associata ad una scarsa qualità dell'olio.

Le analisi chimiche vengono associate ai risultati delle schede degli esperti al fine di ottenere l'addestramento di un algoritmo in grado di "simulare" l'operazione di assaggio trovando correlazioni all'interno dei parametri di ingresso (in questo caso i punteggi provenienti dal Panel Test e corrispondenti ad ogni aroma) per formare gruppi di dati, visualizzando la classificazione degli oli nella mappa bidimensionale di Kohonen.

Questo tipo di classificazione ha il vantaggio di una maggiore "leggibilità" dei risultati del Panel Test da parte dei consumatori che potranno avvicinarsi ad una lettura più diretta dei risultati originali.

Il sistema prevede di fornire un accesso "fittizio" al Panel, attraverso un ingresso alla mappatura di Kohonen costituito da una ulteriore rete neurale supervisionata di tipo "Back Propagation", a sua volta "istruita" in

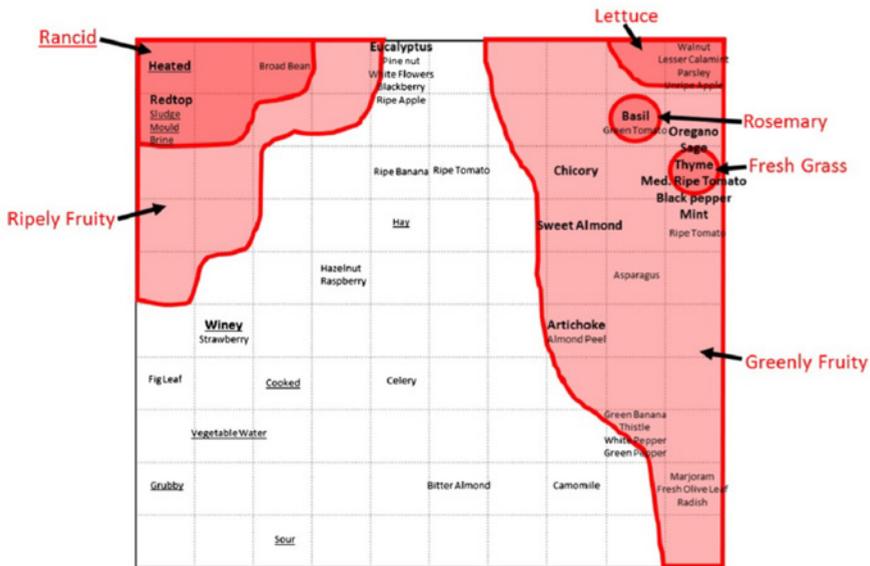


Fig. 2

ingresso con i risultati delle misure in gas cromatografia degli oli campione, come mostrato in Figura 3. Durante la fase di addestramento, la rete supervisionata Back Propagation mette in relazione la capacità analitica del Panel con i parametri desunti dalla gascromatografia. Attraverso questo metodo è possibile classificare gli oli extra vergine di oliva ed ottenere un punto di partenza fondamentale nella definizione di un "sistema metrologico" per la misura della qualità.

22.7 Conclusioni

Questo lavoro offre spunti importanti per comprendere come ogni aroma contribuisce a definire il profilo organolettico. Inoltre, è un importante punto di partenza per diversi sviluppi futuri quali la determinazione di leggi di correlazione tra attributi positivi, utile al fine di ridurre il numero di domande sulla scheda del Panel o semplificare il processo di valutazione raggruppando opportunamente gli aromi.

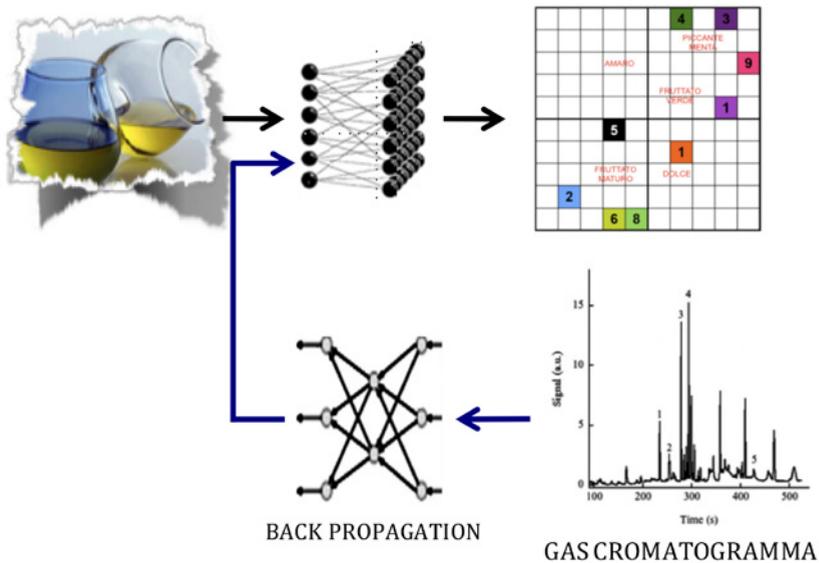


Fig. 3

BIBLIOGRAFIA

- [1] *The Panel Test as the Metrology of Extra Virgin Olive Oil Quality Evaluation and Its Dissemination.* M. Caciotta, S. Giarnetti, F. Leccese, B. Orioni, M. Oreggia and S. Rametta. *J. Food Sci. Eng.* 2014, 4(6): 203-211.
- [2] *Orthonormal Gas-Chromatography Sets of Extra Virgin Olive Oil.* M. Caciotta, F. Leccese, S. Giarnetti, B. Orioni, and S. Rametta. *J. Nutr. Food Sci.* 2014, 4: 1-5.
- [3] *Flos Olei, una guida all'olio extra vergine d'oliva nel mondo.* M. Oreggia, 2015.
- [4] *Il solo in grado di "misurare" realmente la qualità sensoriale dell'olio extra vergine d'oliva è l'essere umano, copiamolo.* M. Caciotta, S. Giarnetti, F. Leccese, B. Orioni, M. Oreggia, C. Pucci e S. Rametta. *Teatro Naturale*, novembre 2015.
- [5] *Flavors mapping by Kohonen network classification of panel tests of extra virgin olive oil.* M. Caciotta, S. Giarnetti, F. Leccese, B. Orioni, M. Oreggia, C. Pucci and S. Rametta. *Measurements* 2016, 78: 366-372.

23 Studio degli effetti di alimenti arricchiti col flavanone naringenina sulla prevenzione di patologie degenerative

Manuela Cipolletti, Marco Fiocchetti, Marino Maria⁹¹
Maria Teresa Nuzzo

23.1 *Abstract*

Viviamo in un'epoca in cui il netto aumento dell'età media della popolazione e l'indiscusso miglioramento della qualità della vita hanno profondamente cambiato il concetto di salute e benessere: la possibilità concreta di raggiungere con un discreto stato di salute un'età più avanzata ha determinato la necessità sempre più impellente di coniare un nuovo termine per quella che potremmo definire "seconda terza età". Secondo analisi statistiche infatti la popolazione appartenente alla terza età duplicherà tra il 2025 e il 2050 globalmente fino a raggiungere la vetta di circa 1,6 miliardi.

Questo bilancio è accompagnato da un mutamento nell'incidenza e nel peso con cui le diverse patologie colpiscono la nostra società, caratteristiche che presumibilmente tenderanno a confermarsi e ulteriormente fissarsi in un prossimo futuro. Tra le principali cause di morte nel mondo industrializzato menzioniamo le malattie cardiovascolari, il cancro e le malattie neurodegenerative, una realtà sempre più ingombrante in una popolazione che, come suddetto, tende all'invecchiamento.

Ad oggi esistono metodi più o meno efficaci per contrastare l'ipercolesterolemia (condizione alla base delle patologie cardiovascolari) e il cancro e per lo più trattamenti meramente sintomatici nel caso di patologie da demenza senile per neurodegenerazione. In particolare il farmaco

⁹¹ Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre. Viale Guglielmo Marconi 446 - 00146 (Roma).

di elezione in caso di ipercolesterolemia è rappresentato dalle statine, farmaci che inibiscono la sintesi del colesterolo e la sua ri-captazione, ma che mostrano dei seri effetti collaterali a livello muscolare ed epatico; per quanto riguarda il cancro la terapia chemioterapica, al di là del meccanismo d'azione del farmaco utilizzato, presenta importanti effetti collaterali che si traducono in un declino a volte insostenibile della qualità della vita; diverso è il discorso riguardante le malattie neurodegenerative, per la maggioranza delle quali non esiste una cura ma solo metodi per contrastarne sintomi e complicazioni.

Obiettivo del progetto cui ho preso parte è stato quello di identificare e definire meccanismi di protezione e prevenzione dell'insorgenza di suddette patologie di una sostanza naturale, che potrebbe quindi essere utilizzata come additivo a prodotti agricoli per generare alimenti funzionali. Questo impatto aumenterebbe la valorizzazione dei prodotti e, nello stesso tempo, lo stato di salute dei consumatori. L'idea nasce, oltre che dalla necessità di colmare le lacune a livello terapeutico sopra descritte, dalla consapevolezza che uno dei più profondi cambiamenti della società odierna è la sensibilità che si è sviluppata nell'aspirare a condurre una vita sana in termini anche e soprattutto di alimentazione; inoltre la base scientifica che ha generato questo progetto è basata sui ben noti effetti protettivi del più attivo tra gli ormoni sessuali: il 17 β -estradiolo (estrogeno), i cui meccanismi d'azione nei contesti di interesse progettuale sono stati ampiamente studiati in anni di ricerca nel nostro laboratorio [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

La sostanza naturale esaminata è stata la naringenina, un flavanone presente in natura principalmente in pompelmo, arance e pomodori, dal momento che questa è in grado di agire da parziale agonista/antagonista dell'estrogeno e avrebbe quindi potuto rispondere perfettamente alle nostre esigenze in quanto ne preserverebbe e/o contrasterebbe gli effetti a seconda del contesto cellulare. Senza dubbio quello delle proprietà benefiche di sostanze naturali e facenti parte della nostra regolare alimentazione è un argomento che noi tutti conosciamo già da tempo, ma ciò che la scienza non è ancora riuscita a definire sono: lo spettro di attività di questi composti, i processi cellulari che ne sottendono gli effetti finali, le corrette modalità di assunzione che ne garantiscano l'adeguato assorbimento a livello sistemico, la concentrazione efficiente.

Ci siamo impegnati quindi a valutare l'impatto della naringenina in tre delle più frequenti cause di morte in Italia e nel mondo cercando di rispondere ai seguenti quesiti: i) la naringenina è in grado di mimare l'effetto estrogenico pro-sopravvivenza nel sistema nervoso? ii) può sostituire le statine nel controllo dell'omeostasi del colesterolo evitandone gli effetti collaterali?; iii) ha effetti anti-cancerogenici? Esperimenti condotti in varie linee cellulari e in sistemi animali e di seguito brevemente descritti hanno consentito di far luce su ciascuno di questi aspetti.

23.2 Sezione

L'alimentazione svolge un ruolo cruciale nel supportare la fisiologia degli organismi viventi, promuovendone i sistemi endogeni di difesa e fornendo composti in grado di apportare considerevoli benefici. Tra questi i flavanoni, sostanze contenute in frutta e verdure, che godono di una serie di proprietà biologiche che si traducono nell'attenuazione di numerosi processi responsabili di malattie molto comuni quali disturbi cardiovascolari, diabete, cancro e fenomeni infiammatori e di danneggiamento tissutale correlati all'invecchiamento. Molte sono le funzioni attribuite ai flavanoni che ne spiegano i benefici effetti finali: proprietà anti-ossidanti utili a smaltire le specie reattive dell'ossigeno e contrastare quindi i fenomeni di stress ossidativo, capacità di abbassare i livelli di colesterolo, attività estrogeno-mimetiche, regolazione dell'omeostasi dell'ossido nitrico [9].

In questo lavoro ci siamo interessati in particolare alla naringenina, uno dei principali flavanoni contenuta in particolare in pompelmo, arance, pomodori, bergamotto; ciascuna delle attività benefiche sopra riportate sono state riscontrate in studi condotti somministrando naringenina.

Una delle peculiarità di questa sostanza è la sua capacità di agire da parziale agonista/antagonista dell'estrogeno, un ormone ad attività pleiotropica coinvolto in eventi molecolari correlati alle patologie oggetto di interesse. E' questo l'aspetto sul quale si è incentrato lo studio qui riportato, con la finalità di stabilire i meccanismi molecolari che sottendono l'attività della naringenina, accomunandola o differenziandola da quella estrogenica a seconda del preciso sottotipo recettoriale richiesto per

ciascuna azione. È utile infatti precisare che l'estrogeno svolge un'attività molto complessa ed estesa all'intero organismo, nonché volta a regolare il bilancio tra morte e sopravvivenza cellulare alla base di ciascuna delle patologie sopra elencate. In particolare l'attività dell'estrogeno è finemente regolata dai due diversi recettori cui esso si lega: ER α e ER β , rispettivamente responsabili dell'effetto pro-sopravvivenza o pro-morte cellulare dettate dall'ormone stesso. La diversa espressione di questi due recettori nei diversi distretti corporei, nonché la capacità della naringenina di promuovere gli eventi innescati dall'attivazione dell'isoforma recettoriale β e contemporaneamente impedire quelli mediati dal recettore ER α hanno rappresentato lo sfondo dal quale si è mosso il lavoro di ricerca, volto a testare e caratterizzare l'attività della naringenina in questi diversi contesti: nella neuroprotezione e neurodegenerazione, nel controllo della colesterolemia, nella progressione cancerosa.

i) Sono numerosi gli studi che rivelano la capacità della naringenina di alleviare i disturbi cognitivi, contrastare deficit della memoria e dell'apprendimento [9, 10], proteggere i neuroni dalla morte interferendo con il processo di morte cellulare programmata (apoptosi) [11] e/o attenuando i fenomeni di neurotossicità [10]; aspetto molto interessante, anche in modelli di Alzheimer e Parkinson, le più frequenti tra le patologie neurodegenerative, è stata rilevata l'azione protettiva della naringenina [10, 12, 13, 14], così come nel contrastare la neurodegenerazione da danno ipossico ([15]).

Il progetto di ricerca in analisi ha valutato l'attività della naringenina in un sistema cellulare di derivazione nervosa: cellule di neuroblastoma umano (i.e., SK-N-BE), dove è stato valutato l'impatto di tale sostanza sui meccanismi estrogeno-simili di attività anti-apoptotica. Nello specifico gli esperimenti si sono incentrati sull'influenza che la naringenina potrebbe esercitare su livelli e localizzazione della neuroglobina, una proteina neuroprotettiva di recente scoperta rivelatasi essenziale per la realizzazione della neuroprotezione indotta dall'estrogeno. Questi hanno rivelato che la naringenina, al pari dell'estrogeno, è in grado di indurre l'espressione della neuroglobina e determinare la traslocazione al mitocondrio, i due eventi alla base dello scenario di sopravvivenza cellulare garantito dall'estrogeno in seguito a fenomeni di stress ossidativo, tipici di meccanismi di neurodegenerazione.

Esperimenti condotti in un modello cellulare murino di Huntington,

un esempio di patologia neurodegenerativa causato dalla mutazione della proteina Huntingtina (Htt), hanno fornito dei risultati estremamente incoraggianti, in quanto la naringenina si è mostrata in grado di contrastare la morte cellulare programmata nei neuroni sani, così come in quelli che esprimono la forma mutata dell'Htt (i.e., STHdh^{Q7} e STHdh^{Q111} rispettivamente) lasciando quindi ben sperare in questa sostanza come un possibile farmaco attivo anche in condizioni neurodegenerative. Sono stati inoltre avviati protocolli di somministrazione della naringenina in animali modello di patologie neurodegenerative per validare, *in vivo*, gli effetti già dimostrati *in vitro*. Questi esperimenti sono stati condotti in collaborazione col Laboratorio di neuroscienze della Fondazione Santa Lucia di Roma e hanno rivelato, seppure ancora in misura preliminare, un sensibile miglioramento nelle performance motorie negli animali malati trattati con naringenina dallo svezzamento e un miglioramento nel profilo dei marcatori legati alla neurodegenerazione da Huntington da analisi dello striato post-mortem (Articolo in stesura).

ii) L'effetto protettivo a livello cardiovascolare della naringenina è supportato da un numero cospicuo di lavori e studi epidemiologici, che sottolineano il potenziale nutraceutico di questa sostanza, il cui consumo è infatti correlato ad una sensibile diminuzione nel rischio di malattie cardiovascolari [9, 16]; tra i meccanismi imputati come i responsabili di questa protezione c'è quello di agire in maniera molto simile a quella delle statine, farmaco ad oggi in uso contro l'ipercolesterolemia.

E' proprio questo l'aspetto che abbiamo esaminato: in cellule di epatocarcinoma HepG2 è stata valutata l'attività anti-ipercolesterolemica della naringenina in termini di inibizione della sintesi e promozione della ri-captazione del colesterolo; in particolare abbiamo quindi analizzato la capacità di influire sullo stato di attivazione dell'enzima limitante la sintesi del colesterolo HMG-CoA reduttasi, e sul livello di recettori LDL, la cui attività consente invece di recuperare il colesterolo dal circolo ematico evitandone un eccessivo accumulo. I risultati ci hanno mostrato che la naringenina è capace di modulare entrambi i meccanismi traducendoli in una puntuale regolazione dell'omeostasi del colesterolo; queste azioni sono realizzate, ancora una volta, con un meccanismo estrogeno-mimetico, grazie al coinvolgimento del recettore estrogenico ER α (Articolo in stesura).

iii) Sebbene ci sia una recentissima indicazione di un effetto collaterale pro-cancerogenico da parte della naringenina [17], anche nel caso del cancro evidenze più che convincenti mostrano un'inversa correlazione tra assunzione di naringenina e rischio di insorgenza della patologia [9, 18, 19, 20, 21, 22, 23], secondo meccanismi ascrivibili tanto alle proprietà anti-ossidanti e anti-infiammatorie della sostanza, quanto ai meccanismi molecolari che essa è in grado di innescare.

Studi condotti nel nostro laboratorio mostrano come la naringenina, in maniera contraria rispetto a ciò che comporta nel sistema nervoso, promuove la morte cellulare programmata in varie linee cellulari di cancro (i.e., cellule di epatocarcinoma HepG2 e di cancro al colon DLD-1) evitandone quindi l'incontrollata e letale progressione [24]: essa attiva una proteina universalmente riconosciuta come marcatore della morte cellulare apoptotica, la caspasi 3, incoraggiandone quindi la realizzazione. Inoltre recentemente abbiamo con estrema soddisfazione rilevato come, in cellule di cancro al seno MCF-7, la somministrazione di naringenina è utile a coadiuvare l'azione pro-apoptotica di un chemioterapico molto diffuso: il taxolo (Articolo in stesura).

23.3 Conclusioni

La nutraceutica, termine coniato nel 1989 come fusione dei termini "nutrizione" e "farmaceutica", affonda le sue radici in antichissime conoscenze relative alle proprietà curative derivanti dal cibo e appartenenti a culture a noi lontane, ma rappresenta sempre di più una reale alternativa e una fertile branca della ricerca anche nel moderno mondo occidentale. Quello che la scienza è interessata a definire è, oltre che le modalità di azione dei composti naturali identificati per le loro proprietà benefiche, anche le concentrazioni minime utili ad ottenerne i benefici riconosciuti, aspetto infine regolamentato da normative europee. La difficoltà maggiore risiede nelle modificazioni che le sostanze di origine naturale subiscono sia a livello di assorbimento da parte dell'organismo, che può determinarne modifiche tanto nella struttura quanto nella concentrazione che effettivamente raggiunge il circolo sistemico, sia, parlando invece della produzione

industriale dei cosiddetti alimenti funzionali, nei processi di modificazione del cibo che possono in un certo qual modo alterare struttura, modalità di assorbimento e concentrazione finale del composto utilizzato.

Nel caso della naringenina, essa è contenuta in frutti tra cui pompelmi e arance nell'albedo, ovvero nella sezione amara e generalmente scartata di questi cibi. Una delle maggiori difficoltà nel consumo a scopo terapeutico della naringenina è rappresentata dalla sua scarsissima solubilità in acqua se somministrata oralmente [25]. È stato stimato infatti che la concentrazione di naringenina nel pompelmo oscilla tra 44 e 106 mg/100g [26], ma la quantità della stessa nel succo di pompelmo si abbassa mediamente intorno ai 17-76 mg/100 ml [27, 28]; di conseguenza il quantitativo minimo stimato per ottenere i primi benefici in caso di ipercolesterolemia consiste in ~750 ml al giorno per quattro settimane di succo d'arancia negli adulti [29]. Studi molto recenti hanno provato ad ovviare al problema ricorrendo alle nanotecnologie, ovvero realizzando nanoparticelle utili a garantire una maggiore biodisponibilità di farmaci idrofobici, come la stessa naringenina, nel trattamento chemioterapico per via orale [30].

Diversa è l'idea del nostro progetto di ricerca, che intende ricorrere ad un programma di prevenzione e trattamento di diverse patologie con la semplice alimentazione arricchita di naringenina. Questa è una nuova ed ambiziosa promessa per questa sostanza, in quanto ne sottolinea l'ampiezza nello spettro d'azione, che ricopre tre tra le più comuni e letali patologie mimando delle dinamiche endogene e quindi fisiologiche quali quelle solitamente innescate dall'estrogeno. I futuri sviluppi di questo progetto, nonché la collaborazione con un'azienda alimentare interessata alla realizzazione dell'alimento funzionale, potrebbero quindi consentire di identificare la matrice alimentare utile al raggiungimento a livello sistemico di concentrazioni di naringenina, nella sua forma nativa, utili a goderne dei benefici.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nuzzo M.T., Fiocchetti M., Totta P., Melone M.R., Cardinale A., Fusco F.R., Gustincic S., Persichetti F., Ascenzi P., Marino M. (2016)

- Huntingtin polyQ mutation impairs the 17 β -estradiol/neuroglobin pathway devoted to neuron survival. *Molecular Neurobiology* 1-13;
- [2] Nuzzo M.T. and Maria Marino (2016) Estrogen/Huntingtin: a novel pathway involved in neuroprotection. *Neural Regeneration Research* 11(3): 402-403.
- [3] Fiocchetti M., Camilli G., Acconcia F., Leone S., Ascenzi P., Marino M. (2015) ER β -dependent neuroglobin up-regulation impairs 17 β -estradiol-induced apoptosis in DLD-1 colon cancer cells upon oxidative stress injury. *J Steroid Biochem Mol Biol*; 149: 128-137.
- [4] Fiocchetti M., Nuzzo M.T., Totta P., Acconcia F., Ascenzi P., Marino M. (2014) Neuroglobin a pro-survival player in estrogen receptor α positive cancer cells. *Cell Death & Disease*. 9;5:e1449.
- [5] Fiocchetti M., Ascenzi P., Marino M. (2012) Neuroprotective effects of 17 β -estradiol rely on estrogen receptor membrane initiated signals. *Frontiers in physiology* 3:73.
- [6] De Marinis E., Marino M. and Ascenzi P. (2011) Neuroglobin, Estrogens and Neuroprotection. *IUBMB Life*, 63(3): 140-145.
- [7] De Marinis E., Ascenzi P., Pellegrini M., Galluzzo P., Bulzomi P., Arevalo M.A., Garcia-Segura L.M., Marino M. (2010) 17 β estradiol - a new modulator of neuroglobins levels in neurons: role in neuroprotection against H₂O₂-induced toxicity. *Neurosignals* 18(4): 223-235.
- [8] Pellegrini M., Pallottini V., Marin R., Marino M. (2014) Role of the sex hormone estrogen in the prevention of lipid disorder. *Current medicinal chemistry* 21(24): 2734-2742.
- [9] Barreca D., Gattuso G., Bellocco E., Calderaro A., Trombetta D., Smeriglio A., Laganà G., Daglia M., Meneghini S., Nabavi S.M. (2017) Flavanones: citrus phytochemical with health-promoting properties. *Biofactors* 1363.
- [10] Khan M.B., Khan M.M., Khan A., Ahmed M.E., Ishrat T., Tabassum R., Vaibhav K., Ahmad A., Islam F. (2012) Naringenin ameliorates Alzheimer's disease (AD)-type neurodegeneration with cognitive impairment (AD-TNDC1) caused by the intracerebroventricular-streptozotocin in rat model. *Neurochemistry international* 61(7): 1081-1093.
- [11] Hua F.Z., Ying J., Zhang J., Wang X.F., Hu Y.H., Liang Y.P., Liu Q., Xu

- G.H. (2016) Naringenin pre-treatment inhibits neuroapoptosis and ameliorates cognitive impairment in rats exposed to isoflurane anesthesia by regulating the PI3/Akt/PTEN signalling pathway and suppressing NF- κ B-mediated inflammation. *International journal of molecular medicine* 38(4):1271-1280.
- [12] Zbarsky, V., Datla, K.P., Parkar, S., Rai, D.K., Aruoma, O.I., Dexter, D.T. (2005) Neuroprotective properties of the natural phenolic antioxidants curcumin and naringenin but not quercetin and fisetin in a 6-OHDA model of Parkinson's disease. *Free Radic. Res.* 39, 1119-1125.
- [13] Heo H.J., Kim D.O., Shin S.C., Kim M.J., Kim B.G., Shin D.H. (2004) Effect of antioxidant flavanone, naringenin, from citrus junos. *J Agric Food Chem* 52: 1520-1525.
- [14] Yang W., Ma J., Liu Z., Lu Y., Hu B., Yu H. (2014) Effect of naringenin on brain insulin signaling and cognitive functions in ICV-STZ induced dementia model of rats. *Neurological sciences* 35(5): 741-751.
- [15] Sarkar A., Angeline M.S., Anand K., Ambasta R.K., Kumar P. (2012) Naringenin and quercetin reverse the effect of hypobaric hypoxia and elicit neuroprotective response in the murine model. *Brain research* 1481: 59-70.
- [16] Da Pozzo E., Costa B., Cavallini C., Testai L., Martelli A., Calderone V., Martini C. (2017) The Citrus Flavanone Naringenin Protects Myocardial Cells against Age-Associated Damage. *Oxidative medicine and cellular longevity* 9536148;
- [17] Dmytrenko G., Castro M.E., Sales M.E. (2017) Denatonium and Naringenin Promote SCA-9 Tumor Growth and Angiogenesis: Participation of Arginase. *Nutrition and cancer* 69(5): 780-790.
- [18] Ke J.Y., Banh T., Hsiao Y.H., Cole R.M., Straka S.R., Yee L.D., Belury M.A. (2017) Citrus flavonoid naringenin reduces mammary tumor cell viability, adipose mass, and adipose inflammation in obese ovariectomized mice. *Molecular nutrition and food research*.
- [19] Stompor M., Uram Ł., Podgórski R. (2017) In Vitro Effect of 8-Prenylnaringenin and Naringenin on Fibroblasts and Glioblastoma Cells-Cellular Accumulation and Cytotoxicity. *Molecules* 22(7).
- [20] Chandrika B.B., Steephan M., Kumar T.R., Sabu A., Haridas M. (2016) Hesperetin and Naringenin sensitize HER2 positive cancer

- cells to death by serving as HER2 Tyrosine Kinase inhibitors. *Life sciences* 160: 47-56.
- [21] Abaza M.S., Orabi K.Y., Al-Quattan E., Al-Attayah R.J. (2015) Growth inhibitory and chemo-sensitization effects of naringenin, a natural flavanone purified from *Thymus vulgaris*, on human breast and colorectal cancer. *Cancer cell international* 15: 46;
- [22] Romagnolo D.F., Selmin O.I. (2012) Flavonoids and cancer prevention: a review of the evidence. *Journal of nutrition in gerontology and geriatrics* 31(3): 206-238;
- [23] Woo Y., Shin S.Y., Hyun J., Lee S.D., Lee Y.H., Lim Y. (2012) Flavanones inhibit the clonogenicity of HCT116 colorectal cancer cells. *Int. J. Mol. Med.* 29(3), 403-408.
- [24] Totta P., Acconcia F., Leone S., Cardillo I., Marino M. (2004) Mechanisms of naringenin-induced apoptotic cascade in cancer cells: involvement of estrogen receptor alpha and beta signalling. *IUBMB Life* 56(8): 491-499.
- [25] Kanaze F.I., Bounartzi M.I., Georgarakis M., Niopas I. (2007) Pharmacokinetics of the citrus flavanone aglycones hesperetin and naringenin after single oral administration in human subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.* 61(4), 472-477.
- [26] Peterson J.J., Dwyera J.T., Beecher G.R., Bhagwat S.A., Gebhardt S.E., et al. (2006) Flavanones in oranges, tangerines (mandarins), tangors, and tangelos: a compilation and review of the data from the analytical literature. *J. Food Compos. Anal.*, 19, S66-S73.
- [27] Ross S.A., Ziska D.S., Zhao K., ElSohly M.A. (2000) Variance of common flavonoids by brand of grapefruit juice. *Fitoterapia* 71, 154-161.
- [28] Tomas-Barberan, F.A., Clifford, M.N. (2000) Flavanones, chalcones and dihydrochalcones. Nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food Agric.* 80, 1073-1080.
- [29] Kurowska E.M., Spence J.D., Jordan J., Wetmore S., Freeman D.J., Piche L.A., et al. (2000) HDL-cholesterol-raising effect of orange juice in subjects with hypercholesterolemia. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72, 1095-1100.
- [30] Chaurasia S., Patel R.R., Vure P., Mishra B. (2017) Oral naringenin nano-carriers: Fabrication, optimization, pharmacokinetic and chemotherapeutic efficacy assessments. *Nanomedicine* 12(11): 1243-1260.

PAESAGGI CULTURALI

24 Sistema informativo integrato multiplatforma per la promozione e l'esperienza consapevole del territorio laziale⁹²

Sara Carallo⁹³, Claudio Cerreti

24.1 Riassunto

Il progetto è finalizzato a promuovere, rafforzare ed arricchire l'esperienza consapevole del territorio laziale e il complesso dei beni territoriali e culturali che esso offre e a produrre valore aggiunto territoriale. Nell'ottica di perseguire un modello innovativo di *Smart Tourism* e al tempo stesso di *Smart Environments*, l'approccio utilizzato è stato di tipo *bottom up* volto a favorire processi di partecipazione, co-progettazione e consapevolezza tra la comunità locale in una logica di sistema, orientata a creare servizi turistici utili a migliorare la fruizione del patrimonio dei beni geografici e il legame delle popolazioni con il proprio territorio.

24.2 Premessa

L'obiettivo generale del progetto è stato quello di contribuire ad avviare un processo che, nel medio e lungo periodo, promuovesse la fruizione sostenibile del patrimonio dei beni territoriali e culturali della Regione Lazio in un approccio integrato e polifunzionale. È stata elaborata a tal proposito un'applicazione pilota relativa a un'area circoscritta del territorio laziale ed è stato creato un sistema informativo territoriale politematico che ha la capacità di incrementare la fruibilità dei beni geografici e di rendere disponibili informazioni di varia natura via web. Ciò

⁹² Task 1.1 – Beni Culturali (fruizione, promozione, servizi, flussi), Sub Task 1.1.3 Promozione ed esperienza consapevole del territorio laziale.

⁹³ Università degli studi Roma Tre, Dipartimento di Studi Umanistici; sara.carallo@uniroma3.it.

consente a un potenziale visitatore di conoscere ed esplorare il patrimonio storico culturale e naturalistico dell'area prescelta e di ripercorrere la memoria storica del territorio, nonché di avere accesso a tutti i servizi di pubblica utilità e alle informazioni pratiche utili per la pianificazione di un viaggio anche da remoto. L'area di studio scelta è la Valle del fiume Amaseno, situata tra le provincie di Latina e di Frosinone, un'area periferica e marginale ma con elevate potenzialità turistiche inesprese. Il portale, www.valledellamaseno.it, realizzato in modalità partecipativa, enfatizza il ruolo delle relazioni sociali e promuove processi di inclusione socio-spaziale; esso ha permesso, e permetterà in futuro, agli attori locali di entrare in interazione diretta tra loro e di cooperare attivamente alla promozione del proprio territorio.

La strategia è incentrata sul censimento dei beni culturali e di quelli ambientali e sulla creazione di percorsi di fruizione orientati a promuovere la mobilità sostenibile e a migliorare l'accessibilità attraverso la proposta di itinerari di percorrenza alternativi. La ricerca è stata costantemente coadiuvata dalla preziosa collaborazione delle aziende territorialmente radicate, le amministrazioni locali e le popolazioni.

24.3 *Approccio metodologico prescelto e fonti utilizzate*

La ricerca si basa su un approccio geostorico, volto all'analisi delle dinamiche evolutive e dei processi di territorializzazione con l'obiettivo di individuare, mediante lo spoglio delle fonti della ricerca geografica⁹⁴, il *milieu*. Tale metodologia prevede l'utilizzo del metodo regressivo, pro-

⁹⁴ La ricognizione bibliografica e documentale sulla Valle si è concentrata in numerose sedi archivistiche e biblioteche nazionali come: l'Archivio di Stato di Roma, l'Archivio Colonna, l'Archivio di Stato di Frosinone, l'Archivio di Stato di Latina, l'Archivio di Ceccano, la Cartoteca della Società Geografica Italiana, l'Archivio Storico Capitolino, il Consorzio di Bonifica delle Paludi Pontine. Sono stati, inoltre, utilizzati diversi dati geografici digitali estrapolati dalle principali banche dati messe a disposizione dagli enti proposti. Le banche dati consultate sono state: il Geoportale nazionale, Il WebGIS dell'Ispra "Sinanet", il WebGIS della Regione Lazio e della provincia di Latina. Molti altri tematismi sono stati invece dedotti dalla toponomastica e dall'analisi comparata con la cartografia di epoche precedenti e digitalizzata in sessione di editing all'interno del programma ArcGIS.

prio della geografia storica, che si propone di ricostruire, a partire dalla realtà presente, il passato storico. Accanto alle fonti testuali è affiancata la fonte cartografica storica, che consente di ricostruire gli antichi assetti territoriali e di individuare gli elementi tangibili e intangibili che spesso nella documentazione scritta non si riesce a ricostruire chiaramente (ad esempio gli antichi tracciati viari e gli itinerari religiosi storici, le antiche pratiche colturali e silvo pastorali e ancora gli opifici idraulici e i complessi architettonici difensivi).

Al fine di restituire una visione integrale e integrata del quadro paesistico-territoriale della Valle nel suo insieme la ricerca si avvale del supporto dei Sistemi Informativi Geografici (GIS). Tali strumenti consentono di analizzare le sovrapposizioni delle componenti materiali e culturali, in maniera interattiva e immediata⁹⁵. Accanto ai GIS sono stati utilizzati altri due strumenti propri dell'informazione geografica che hanno consentito un monitoraggio diagnostico del territorio esaminato, i GPS (Sistemi di Posizionamento Globale) e i droni. In particolare, quest'ultima tecnologia ha permesso di osservare attentamente e dettagliatamente le persistenze storico archeologiche integralmente nel loro contesto territoriale e di approfondirne la stratigrafia. Utili nell'individuazione di antichi tracciati viari, nell'analisi specifica della condizione degli argini del fiume Amaseno, nell'identificazione di crepe e situazioni pericolanti nei manufatti antropici come le torri difensive, permettono di avviare prontamente attività di restauro e recupero valorizzativo, visualizzare ed esaminare dall'alto in una prospettiva privilegiata e non abituale gli scavi archeologici; essi permettono di riaffermare il potenziale di un manufatto e di includerlo in virtuosi circuiti di fruizione e valorizzazione.

In un'ottica di rinnovamento, rafforzamento e arricchimento del *milieu* sarà elaborato un progetto basato sui principi dell'ecoturismo, una forma di turismo diverso, un'alternativa concreta e lungimirante al turismo di

⁹⁵ I GIS sono stati e sono tutt'ora al centro di importanti dibattiti circa le implicazioni sociali e la presunta oggettività della realtà riprodotta tramite queste nuove tecnologie informatiche. La comunità dei geografi americani ha approfondito la tematica individuando una notevole carenza epistemologica nella rappresentazione dei fenomeni sociali e una stretta connessione alle dinamiche comunicative di potere. Per approfondimenti sulla corrente dei *Critical GIS* si rimanda a PICKLES 1995; SHUURMANN 2006.

massa, secondo i principi dello sviluppo sostenibile nel rispetto dell'ambiente fisico, culturale ed etnico. Lo scopo di questo tipo di turismo è infatti attrarre i visitatori verso le aree naturali e riutilizzare gli introiti a sostegno di uno sviluppo economico sostenibile in armonia con le complesse dinamiche ambientali preservandole per le generazioni future. Il tutto seguendo le linee guida dello Smart Tourism che si contraddistingue per quattro principali caratteristiche:

- Utilizzo di tecnologia Smart, mobile, internet e geo localizzatori;
- Utenti nel ruolo di co-produttori attivi del processo di promozione e fruizione e non semplici consumatori;
- Possibilità di interagire con le comunità locali;
- Promozione della consapevolezza del valore territoriale e miglioramento della sostenibilità in campo sociale e ambientale prestando attenzione al rispetto dell'equilibrio tra un'attenta salvaguardia delle risorse e un uso efficiente delle stesse in modo da garantire la fruibilità nel lungo termine⁹⁶.

La metodologia elaborata potrà poi fungere da prototipo di sviluppo turistico locale da estendere ad altri territori della Regione Lazio.

Sulla base della documentazione reperita lo studio diacronico del territorio si è concentrato sulle caratteristiche fisico-ambientali (ad esempio orografia; geologia; idrografia; climatologia; copertura vegetale); socio-economiche (ad esempio analisi delle dinamiche demografiche, dell'evoluzione degli insediamenti umani, delle trasformazioni delle attività produttive, dei cambiamenti delle pratiche dell'uso del suolo, delle potenzialità del turismo); infrastrutturali (ad esempio antichi assetti viari e ampliamento delle reti infrastrutturali); culturali (in riferimento all'analisi della presenza di emergente storico-archeologiche e storico-ambientali di notevole pregio e rilievo).

L'analisi ha messo in evidenza la significativa potenzialità del territorio esaminato.

È parso particolarmente opportuno fare uno studio dettagliato delle strutture paesaggistiche che identificano la valle fluviale sulla base del Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR). Particolare attenzione è

⁹⁶ Per approfondimenti si rimanda a BUHALIS, AMARANGGANA, 2013.

stata riservata anche all'elaborazione di un'Analisi Swot, indispensabile strumento di progettazione del territorio o, come in questo caso, di pianificazione della fruizione turistica.

Questa analisi ha permesso di mettere in evidenza i fattori di pressione che incidono sul territorio in esame. Tali fattori si distinguono in criticità, ovvero quei fattori che sono potenzialmente in grado di alterare le attuali condizioni ambientali e in minacce, i fattori di alterazione reale dell'equilibrio ecologico e paesaggistico.

La diversità dei lineamenti morfologici, costituita dall'ampia zona pianeggiante della valle fluviale e dall'area collinare e montuosa dei massicci calcarei, contribuisce a delineare il territorio in esame, ricco di beni geografici dalle elevate potenzialità turistiche. Nonostante ciò, il turismo non può ancora essere considerato una valida alternativa di sviluppo territoriale. La capacità di attirare flussi turistici, infatti, non è solo legata alle attività delle singole componenti territoriali, ma rientra in un complesso di azioni sistemiche che si concretizzano solo sulla base di un coerente piano di sviluppo territoriale.

In questo contesto, la SWOT Analysis si è mostrata un ottimo schema interpretativo per mettere in luce gli obiettivi e le misure da realizzare, al fine di ipotizzare un'offerta turistica integrata in una prospettiva sostenibile.

24.4 *Caso di studio*

L'area geografica scelta è la valle del fiume Amaseno, situata tra la provincia di Latina e quella di Frosinone, e l'asse di riferimento territoriale dal quale partire per promuovere l'intero territorio è un tratto della Via Francigena del Sud che attraversa la bassa e media Valle e che coinvolge direttamente i comuni di Maenza, Priverno, Roccaporga, Sonnino e il Borgo di Fossanova situati nella provincia di Latina (gli altri comuni che fanno parte della Valle direttamente coinvolti nel progetto sono: Amaseno, Castro dei Volsci, Giuliano di Roma, Pisterzo, Prossedi, Roccasecca dei Volsci, Vallecorsa, Villa Santo Stefano). Da questo tracciato si dirama una serie di itinerari storici e siti di interesse religioso, archeologico,

storico culturale e naturalistico.

Nella Valle emergono importanti testimonianze della religiosità locale (l'Abbazia di Fossanova o il Santuario dell'Auricola, solo per citare i luoghi di culto più rilevanti); castelli, rocche, opifici idraulici e torri, iconemi tangi-



Fig. 1 – La Valle dell'Amaseno. Foto di Fabio Marzi

bili che restituiscono la memoria storica dei flussi socio-economici; centri storici che ancora conservano la loro struttura originaria e trasmettono un forte radicamento e una mutua appartenenza tra individuo e società. Il patrimonio è costituito anche da un'altra serie di beni che possono essere definiti "atipici" di cui fanno parte tutte quelle manifestazioni culturali strettamente legate alla tradizione religiosa (ad esempio il culto di San Lorenzo diffuso tra la popolazione di Amaseno, di cui ritroviamo traccia nei documenti d'archivio fin dal XVII secolo); folcloristica (come gli eventi culturali e le iniziative riguardanti il brigantaggio, uno dei fenomeni che più ha segnato l'intera Valle) e artistica. Essi esprimono una funzione culturale, la cui tutela è indispensabile per custodire le permanenze storiche.

Accanto al patrimonio genericamente definito come "storico culturale", la Valle offre un altro complesso di beni geografici, più specificatamente

riconducibili al patrimonio rurale (*terroir*), costituito da tutte quelle risorse genetiche dei territori (tecniche e *savoir faire*), dalle potenzialità offerte dall'agricoltura, dal complesso delle aree verdi e delle zone protette (rete di Siti di Importanza Comunitaria e Zone di Protezione Speciale) e dal patrimonio geologico costituito da numerosi geositi distribuiti in maniera omogenea in tutto il territorio, in grado di costituire nuove "prese" per le aree della Valle che risultano più marginali. Si fa riferimento nello specifico al turismo rurale che comprende al suo interno il turismo verde e gli agriturismi, molto diffusi nella Valle, forme di promozione delle risorse rurali che permettono di narrare la storia contadina e agricola che ha connotato il territorio in esame nei secoli scorsi.

La Valle dell'Amaseno è, inoltre, costituita da vaste aree a vocazione agroalimentare, caratterizzate dall'autenticità delle tradizioni gastronomiche locali, radicate nella memoria e nella cultura contadina e incentrate sulla presenza di alcune realtà produttive come cantine vitivinicole, caseifici, frantoi. Il turismo enogastronomico, infatti, se ben progettato, gestito e sperimentato, rappresenta una vera risorsa per l'economia e la riscoperta "sensoriale" degli spazi geografici. Anche la risorsa zootecnica dell'allevamento bufalino rappresenta un evidente fattore di crescita economica e al tempo stesso una modalità di sfruttamento sostenibile del territorio, capace di garantire la continuità delle tradizioni e lo sviluppo di nuove attività, e al contempo una fonte di attrazione per i visitatori amanti della buona cucina, delle produzioni agroalimentari tipiche e delle bellezze naturali.

Un territorio certamente privilegiato per il turismo culturale e naturalistico.

24.5 Progettazione della fruizione turistica

Parte integrante del progetto è stato il rilievo sul campo di tutti i tracciati degli itinerari, precedentemente ipotizzati su carta, dei siti di interesse turistico e delle attività commerciali e ricettive. La ricerca si è focalizzata sulla messa a punto di un'architettura di sistema in grado di soddisfare svariate indagini mediante l'ausilio dei Sistemi Informativi Geografici: dall'analisi geo storica a quella geomorfologica, per passare a un'analisi archeologica e toponomastica, attraverso il confronto tra diversi livelli informativi

a scala generale o di dettaglio, al fine di fornire uno strumento di lavoro volto alla lettura diacronica del paesaggio, all'archiviazione e alla fruizione dei dati cartografici e archivistici e infine alla tutela e alla valorizzazione di un patrimonio di particolare pregio e valore storico culturale.

Gli itinerari progettati si snodano in un contesto paesaggistico che coniuga le aree protette dalla ricca biodiversità floristica e faunistica con il patrimonio archeologico e culturale; essi vantano la presenza di un'elevata qualità e diversità paesaggistica, radicate tradizioni locali e l'esistenza di un retaggio storico culturale e identitario di rilievo. Con partenza dalla stazione di Priverno-Fossanova gli itinerari ripercorrono le strade di vecchi tratturi (antiche vie pastorali di comunicazione tra i pascoli estivi e quelli invernali), mulattiere (destinate al transito degli animali da soma), carrarecce (vecchi tracciati percorribili con carri trainati), di antichi itinerari religiosi (ad esempio la via Francigena del Sud) e delle strade interpoderali.

Il progetto è volto a promuovere la mobilità sostenibile, quindi, ogni itinerario può essere effettuato senza l'utilizzo dell'automobile e i luoghi possono essere raggiunti comodamente con la ferrovia o con pullman Cotral. Per favorire e diffondere la mobilità sostenibile sono state, inoltre, digitalizzate le stazioni ferroviarie e tutte le fermate delle navette locali e dei pullman regionali e provinciali con i quali potersi muovere da un centro storico ad un altro e pianificare gli itinerari e la visita al patrimonio culturale in piena autonomia e nel rispetto dell'ambiente naturale.

Tutti gli itinerari sono stati attentamente testati sul campo e tracciati attraverso tecnologia GPS avendo cura di segnalare le varie emergenze presenti lungo l'itinerario. Ogni itinerario è stato classificato secondo la griglia di difficoltà redatta dal CAI e per ognuno è stata realizzata una scheda con un breve testo che racconta il territorio in cui si snoda il percorso, cosa è possibile visitare e tutte le informazioni necessarie al visitatore. Tutte le schede sono state implementate nel portale web e successivamente allegate ad ogni itinerario mediante Hyperlink facilmente visualizzabili nel webGIS. Tutte le tracce degli itinerari, i punti di interesse e le attività commerciali sono state rese disponibili per il download in formato gpx per consentire ai viaggiatori di poter progettare il proprio itinerario in piena libertà.

Nella fase di realizzazione degli itinerari è stata coinvolta la popolazione locale e le associazioni di promozione turistica per diffondere e

sviluppare una maggiore e forte consapevolezza delle potenzialità turistiche che la Valle offre. Se i cittadini, primi tra tutti, non hanno coscienza del *milieu* che il proprio territorio offre e non si sviluppa quella che Yi Fu Tuan chiama *topophilia*, ovvero una sorta di forte attaccamento ai luoghi e conseguentemente una forte responsabilità verso di essi, non si potrà mai pensare di promuovere e al tempo stesso tutelare un territorio in un'ottica sostenibile. Si svilupperebbero solo processi esogeni di valorizzazione semplice e ancor peggio si svilupperebbe un turismo di massa per nulla attento alle peculiarità dei luoghi.

La gran mole di dati geografici acquisiti durante le campagne di rilievo sono stati implementati in un geodatabase, strumento in grado di effettuare un aggiornamento progressivo e dinamico delle trasformazioni del territorio attraverso un'integrazione sistemica e organica dei dati geografici. Il GeoDatabase creato è composto da una banca dati alfanumerica in cui sono state inserite le informazioni sotto forma di stringhe di testo e da una banca dati costituita da documenti in formato pdf/jpg che costituiscono schede di approfondimento dei singoli punti di interesse identificati⁹⁷.

L'architettura dell'infrastruttura informatica alla base del Sistema Informativo Territoriale realizzato fa riferimento nello specifico alle SOA (*Service Oriented Architecture*) ovvero architetture software che consentono di supportare l'uso di servizi Web e che garantiscono l'interoperabilità tra diversi sistemi, e alle SDI (*Spatial Data Architecture*), architetture di infrastrutture che operano con i dati spaziali.

Il sistema si basa su free/open source software⁹⁸, che permettono di limitare i costi di avvio e di mantenimento del sistema e di ottenere soluzioni flessibili, con la possibilità di aggiornare continuamente i pacchetti software e garantire una costante efficienza degli applicativi. Questo sistema permette di gestire e integrare velocemente dati eterogenei e di realizzare interrogazioni spaziali, geografiche e alfanumeriche delle banche dati

⁹⁷ È stato utilizzato un database di tipo *embedded*, più precisamente *SQLite* strutturato con le relative estensioni *spatial* (*SpatialLite*). Tutti i dati territoriali di tipo vettoriale confluiti nel WebGIS sono stati immagazzinati e strutturati, sia per ciò che riguarda gli attributi associati alle geometrie sia per ciò che riguarda lo stile di presentazione delle geometrie, secondo questa modalità.

⁹⁸ Per approfondimenti si rimanda a <https://www.fsf.org/it/what-is-fs-ita>.

collegate. I dati territoriali censiti e archiviati nel GeoDatabase sono stati omogeneizzati al fine di poter procedere alle operazioni di geoprocessing e infine esportati nel WebGIS utilizzando un *web-framework* anch'esso di tipo *open source*⁹⁹. Il WebGIS¹⁰⁰ è stato ospitato in un portale web realizzato con la piattaforma editoriale Wordpress (www.valledellamaseno.it), e costituisce uno strumento dinamico e implementabile in qualsiasi momento per promuovere a una diversificata tipologia di utenti le informazioni territoriali dell'area di studio presa in esame.

Le schede e le pagine informative del sito sono state realizzate utilizzando un linguaggio semplice ma al tempo stesso informativo e persuasivo, in grado di rispondere sia alle interrogazioni dell'utente in cerca di informazioni generali sui luoghi e territori della Valle, sia più specificatamente alle funzioni di promozione turistica della piattaforma. I testi sono stati resi il più possibile interattivi con, tra gli altri, l'inserimento di metadati, attraverso rimandi e richiami, parole chiave che facilitino lo scorrimento della lettura (utili anche come rinvii ai contenuti del portale dai motori di ricerca), collegamenti al blog direttamente dalle schede dei singoli paesi¹⁰¹.

⁹⁹ È stato scelto il framework Openlayers che mette a disposizione specifiche API implementate attraverso il linguaggio di programmazione javascript, consentendo, dopo opportune configurazioni, la fruizione dei dati territoriali attraverso il web, mediante un semplice web-browser. Nel caso specifico, una volta organizzati i dati territoriali in opportuni progetti QGIS è stato possibile strutturare l'albero delle directory e dei files costituenti il webgis, esportare i dati in formato geojson e una serie di widget specifici per l'interazione utente/webgis, attraverso un plugin di QGIS, disponibile nel repository software ufficiale, denominato QGIS2web. Quanto esportato attraverso il plugin è stato poi sottoposto ad ulteriori personalizzazioni nelle funzionalità e nello stile di presentazione.

¹⁰⁰ La grafica e alcune funzionalità del WebGIS sono state personalizzate utilizzando la libreria JQuery. Ad esempio la legenda è stata resa trascicabile, è stata inserita la modalità espande/collapse per i gruppi di layer ed è stata consentita la loro accensione e la possibilità di spegnerli. Anche i simboli grafici relativi ai vari punti di interesse sono stati customizzati nella grafica e nei colori mediante codice html, css e javascript. Le tabelle degli attributi dei singoli layer sono state attentamente progettate, scegliendo gli attributi più interessanti da rendere pubblici. Per diversi punti di interesse sono stati, inoltre, creati degli hyperlink di approfondimento e collegamenti a pagine correlate del sito stesso (ad esempio per ogni traccia degli itinerari cliccando nella tabella attributi è possibile trovare il link della pagine del portale in cui viene descritto quell'itinerario).

¹⁰¹ Si ringrazia la MGC Informatica srl per la consulenza e il supporto tecnico.

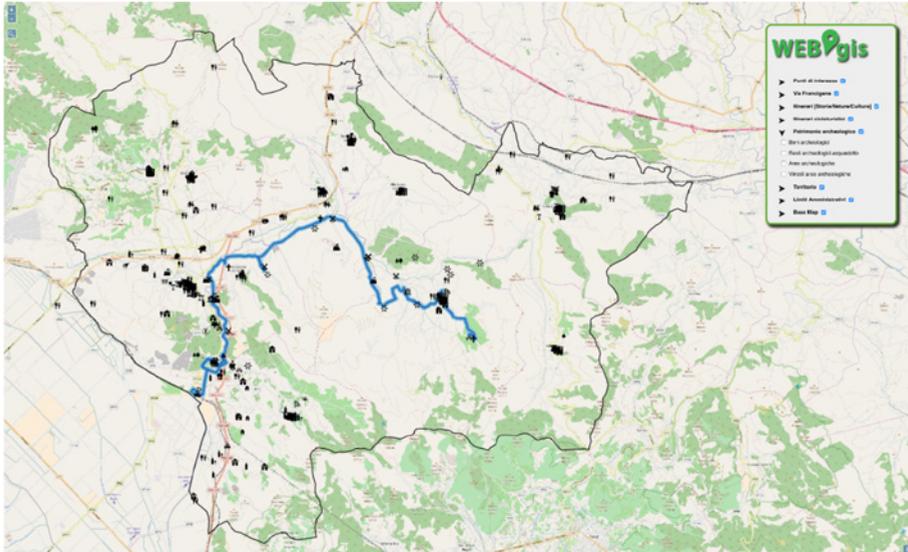


Fig. 2 – Il WebGIS con alcuni layer in evidenza



Fig. 3 – La home page del portale www.valledellamaseno.it

24.6 Considerazioni conclusive

Il lavoro svolto ha consentito di elaborare una metodologia per la promozione turistica di aree marginali e periferiche ma ricche di beni geografici e di porre le basi per uno sviluppo economico e sociale sostenibile futuro e duraturo. Si tratta, infatti, di un prototipo istituzionale da proporre in seguito agli altri territori della Regione Lazio e ad altre regioni italiane ed europee, al fine di costituire una rete di piattaforme ispirate e gestite secondo i principi della democrazia elettronica e della cooperazione di piattaforma digitale.

La scelta di applicare tale metodologia alla valle dell'Amaseno si è rivelata molto intelligente perché la Valle costituisce un ottimo prototipo territoriale per la promozione e la crescita turistica e di conseguenza economica di un territorio. Il progetto non è certamente concluso, il portale web realizzato continuerà ad essere implementato proprio con l'aiuto della popolazione locale e la promozione territoriale della Valle proseguirà oltre il progetto Smart Environments.

La sostenibilità del progetto è proprio in questo lungo e complesso lavoro di sensibilizzazione della popolazione che è stato effettuato in questo anno, ad oggi gli attori locali sono molto più consapevoli delle potenzialità del territorio che abitano. La fruizione virtuale degli itinerari culturali e dei beni geografici ad essi connessi, *virtual heritage*, risponde alla crescente richiesta di comprensione del ricco patrimonio della Valle di un ampio numero di utenti e di consultazione in rete, in modalità remota, dei percorsi culturali ipotizzati stimolando il desiderio alla conoscenza nella prospettiva di una corretta gestione e valorizzazione.

La metodologia elaborata in questo progetto è stata proposta per essere applicata ad altri territori nel bando "Eureka incubatore di Start Up" promosso dall'Università Roma Tre per cui è stata vinta la prima fase. Per tale bando è stato creato un team professionale coinvolgendo studenti e docenti dell'Università Roma Tre e professionisti esterni per la creazione di una Start Up innovativa basata sulla medesima metodologia elaborata per il presente progetto e finalizzata alla promozione e valorizzazione delle aree periferiche e marginali del Lazio e alla tutela del ricco patrimonio storico culturale e naturalistico regionale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bencardino F., Prezioso M. (a cura di), *Geografia del turismo*, Milano, McGraw-Hill, 2007.
- [2] Bertazzon S., Waters N., *Immaginazioni GISgrafiche*, in «Geotema», 6 (1996), pp. 27-33.
- [3] Buhalis D., Amaranggana A., *Smart Tourism Destinations*. In L. Cantoni e Z. Xiang, (eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism 2013. Proceedings of the International Conference in Innsbruck, Austria, January 22-25, 2013*, pp. 553-564..
- [4] Burrough P.A., *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment*, Oxford, Clarendon Press, 1986.
- [5] Cancellieri M. et al. (a cura di), *Tra memoria dell'antico e identità culturale: tempi e protagonisti della scoperta dei Monti Lepini*, Roma, Espera, 2012.
- [6] Cancellieri M., F.M. Cifarelli, *La valle dell'Amaseno: storia, archeologia, fruizione*, in «La Valle dell'Amaseno, Progetto Integrato Territoriale, Atti Convegno Fossanova 1995», Latina, 1996, pp. 63-77.
- [7] Cancellieri M., *Lo sbocco meridionale della valle interna dei Lepini: Privernum e il suo territorio*, in «Bollettino dell'Istituto di storia e di arte del Lazio meridionale», X, 1-2 (1978), pp. 35-41.
- [8] Id., *Il territorio Pontino e la via Appia*, in «La via Appia, Quaderni Centro di Studio Archeologia», (1990), pp. 61-71.
- [9] Id., *La media e bassa valle dell'Amaseno, la via Appia e Terracina: materiali per una carta archeologica*, in «Bollettino dell'Istituto di storia e di arte del Lazio meridionale», XII (1987), pp.41-61.
- [10] Id., *Le vie d'acqua dell'area pontina*, in «Il Tevere e le altre vie d'acqua del Lazio Antico», in «Quaderni Centro di Studio Archeologia», (1986), pp. 143-156.
- [11] Dallari F., Grandi S., *Economia e Geografia del turismo. L'occasione dei Geographical Information Systems*, Bologna, Pàtron Editore, 2005.
- [12] Dramis F., Fubelli G., Molin P., *Analisi geoambientale, cartografia geomorfologica e tecniche GIS per la gestione del territorio*, Torino, GEDA Srl, 2008.
- [13] Favretto A., *Nuovi strumenti per l'analisi geografica. I G.I.S.*, Bologna,

- Pàtron, 2000.
- [14] Lozato-Giotart J.P., *Geografia del turismo: dallo spazio visitato allo spazio consumato*, Milano, Franco Angeli, 1988.
- [15] Morandini G., *I monti Lepini: studio antropogeografico*, Trento, Tipografia editrice mutilati e invalidi, 1946.
- [16] Pickles J. (ed), *Ground Truth*, New York, Guilford Press, 1995.
- [17] Romei P., Petrucci A., *L'analisi del territorio. I Sistemi Informativi Geografici*, Roma, Carocci, 2003.
- [18] Shuurmann N., *Formalization Matters: Critical GIS and Ontology Research*, in «Annals of the Association of American Geographers», 96, 2006 (4), pp. 726-739.
- [19] Stopani R., *La via Francigena: storia di una strada medievale*, Firenze, Le Lettere, 2006.
- [20] Turco A., *Turismo e territorialità modelli di analisi, strategie comunicative, politiche pubbliche*, Milano, Unicopli, 2012.
- [21] Tuan Y.F., *Space and Place. The Perspective of Experience*, University of Minnesota Press, Minneapolis 1977.
- [22] Tuan Y.F., *Topophilia: a Study of Environmental Perception, Attitudes and Values*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1974.
- [23] Zaccheo L., *L'alta Valle dell'Amaseno: i fenomeni carsici e l'antropogeografia: Amaseno, Castro dei Volsci, Vallecorsa*, Latina, Camera di commercio, industria artigianato e agricoltura, 1977.
- [24] Id., *Monti Lepini: viaggio attraverso un paradiso incontaminato dove convivono meraviglie della natura, vestigia del passato e monumenti ricchi di storia*, Roma, New Compton, 1985.
- [25] Zaccheo L., Sottoriva P.G., *I Monti Lepini, ambienti, storie, immagini*, Priverno, XIII Comunità Montana, 1994.

25 I paesaggi rurali tradizionali nel Lazio. Tutela e valorizzazione di un patrimonio “vivente”

Giorgia De Pasquale, Elisabetta Pallottino¹⁰²

25.1 *Abstract*

All'interno del Subtask 1.1.2 “Valorizzazione Patrimonio”, la presente ricerca ha affrontato il tema della tutela e della valorizzazione di una particolare tipologia di patrimonio culturale, quella dei paesaggi rurali tradizionali.

In sintonia con le indicazioni del *Codice dei Beni Culturali* e del *Paesaggio*, della *Convenzione europea del Paesaggio* e con gli obiettivi della nuova Politica Agricola Comunitaria, lo studio si è concentrato sulla ricerca degli strumenti più adatti per la lettura, gestione, tutela e valorizzazione di tali paesaggi culturali di tipo agricolo presenti nella regione Lazio.

25.2 *Introduzione*

I paesaggi rurali tradizionali sono porzioni di territorio in cui gli ordinamenti culturali sono caratterizzati da una lunga persistenza storica e forti legami con i sistemi sociali ed economici locali che li hanno prodotti. Essi costituiscono un patrimonio culturale regionale importante [1], in quanto espressione formale dell'orografia e delle risorse locali e testimonianza dei saperi e degli assetti sociali del passato.

I paesaggi rurali tradizionali assumono, inoltre, un ruolo fondamentale nella gestione del territorio, in ragione della loro funzione manutentiva di protezione dal degrado, dagli incendi, dal dissesto idrogeologico e della loro funzione ecologica proattiva di mantenimento della biodiversità.

Infine, tali ambiti territoriali, prevalentemente collocati nelle aree

¹⁰² Dipartimento di Architettura di Roma Tre.

interne, posso avere un ruolo strategico nello sviluppo economico del settore agricolo. Negli ultimi anni, le nuove politiche comunitarie, i nuovi orizzonti legislativi, una rinnovata coscienza ecologica, hanno innescato un processo culturale che, in ambito europeo, vede la trasformazione del paesaggio rurale da mero prodotto indiretto dell'attività agricola a obiettivo qualitativo strategico, presupposto per concepire modelli di sviluppo che fondano la propria sostenibilità e durevolezza proprio sulla valorizzazione delle peculiarità dei patrimoni locali. Si ritiene da più parti che un paesaggio agricolo in cui sono presenti elementi identitari e caratteristiche di unicità, storicità, significatività possa rappresentare un fondamento materiale e culturale per un rinnovato modello economico in campo agricolo, basato sulla capacità di scambiare 'beni unici' sul mercato mondiale.

In questo contesto deve essere inserita la presente ricerca, che riconosce nello studio del paesaggio rurale – nei suoi aspetti storici, morfologici, iconografici, sociali ed ecologici – un'opportunità di attivare energie endogene per elevare il benessere, la qualità della vita e produrre ricchezza nelle aree interne e di produzione agricola specializzata.

Minacciati in tutta l'area mediterranea dai cambiamenti sociali ed economici [2], dalla crisi dell'agricoltura familiare, dall'abbandono capillare della terra [3], dallo spopolamento delle aree rurali interne, i paesaggi rurali tradizionali richiedono innanzi tutto di essere studiati.

Il percorso annuale di lavoro si è articolato in diverse fasi, partendo da una prima indagine finalizzata alla ricostruzione di un quadro di riferimento (giuridico, normativo, culturale e progettuale) transnazionale per la salvaguardia dei paesaggi in esame.

A seguire è stata elaborata una "Carta dei paesaggi rurali del Lazio", che contiene tutte le potenzialità e le eccellenze del patrimonio paesaggistico rurale all'interno della Regione.

In una terza fase, applicativa, è stato selezionato un caso studio per sperimentare un metodo di analisi e lettura dei paesaggi rurali tradizionali e una progettazione finalizzata alla tutela dei valori paesaggistici identitari.

Infine, l'ultima fase della ricerca è stata finalizzata alla diffusione dei risultati e al confronto, con la comunità accademica, con i produttori, con le aziende agricole, con le pubbliche amministrazioni.

25.3 Sintesi del quadro storico-normativo sul tema della tutela dei paesaggi culturali di tipo agricolo

È stato elaborato un documento che sintetizza le numerose iniziative – a livello mondiale, europeo e nazionale – atte alla protezione dei paesaggi culturali di tipo agricolo. I vari strumenti, legislativi e culturali, sono stati riportati secondo un criterio cronologico che mette in evidenza l'evoluzione del concetto di paesaggio e di tutela del paesaggio, dalla concezione più estetica della L. 1497/39 alla visione più complessa e stratificata della Carta di Siena.

25.4 Sintesi delle strategie, azioni, principali approcci progettuali e processuali sperimentati in Italia e all'estero per la valorizzazione dei paesaggi culturali di tipo agricolo

Accanto agli strumenti normativi e alle misure programmatiche che si rivolgono direttamente agli agricoltori al fine di sostenere economicamente il loro lavoro, sono state censite tutte le possibili azioni rientranti nella tutela 'indiretta', ovvero quelle buone pratiche non necessariamente collegate all'agricoltura in senso stretto ma in grado comunque di influire sul paesaggio e sull'ambiente rurale. I regolamenti comunitari per lo sviluppo rurale consentono e promuovono questo tipo di interventi nel duplice obiettivo di migliorare la qualità della vita delle popolazioni locali e di fornire nuove e diversificate opportunità di sviluppo economico, prevalentemente connesse alla fruizione turistica, ad integrazione e bilanciamento delle difficoltà in cui versa il settore agricolo delle aree caratterizzate da pratiche agricole tradizionali [4].

Questo censimento evidenzia il potenziale ruolo del progetto, di architettura e di paesaggio, nelle strategie di tutela "indiretta" e valorizzazione dei paesaggi rurali tradizionali: gli interventi sul patrimonio edilizio; la riqualificazione dei tessuti insediativi dei piccoli centri rurali, il recupero del patrimonio storico architettonico ad essi connesso, la sistemazione degli spazi pubblici e degli spazi aperti, la progettazione di spazi di sosta, di itinerari tematici, la realizzazione di strutture e servizi culturali, quali

ecomusei o spazi espositivi, diventano opportunità per accompagnare il processo che vede la trasformazione del paesaggio in risorsa [5].

Durante queste attività si presenta spesso per i professionisti e per gli enti locali la necessità di governare il conflitto tra domanda di modernizzazione e qualità del paesaggio, questione che trova oggi certamente una più decisa e consapevole sensibilità. Trovare l'equilibrio dentro tale binomio è compito del progetto, che deve riaffermare il proprio ruolo dialettico tra identità del territorio ed esigenze funzionali della società contemporanea [6]. Il progetto assume così un ruolo importante, atto a rendere leggibili le relazioni che intercorrono tra un determinato territorio e la sua comunità, relazioni di ordine affettivo, identificativo, estetico, simbolico, spirituale ed economico.

25.5 Atlante dei paesaggi rurali nel Lazio

Il territorio laziale si distingue per livelli di variabilità elevati e riconducibili a sistemi ben distinguibili ed ampiamente riconosciuti ricchi di valori paesaggistici, ma anche di beni storico-culturali tutelati per oltre il 67% della regione, sebbene l'espansione insediativa ed infrastrutturale provochi un progressivo consumo di suolo e la frammentazione ed erosione della fisionomia e della biodiversità dei paesaggi rurali [7].

Partendo dalle tavole del Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) e dal Piano di Sviluppo Rurale (PSR), è stata sviluppata un'analisi del paesaggio rurale del Lazio considerando dati:

- storici (usi agricoli storici, vocazione del territorio, vie di pellegrinaggio)
- cartografici (geomorfologia, litologia, uso del suolo, mobilità)
- iconografici e letterari (pittura di paesaggio tra XVI e XIX secolo, saggistica, prosa, poesia, ecc.).

Per l'individuazione dei paesaggi agricoli tradizionali si sono incrociati i dati del Catalogo Nazionale dei Paesaggi Rurali Storici (MIPAAF, 2010) e del PTPR/tavola A / sistemi e ambiti del Paesaggio / paesaggio agrario di rilevante valore, con le informazioni sui prodotti tipici fornite dall'Assessorato all'Agricoltura Regione Lazio.

Da tali sovrapposizioni è nata una carta delle potenzialità del paesaggio

A seguito di tale studio – e nel quadro di una collaborazione tra il Dipartimento di Architettura di Roma Tre, il Comune di Vallecorsa e la Cooperativa agricola locale “La Carboncella” – il paesaggio rurale degli uliveti terrazzati di Vallecorsa è stato candidato e iscritto al Registro Nazionale dei Paesaggi Rurali Storici, istituito dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

Questa iscrizione ha rappresentato una grande opportunità di visibilità di questo spazio rurale interno, favorendo lo sviluppo di un turismo culturale d'eccellenza e la consapevolezza del valore rurale del territorio nelle comunità locali. Sono inoltre previste iniziative e finanziamenti volti al sostegno degli imprenditori agricoli che operano in tale area per favorire la loro permanenza sul territorio, quali ad esempio la possibilità di usufruire di un marchio di qualità (“Paesaggio rurale storico”) che certifichi l'unicità del paesaggio, contribuendo alla valorizzazione dei prodotti tipici e del turismo rurale.



25.7 *Corso tecnico-pratico di costruzione e manutenzione dei muri a secco e terrazzamenti*

«La geografia dei paesaggi rurali storici 'relitti' (rispetto al ruolo dominante dell'agroindustria nelle economie contemporanee) si riferisce, oltre a residui di trame agraria di pochi luoghi di pianura, ad aree prevalentemente collinari e montane, in cui il valore aggiunto dei prodotti tradizionali è rimasto competitivo sia con l'urbanizzazione sia con l'industrializzazione agraria spinta. Per il resto delle aree collinari e montane, in particolare quelle della policoltura, si tratta di aree in gran parte in dismissione, destinate a rafforzare le 'core areas' delle reti ecologiche regionali con l'abbandono e il rimboschimento spontaneo o guidato verso la fruizione delle aree protette. In sintesi si verifica una 'via ecologica' alla liquidazione dei paesaggi rurali storici di interesse paesaggistico (...) In alternativa a questa rinaturalizzazione, non è praticabile una via normativo-vincolistica alla conservazione di questi paesaggi: essi non sono vasi etruschi o reperti archeologici che si possono conservare in una teca museale o in un recinto. Dunque non c'è che una via che definirei socioculturale: un nuovo popolamento rurale che, con nuove finalità socioeconomiche, si prenda cura dei patrimoni della tradizione, mettendoli nuovamente in valore in forma competitiva con le dis-economie prodotte dall'agroindustria sulla qualità e la sovranità alimentare, l'ambiente, il paesaggio e così via» [8].

Uno dei principali obiettivi della tutela indiretta per i paesaggi rurali tradizionali è quello di rinnovare l'interesse per le aree agricole e ritornare alla terra [9] con maggiore frequenza e con modalità diversificate.

Grazie alla collaborazione tra la Cooperativa Agricola "La Carboncella" e il Dipartimento di Architettura di Roma Tre, nel corso della ricerca è stato organizzato un "Corso tecnico-pratico di costruzione e manutenzione dei muri a secco e terrazzamenti", della durata di 4 giornate (21-22 e 28-29 Ottobre 2016), al quale hanno partecipato, insieme, studenti e operai-artigiani della pietra locali. Il corso, tenutosi presso gli uliveti terrazzati, si è articolato in una prima parte teorica con un approfondimento sul ruolo culturale e funzionale dei paesaggi terrazzati nell'area mediterranea e, a seguire, in una parte pratica, un "cantiere-scuola" durante il quale i partecipanti hanno realizzato un tratto di muro a secco sotto la guida di due

mastri maceratori del luogo che hanno messo a disposizione delle nuove generazioni la sapienza tradizionale legata all'arte di costruire a secco.



25.8 *Diffusione dei risultati*

Il fine della presente ricerca è quello di supportare gli enti territoriali, i progettisti, i tecnici, le aziende agricole, le cooperative, le comunità locali nell'individuare buone pratiche di valorizzazione, tutela e uso sostenibile del territorio nei paesaggi rurali tradizionali.

Il giorno 12 giugno 2017, presso il Dipartimento di Architettura dell'Università Roma Tre, è stato organizzato il convegno dal titolo "Agri-culture nel Lazio. Tutela e valorizzazione del patrimonio rurale". La giornata di studi, organizzata dal Dipartimento di Architettura e dal Dipartimento di Studi Umanistici di Roma Tre, ha rappresentato un momento di confronto multidisciplinare tra pubbliche amministrazioni,

studiosi e professionisti che operano nelle aree rurali della Regione Lazio.

Nell'arco dell'intera giornata si sono alternati numerosi relatori che hanno discusso sulle potenzialità delle pratiche agricole tradizionali regionali, dei prodotti tipici, sugli influssi del turismo, sul valore del paesaggio rurale (e della sua tutela) nelle strategie di sviluppo economico delle aree interne. Hanno preso parte all'evento: Carlo Hausmann, Assessore all'Agricoltura Caccia e Pesca della Regione Lazio; Mauro Agnoletti, Osservatorio Nazionale dei Paesaggi Rurali; Antonio Rosati, Amministratore Unico Arsial; Daniele Iacovone, coordinatore del gruppo di progettazione e redazione del PTPR del Lazio; Daniela Bianchi, Consiglio Regionale Lazio; Rita Biasi, Università della Tuscia; Davide Marino, Università degli Studi del Molise.

Nel pomeriggio si sono succedute due sessioni tematiche: la prima, coordinata dalla prof.ssa Elisabetta Pallottino per il Dipartimento di Architettura, ha affrontato il ruolo dialettico del progetto, di architettura e di paesaggio, tra conservazione delle identità locali e trasformazioni necessarie alla sopravvivenza delle coltivazioni. All'interno di questa sessione sono stati illustrati diversi esempi di buone pratiche per la valorizzazione e il recupero di particolari paesaggi rurali (la tenuta di Castel di Guido, il Museo dell'olio della Sabina di Castelnuovo di Farfa, la cantina Podernuovo, il progetto dell'azienda agricola Casal del Giglio a Ponza, il Patto per la ricostruzione e la crescita dell'economia dei Comuni colpiti dal territorio).

La seconda sessione, coordinata dal prof. Claudio Cerreti per il Dipartimento di Studi Umanistici, ha indagato le potenzialità dei sistemi informativi, GIS e telerilevamento per la conoscenza e la promozione delle aree rurali.



La giornata si è conclusa con un aperitivo di prodotti tipici del Lazio, offerto da ARSIAL in collaborazione con Slow Food Lazio.

25.9 Collaborazioni

Il lavoro di ricerca ha potuto usufruire di molte collaborazioni con le Pubbliche Amministrazioni, competenti sulle varie scale di progetto (dal Ministero dell'Agricoltura MIPAAF, all'Assessorato Agricoltura Caccia e Pesca della Regione Lazio) e ha promosso azioni capillari di confronto con le piccole realtà comunali in cui ricadono paesaggi rurali di particolare pregio.

A quest'ultimi e alle aziende agricole, si rivolge prevalentemente l'attività di ricerca, proponendosi come un valido supporto per accompagnare le trasformazioni del territorio nelle aree rurali, preservando allo stesso tempo i caratteri identitari del paesaggio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Agnoletti Mauro, *Paesaggi Rurali Storici. Per un Catalogo Nazionale*, Laterza, Bari, 2010.
- [2] Braudel Fernand, *Il Mediterraneo*, Bompiani, Milano, 2003.
- [3] Frascarelli Angelo, Mariano Eleonora, *Il consumo di suolo agricolo in Italia: una valutazione delle politiche* in *Agriregionieuropa* anno 9 n°33, Giu 2013.
- [4] Per ulteriori approfondimenti si veda il Documento tematico del Gruppo di lavoro "Paesaggio" istituito dal Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali nella PROGRAMMAZIONE SVILUPPO RURALE 2007-2013.
- [5] De Pasquale Giorgia, *Tutelare le pratiche agricole eroiche. Il ruolo del paesaggio e del progetto*, in *Terraced Landscape: choosing the future*, Proceedings of the III World Meeting on Terraced Landscapes (Italy, 6-15 October 2016), ed. Regione Veneto.
- [6] De Pasquale Giorgia, *Proteggere un patrimonio 'vivente'. Strategie di sopravvivenza per i paesaggi rurali tradizionali - Saving a living heritage*.

Survival strategies for rural cultural landscapes, Atti del Convegno "La Baia di Napoli, Strategie integrate per la conservazione e la fruizione del paesaggio culturale", Napoli, 5-6 Dicembre 2016.

- [7] PSRLazio2014-2020.
- [8] Magnaghi Alberto, *Il ruolo dei paesaggi storici nella pianificazione territoriale* in Agnoletti Mauro, *Paesaggi Rurali Storici. Per un Catalogo Nazionale*, Laterza, Bari, 2010.
- [9] De Pasquale Giorgia, *Ritornare alla terra per salvare il paesaggio* in A.A.V.V., *Energie dalla terra, coltivare lo spazio del futuro*, Rapporto 2016, Fondazione MiDa, Edizioni Mida, Salerno, 2016.

26 Strumenti e metodi di indagine per la conoscenza dei paesaggi culturali. Il centro urbano di Manziana ed il suo contesto ambientale

Matteo Flavio Mancini¹⁰³, Giovanna Spadafora

26.1 *Abstract*

La ricerca condotta sul centro urbano di Manziana (RM) e sul contesto ambientale¹⁰⁴ ha avuto come obiettivo quello di proporre un metodo di indagine per la conoscenza dei paesaggi culturali basato prevalentemente sull'uso di strumenti grafici digitali sia bidimensionali che tridimensionali. Lo studio è stato condotto in modo interscalare per poter analizzare le varie componenti, naturali e artificiali, che costituiscono il paesaggio culturale del territorio di Manziana. In particolare, gli argomenti oggetto di ricerca sono stati: alla scala territoriale, il tema della intervisibilità tra alcuni centri abitati in relazione al loro luogo di fondazione; alla scala urbana, il progetto redatto intorno al 1590 da Ottaviano Mascherino per l'impianto del borgo di Manziana; alla scala architettonica, il progetto dello stesso architetto bolognese per il Palazzo del Santo Spirito (attuale Palazzo Tittoni) a confronto con il rilievo di quanto effettivamente realizzato.

26.2 *La scala territoriale: analisi di intervisibilità per i paesaggi culturali*

Lo studio delle trasformazioni territoriali, nella loro consistenza e nella

¹⁰³ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre.

¹⁰⁴ Il lavoro di ricerca è stato seguito dalla prof.ssa Giovanna Spadafora in qualità di tutor e ha visto inoltre il contributo del prof. Saverio Sturm, entrambi afferenti al Dipartimento di Architettura della Università degli Studi Roma Tre.

loro durata, da una parte testimonia la presenza di risorse naturali e dall'altra racconta l'organizzazione sociale, il clima culturale, le azioni degli uomini: si può, quindi, "affermare che sono le trasformazioni territoriali a fare storia" [1]. In questa analisi complessiva, riconoscere la presenza di relazioni visivo-spaziali che possano aver guidato gli insediamenti all'interno di un territorio, significa consolidarne la conoscenza storica e acquisire consapevolezza dei caratteri identitari dei luoghi, condizione che dovrebbe essere guida ineludibile nelle azioni di recupero e pianificazione. Attraverso l'uso di modelli territoriali e immagini satellitari, la verifica di interscambiabilità si pone come strumento per individuare quali allineamenti e quali rimandi visivi sia possibile cogliere ancora oggi, e quali di questi possano essere inseriti nei processi di valorizzazione ambientale.

Situata nell'Etruria meridionale, l'area oggetto di studio risente di una serie di affascinanti allineamenti, che trovano la loro origine in quelli storico-mitici già messi in luce da Cristian Norberg Schultz alla scala regionale [2]. Più nel dettaglio, i tre centri di Manziana, Canale Monterano e Oriolo Romano definiscono un'area di forma triangolare il cui elemento ambientale cardine è costituito dal Monte Sassano. Sul suo versante nord venne

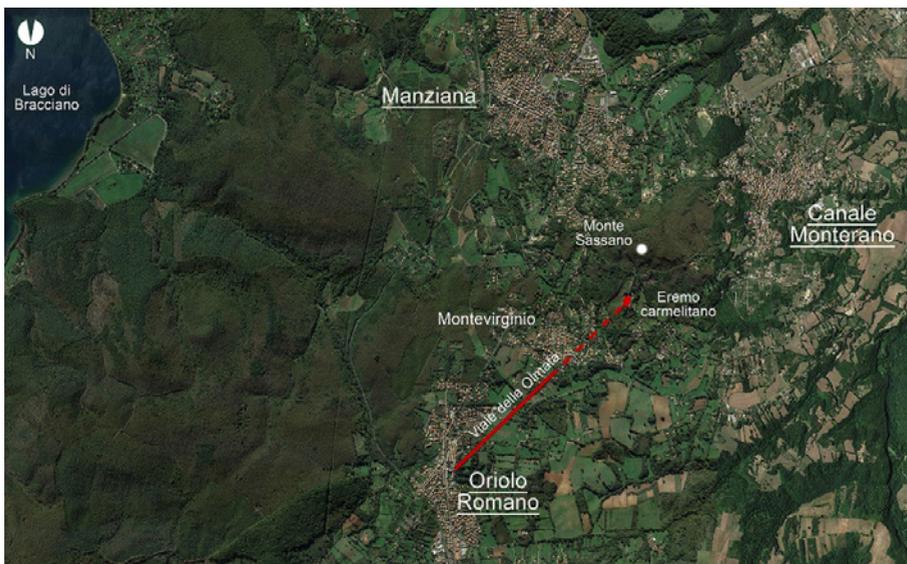


Fig. 1 – Immagine satellitare dell'area di studio. Il cannocchiale prospettico tra Oriolo e l'eremo di Monteverginio (in rosso)

costruito tra il 1651 e il 1668 l'Eremo di Monteverginio.

Nelle attuali immagini satellitari (Fig. 1) è leggibile il Viale della Olmata che, partendo dal bastione di Palazzo Altieri di Oriolo, raggiunge dopo 4 Km il piccolo abitato di Monteverginio e punta idealmente verso la chiesa all'interno dell'Eremo. Il complesso eremitico, a sua volta, presenta nell'impianto generale un sistema di assi viari che ripropongono l'istogramma cristologico, dettagliatamente descritto in Sturm [3], mentre i singoli centri urbani rivelano, nel loro impianto, gli ideali che ne hanno guidato la concezione.

La definizione di visibilità teorica [4], ovvero dell'operazione attraverso cui si verifica se i raggi visuali siano o meno interrotti da eventuali ostacoli, descrive un problema che è, a tutti gli effetti, di natura squisitamente geometrico-descrittiva, risolvibile attraverso l'applicazione di concetti come proiezione, sezione e appartenenza reciproca degli enti rappresentati.

La comprensione della definizione minima del problema di intervistibilità tra due punti è fondamentale per la costruzione di un algoritmo in grado di compiere, correttamente e in modo automatico, l'analisi di intervistibilità. Data la superficie α , che rappresenta un territorio, un punto di osservazione O , il punto A , visibile per costruzione, e il punto B , non visibile, si verifica che il raggio visuale OA interseca la superficie una sola volta in corrispondenza del punto A , mentre il raggio visuale OB interseca α due volte, una delle quali coincidenti con il punto B . L'algoritmo, tenendo conto dei rapporti di appartenenza degli enti geometrici sui quali opera, assegna ad ogni raggio visuale una lista di coordinate x, y, z che rappresenta l'elenco dei punti di intersezione di quel raggio con la superficie α . Si verifica inoltre che la lista corrispondente al raggio visuale riferito al punto A , visibile, sia costituita da un'unica stringa di coordinate e che queste corrispondano esattamente alle coordinate del punto A ; diversamente, la lista corrispondente al raggio visuale riferito al punto B , non visibile, è costituita da due stringhe di coordinate, in cui la prima terma corrisponde al punto di intersezione che costituisce l'ostacolo alla visibilità del punto B e la seconda corrisponde alle coordinate del punto B . La condizione necessaria e sufficiente perché un punto P qualsiasi sia visibile dal punto di osservazione O prescelto è, dunque, che la lista dei punti di intersezione del raggio visuale riferito al punto P sia costituita da

una sola stringa.

L'algoritmo messo a punto è in grado di compiere tre tipi di verifiche (Fig. 2) di cui riassumiamo brevemente i risultati ottenuti sul caso studio:

- L'*Analisi punto-punto*, effettuata tra la piazza di Manziana e il castello Odescalchi di Bracciano, mostra come quest'ultimo sia visibile dalla piazza. I centri di rappresentanza dei due borghi risultano dunque confrontarsi reciprocamente in un dialogo ideale che è ipotizzabile esistesse già prima della realizzazione della sistemazione cinquecentesca di Manziana.
- L'*Analisi punto-linea*, effettuata tra il palazzo Altieri di Oriolo e l'eremo carmelitano di Monteverginio, conferma l'allineamento rappresentato dal Viale della Olmata e mette in evidenza una condizione visuale particolarmente suggestiva e difficile da verificare in situ a causa della folta vegetazione presente: l'alternarsi di tratti in ascesa e in discesa, e in particolare la presenza del rilievo su cui sorge il centro abitato di Monteverginio, causano una contrazione delle distanze percepite dovuta al fatto che, da palazzo Altieri, non sia visibile la porzione di territorio che divide il centro di Monteverginio dall'eremo che, dunque, appaiono come una unità più solidale di quanto in realtà non siano. Tale condizione, pur non potendo essere attribuita a precise intenzioni progettuali, è un dato di fatto sul quale ulteriori riflessioni sono opportune per una sua adeguata valorizzazione.
- L'*Analisi punto-superficie*, effettuata dalla piazza di Manziana, estende i risultati della Analisi punto-punto poiché, da un lato, conferma la visibilità del castello Odescalchi di Bracciano, dall'altro evidenzia come questo si trovi nell'unica, ristretta, area del borgo visibile da Manziana. Una situazione analoga si verifica in riferimento al borgo di Anguillara Sabazia mentre risultano pressoché interamente visibili le coste sud orientali del lago, fino al centro di Trevignano.

La presenza nell'area di studio di questi allineamenti e cannocchiali prospettici conferma il ruolo della *vista* nella progettazione degli spazi aperti e nella loro connessione con l'architettura. Le applicazioni sperimentali descritte dimostrano la loro efficacia nel consentire lo studio oggettivo, attraverso nuovi strumenti, di tali condizioni di intervisibilità.

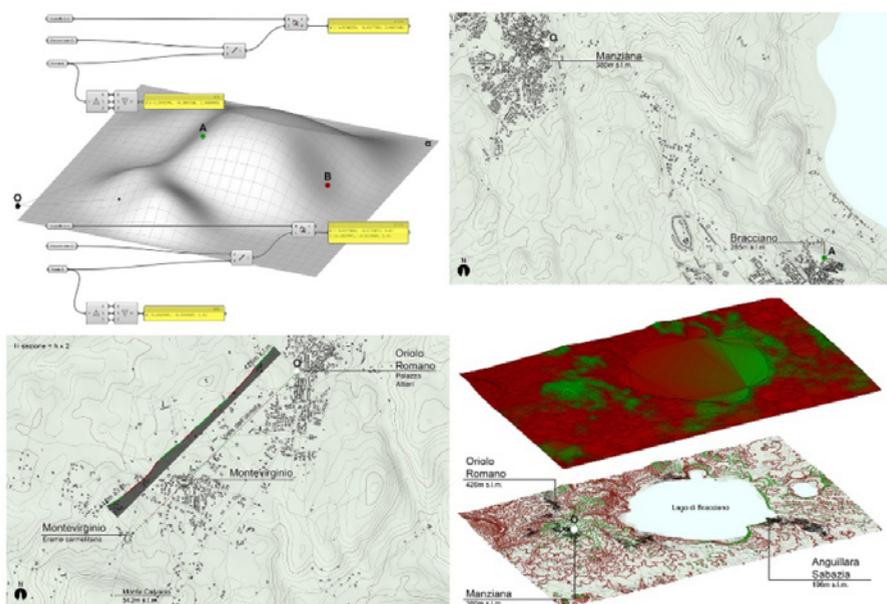


Fig. 2 – Definizione del problema geometrico (in alto a sinistra); Analisi punto-punto (in alto a destra); Analisi punto-linea (in basso a sinistra); Analisi punto-superficie (in basso a destra)

26.3 La scala urbana: l'impianto della nuova Manziana

Il *corpus* dei disegni di progetto, conservato nel Fondo Mascarino presso l'Archivio Storico della Accademia Nazionale di San Luca, è composto da nove disegni di cui sette riferibili al progetto per la nuova sistemazione del nodo costituito dal sistema di piazza-palazzo-chiesa-case a schiera [5]. Lo studio si è concentrato in particolar modo sulla prima fase progettuale riguardante la piazza e il palazzo; questa è infatti descritta dalla serie più completa e omogenea, costituita dai disegni ASL 2553 (disegno planimetrico della piazza), ASL 2554, ASL 2584 (piante del palazzo) e ASL 2585 (prospetto del palazzo) (Fig. 3).

Quando Mascherino visita Manziana per un primo sopralluogo, nel 1589, si trova di fronte a uno slargo digradante rapidamente verso est e aperto alla vista sul lago di Bracciano. Su questo spiazzo, dove esisteva già la Chiesa di San Giovanni Battista, costruita tra il 1570 e il 1576, confluivano almeno tre strade: una con andamento est-ovest, era quella

lungo la quale, nel 1570, aveva iniziato a strutturarsi il centro urbano e che Mascherino indica, nel disegno planimetrico riferito al progetto della piazza, come *La strada di l'Oriolo*; un'altra strada raggiungeva lo spiazzo provenendo da sud-ovest (l'attuale via Roma) mentre la terza, indicata come *strada che v' a la Fiora*, proveniva da nord-ovest e collegava l'abitato alla Chiesa della Madonna della Fiora (Fig. 4).

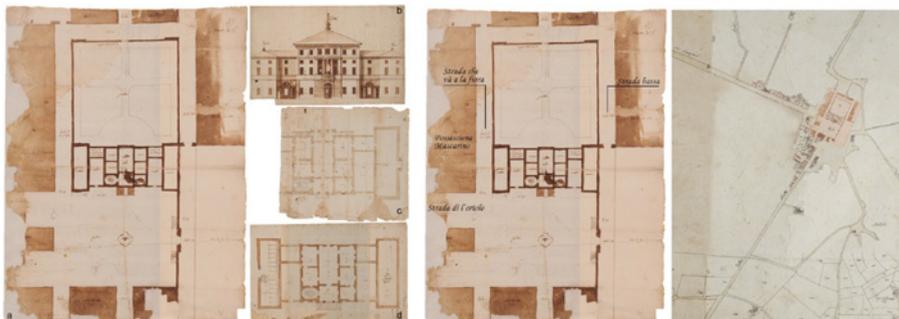


Fig. 3 – I disegni del Mascherino riferibili alla prima fase progettuale: ASL 2553 (a), ASL 2585 (b), ASL 2554 (c), ASL 2584 (d). (a sinistra); Fig. 4 – A sinistra, il progetto della piazza. A destra, sovrapposizione del progetto su una rielaborazione del catastrale Gregoriano (1820 ca.) (a destra)

Su queste tre strade Mascherino imposta il progetto della piazza, regolizzandone la forma mediante il disegno di un palazzo, con annesso giardino retrostante, collocato sul lato nord [6]. Il prospetto era pensato in asse con la strada che proveniva da sud-ovest e una fontana quadrilobata ne accentuava il canocchiale prospettico. L'invaso della piazza era poi delimitato a ovest dalla facciata della Chiesa di San Giovanni Battista. A est, invece, un belvedere apriva lo spazio urbano alla vista panoramica verso Bracciano¹⁰⁵. Dalla quota della piazza, due opposte rampe di scale scendevano alla Strada bassa accedendovi tramite una porta di una certa imponenza, a giudicare dal fatto che essa appare, nel disegno, leggermente aggettante rispetto al filo del muro di contenimento del terrapieno.

Il progetto iniziale di Mascherino ebbe però un altro destino: il palazzo baronale venne riprogettato con una serie di varianti fino ad assumere la

¹⁰⁵ Il disegno planimetrico è necessariamente sommario nella definizione degli elementi architettonici del palazzo: le finestre non compaiono e l'acquerello è usato indifferentemente per indicare la sezione del volume edilizio e il muretto che delimitava la piazza a est.

conformazione che vediamo oggi; il versante est della piazza, a fine Ottocento, fu occupato dalla costruzione di alcune abitazioni, tra le quali, però, si lasciò un varco con una scalinata per scendere alla quota sottostante¹⁰⁶. Queste abitazioni vennero successivamente demolite nel corso del Novecento, restituendo alla piazza il suo affaccio panoramico, ma non le dimensioni pensate da Mascherino. Le demolizioni hanno infatti eliminato i volumi che prospettavano sulla piazza, lasciando quelli sottostanti che colmavano il salto di quota, ai quali si è aggiunto un ulteriore volume su cui oggi si trova un giardino con giochi per bambini.

Rimane però la suggestiva prospettiva che inquadra la facciata del palazzo baronale, ora Tittoni, entrando a Manziana da via Roma, e la vista sul lago di Bracciano così come le aveva pensate Ottaviano Mascherino.

26.4 *La scala architettonica: il Palazzo del Santo Spirito*

I quattro disegni relativi al progetto del palazzo del S. Spirito, compreso quello inserito nella ipotesi di sistemazione generale della piazza, presentano un comune impianto in cui la distribuzione e le proporzioni complessive risultano compatibili. La letteratura critica più recente si è divisa sulla interpretazione dei rapporti tra questi disegni, assumendo due diverse posizioni: l'una vede i disegni ASL 2554 e ASL 2584 come varianti di una medesima fase progettuale, l'altra li interpreta come piante di diversi livelli dello stesso progetto [6, 7]. Le due piante si differenziano però per la presenza di una loggia posteriore, il cui inserimento provoca il ridimensionamento della profondità della loggia prevista sul fronte principale. Questi dati, di per sé già sufficienti per dubitare che le due piante si riferiscano a una stessa fase progettuale, vengono rafforzati da una considerazione di natura grafica: il progetto planimetrico d'insieme, ASL 2553, risulta eseguito in scala 1:270ca.¹⁰⁷; la pianta del disegno ASL

¹⁰⁶ Nel catasto rustico è possibile vedere il disegno del varco di accesso alla scala.

¹⁰⁷ Il calcolo è stato effettuato misurando la riduzione in scala dei palmi romani convertiti secondo l'equivalenza standard di 1 palmo = 22,34 cm. Il risultato, comunque ritenuto affidabile, ammette un lieve grado di approssimazione dovuto alla lettura della misura di riferimento, alla conversione delle unità di misura e alle deformazioni introdotte dal

2554, in scala 1:88ca.; la pianta del disegno ASL 2584, in scala 1:105ca.; mentre il prospetto del disegno ASL 2585, risulta eseguito in scala 1:90ca. L'analisi appena descritta evidenzia come gli unici due elaborati riguardanti il palazzo che possano essere stati eseguiti contemporaneamente siano la pianta del disegno ASL 2554 e il prospetto del disegno ASL 2585. Questa osservazione viene corroborata dalle corrispondenze che è possibile rintracciare per quanto riguarda i principali allineamenti degli elementi architettonici.

Il metodo di indagine che è stato applicato ai disegni selezionati consiste in un adattamento al disegno architettonico di quanto applicato in campo filologico allo studio dei testi letterari. L'obiettivo è ottenere una *edizione diplomatica*, che dia conto di tutte le qualità materiali e di eventuali errori occorsi durante la stesura dell'opera, e una edizione critica in cui si proceda alla stesura di un testo che sia privo di errori, coerente, epurato da eventuali aggiunte o modifiche improprie. Tale metodo può evidentemente essere applicato, con le dovute specializzazioni, allo studio dei disegni di geometria e di architettura¹⁰⁸.

Nel caso specifico dei disegni di progetto del Mascherino per Manziana, alla edizione diplomatica è stato affidato il compito di restituire la trama dei segni tracciati a matita per il disegno preparatorio e, ove presenti, i fori di compasso individuabili (Fig. 5).

Le edizioni critiche assumono tale corredo, insieme ai commenti scritti grafici presenti, come dati di pari importanza rispetto al disegno definitivo e procedono alla interpretazione critica del disegno riconducendolo al suo modello compositivo ideale (Fig. 6).

L'analisi condotta evidenzia la presenza di una fitta rete di segni preparatori che talvolta coincidono con gli elementi architettonici e talaltre rappresentano segni ordinatori generali come assi di simmetria e allineamenti tra

supporto, nonché dal suo stato di conservazione.

¹⁰⁸ Per approfondire le basi teoriche sulle quali è stato fondato il metodo di studio dei disegni, con particolare riguardo per i casi in cui questi siano accompagnati da un testo letterario, si veda l'introduzione del Tomo II – Disegni, curata da Riccardo Migliari (in corso di stampa per i Tipi del Poligrafico e Zecca dello Stato) e quanto esposto in precedenza dai curatori delle edizioni critiche dei disegni dei due trattati già pubblicati nell'Edizione Nazionale: Di Teodoro 1995; Valerio 2012.



Fig. 5 – L'edizione diplomatica dei disegni ASL 2553, ASL 2585 e ASL 2554 (a sinistra); Fig. 6 – L'edizione critica dei disegni ASL 2585 e ASL 2554 (a destra)

fronti stradali. Nella pianta del piano nobile, disegno ASL 2554, è possibile inoltre riconoscere alcuni fori di compasso: alcuni di questi sono serviti al tracciamento delle sezioni orizzontali delle colonne, altri fanno parte della costruzione dell'ovale della scala elicoidale. In generale, sia il disegno sia le note testuali lasciateci dal Mascherino sembrano alludere ad una progettazione guidata dall'uso rigoroso di una griglia quadrata modulare della misura di un palmo, sulla quale vengono staccate le dimensioni degli ambienti, con una spiccata predilezione per le misure intere. Il ricorso alle frazioni di palmo è limitato alla sola definizione di elementi di dettaglio e al dimensionamento in alzato delle bucatore. Non sono invece rintracciabili schemi proporzionali riferibili a rettangoli aurei o armonici. Il progetto dell'alzato mostra inoltre un ripensamento relativo alla altezza del colmo del tetto e la presenza di cornici attorno alle finestre che non sono state confermate nella definizione finale del prospetto.

Quanto effettivamente realizzato a Manziana differisce notevolmente dal progetto che abbiamo finora descritto. Per questo motivo è stato eseguito il rilievo topografico e fotogrammetrico della piazza principale, dei suoi fronti e di palazzo Tittoni.

Il confronto tra l'edizione critica dei disegni di progetto del Mascherino e le restituzioni della pianta del piano nobile e del prospetto di rilievo evidenzia notevoli diversità morfologiche: manca un livello del corpo centrale

del fabbricato, così come le ali laterali di servizio e i loggiati previsti verso il giardino e sulla piazza – quest'ultimo sostituito da un semplice balcone –; modificato lo schema della scala; spiccano le due torri che stringono il fronte del palazzo verso il giardino.

Ciò che segna la continuità tra il progetto e la realizzazione sono invece la tipologia distributiva le caratteristiche metriche che presentano scarti compresi tra i 30-40 cm e i 95 cm (ovvero tra i 2 palmi e i 4 ½ palmi).

Questa situazione suggerisce che il progetto attestato nei disegni conservati presso l'Accademia Nazionale di San Luca, pur stravolto dal punto di vista formale, sia stato, se non attuato almeno in una prima fase di fondazione, quantomeno seguito per quanto riguarda i suoi aspetti funzionali e distributivi e attuato attraverso un notevole processo di semplificazione (Fig. 7).

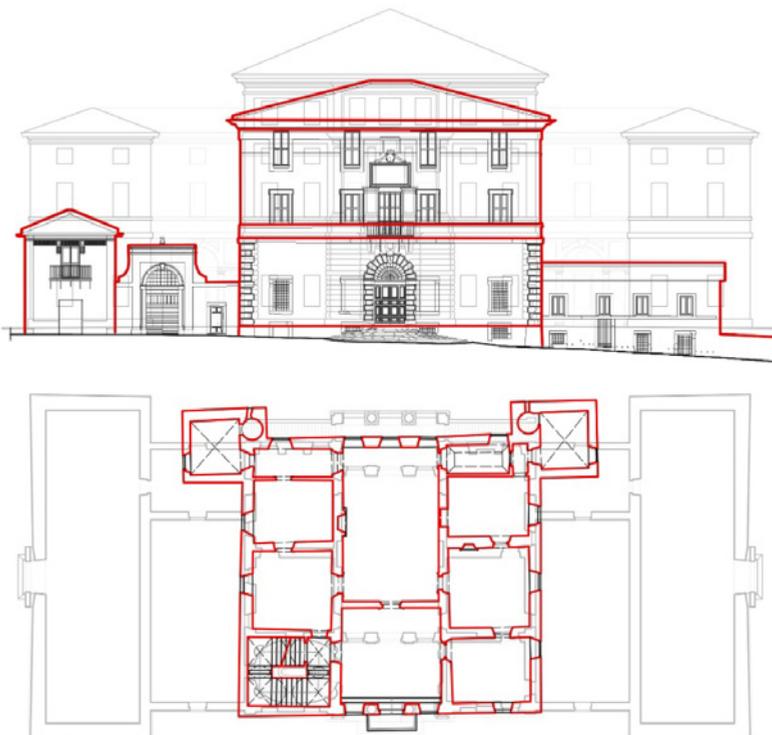


Fig. 7 – Sovrapposizione tra il progetto del Mascherino per il palazzo del Santo Spirito e l'edificio realizzato

26.5 Conclusioni

Gli strumenti della rappresentazione grafica digitale hanno dimostrato di poter efficacemente contribuire alla conoscenza dei paesaggi culturali attraverso le diverse applicazioni proposte. L'analisi tridimensionale dei valori di intervisibilità si è dimostrata un importante strumento di conoscenza sia in funzione di iniziative volte ad una loro tutela o ripristino, che riconfermi il carattere identitario dei luoghi, sia in funzione di interventi di progettazione e valorizzazione attuati attraverso l'istituzione di percorsi turistici.

Il rilievo tridimensionale e la metodologia di analisi dei disegni storici di progetto attuata sui disegni presenti nel Fondo Mascarino hanno invece dimostrato la centralità degli strumenti del disegno nel processo di conoscenza e interpretazione di una architettura storica e, in particolare, la loro capacità di fornire dati oggettivi sui quali procedere alla riflessione critica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Guzzo, P.G. (2002). *Natura e storia nel territorio e nel paesaggio*. Roma: «L'Erma» di Bretschneider.
- [2] Norberg-Schultz, C. (1979). *Genius Loci*. Milano: Electa.
- [3] Sturm, S. (2002). *L'Eremo di Monteverginio e la tipologia del Santo Deserto*. Roma: Gangemi.
- [4] Li, Z. Zhu, Q. Gold, C. (2005). *Digital terrain modeling: principles and methodology*. Boca Raton: CRC Press.
- [5] Wasserman, J. (1966). *Ottaviano Mascarino and His Drawings in the Accademia Nazionale di San Luca*. Roma: Libreria Internazionale Modernissima.
- [6] Sturm, S. (2014). *Sulla fondazione di Manziana. Dal Tenimentum castris Sanctae Pupae al piano ideale del Santo Spirito*. Roma: Artemide.
- [7] Colonna, F. (2016). Ottaviano Mascarino e la ridefinizione 'alla moderna' del borgo di Manziana. In Ricci, Maurizio (a cura di). *Mascariniana. Studi e ricerche sulla vita e le opere di Ottaviano Mascarino*. Roma: Campisano.

- [8] Di Teodoro, F. (1995). Tomo II: Disegni. In Piero della Francesca. *Libellus de quinque corporibus regularibus. Corredato dalla versione volgare di Luca Pacioli. Edizione nazionale degli Scritti di Piero della Francesca I.* Firenze: Giunti.
- [9] Valerio, V. (2012). Tomo II: Disegni. In Piero della Francesca. *Trattato d'abaco. Edizione nazionale degli Scritti di Piero della Francesca II.* Roma: Poligrafico e Zecca dello Stato.

27 Un contributo alla costruzione di un quadro unitario del paesaggio storico laziale, sulla base dei documenti del Catasto Gregoriano: il Sistema Informativo Territoriale della città storica di Tivoli

Antonio Cimino, Elisabetta Pallottino¹⁰⁹

27.1 Abstract

Il progetto *SMART ENVIRONMENTS. Valorizzazione della ricerca e crescita del territorio negli ambienti intelligenti*, nell'ambito dei Beni Culturali ha come obiettivo quello di definire nuove soluzioni tecnologiche/informatiche che contribuiscano ad incrementare significativamente il bacino di attrazione dei beni culturali laziali e producano conseguentemente una crescita economica del contesto regionale sulla base di una più larga diffusione di conoscenza e promozione della cultura e del turismo.

In armonia con gli obiettivi espressi nel progetto *Smart Environment* e al fine di informatizzare e gestire dati sul paesaggio storico laziale (provenienti anche da fonti diverse), nell'ambito del presente lavoro di ricerca "*Manutenzione ed implementazione nel territorio laziale del WebGIS "Descriptio Romae"*" è stato sviluppato un Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) nel territorio compreso entro i confini amministrativi del comune di Tivoli.

Tale S.I.T. realizzato mediante l'uso di strumenti GIS, divenuti oramai fondamentali per lo studio, l'analisi e la condivisione di dati di tipo territoriale, contiene informazioni storiche sul territorio (prevalentemente in materia urbanistica ed edilizia) che consentono di ricostruire l'immagine urbana ed archeologica della Tivoli ottocentesca. La banca dati di base costituita dai documenti ottocenteschi del Catasto Pio-Gregoriano (mappe catastali e brogliardi) contiene informazioni sugli edifici riguardanti la toponomastica, la natura o genere di coltivazione (casa, palazzo,

¹⁰⁹ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre.

bottega...), la proprietà o possidenti e la superficie.

Date le caratteristiche architettrali il S.I.T. può essere continuamente aggiornato, racchiudere e mettere in connessione tra loro dati ed informazioni provenienti da altre fonti (documenti di architettura e archeologia urbana provenienti dagli archivi storici, i quali possono essere collegati, attraverso le coordinate geografiche, al luogo e quindi all'oggetto digitalizzato – piazza, strada, edificio, ecc. – al quale esso si riferisce), diffondere e condividere le informazioni elaborate con una platea di utenti che comprenda anche i turisti cosiddetti culturali.

Dal punto di vista metodologico il lavoro di ricerca parte dal progetto *Descriptio Romae WebGIS*, la cui banca dati di base è costituita dai documenti del Catasto Pio-Gregoriano.

La scelta di usare una banca dati di base comune (che caratterizza anche il *WebGIS* per la città storica di Viterbo¹¹⁰), contribuisce a realizzare un quadro unitario complessivo del paesaggio storico laziale, che consente di compiere interrogazioni, analisi e studi, attraverso la sovrapposizione ed il confronto con banche dati realizzate da altri enti e istituzioni.

27.2 *Il sistema informativo*

Il progetto *Smart Environments* individua nei Beni Culturali una delle maggiori risorse della regione Lazio anche dal punto di vista economico e prevede un insieme coordinato di interventi che mirano ad una migliore fruizione del grande patrimonio storico, naturale e culturale della Regione (azioni del Task 1.1 Beni Culturali fruizione, promozione, servizi, flussi), mediante lo sviluppo di soluzioni tecnologiche capaci di *incrementare il bacino di attrazione dei beni culturali laziali attraverso nuove modalità di fruizione in cui i visitatori diventano elementi attivi della costruzione della propria esperienza* e *una gestione complessiva più efficace dei beni culturali*

¹¹⁰ I progetti sulla città di Roma entro le mura Aureliane (*Descriptio Romae WebGIS*) e sulla città storica di Viterbo sono stati realizzati dal DIPSU (Dipartimento di Studi Urbani) della Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, ora confluito nel Dipartimento di Architettura, in collaborazione con altre Istituzioni.

e delle reti museali¹¹¹.

Il progetto di ricerca “*Manutenzione ed implementazione nel territorio laziale del WebGIS “Descriptio Romae”*”, coerentemente con gli obiettivi espressi nel progetto Smart Environments di cui rappresenta una linea di azione (SubTask 1.1.2¹¹²), persegue l’obiettivo di costruire (utilizzando gli strumenti GIS) una banca dati geografica di base sul paesaggio laziale, su cui si possano compiere analisi e studi (i beni paesaggistici sono definiti dall’art.2 del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 “*espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio*” ed assieme ai Beni Culturali definiscono il Patrimonio Culturale), diffondere e consultare le conoscenze acquisite attraverso applicazioni WebGIS, contribuire alla valorizzazione e fruizione del paesaggio storico.

L’ambito paesaggistico su cui è stata realizzata l’applicazione, sviluppata all’interno del presente lavoro di ricerca, coincide con il perimetro amministrativo del comune di Tivoli.

Le analisi e gli studi sul paesaggio vengono realizzati attraverso gli strumenti GIS al fine di costruire un quadro di conoscenze approfondito del paesaggio storico, di valutarne la qualità, le trasformazioni avvenute nel tempo e di promuovere eventuali processi di riqualificazione e trasformazione ai fini della loro valorizzazione.

Realizzare però un quadro di conoscenze approfondito del paesaggio è reso difficile e complicato, anche paradossalmente dalla vastità e ricchezza del patrimonio paesaggistico stesso e delle numerose fonti documentarie (cartografie, testi, documenti e fondi archivistici); queste ultime, infatti, sono disseminate in banche dati spesso non confrontabili

¹¹¹ Progetto SMART ENVIRONMENTS. Valorizzazione della ricerca e crescita del territorio negli ambienti intelligenti. REGIONE LAZIO Assessorato Formazione, Ricerca, Scuola e Università Direzione Regionale Formazione, Ricerca e Innovazione Scuola e Università, Diritto allo Studio Area Ricerca e Innovazione per la Programmazione Regionale.

¹¹² “L’obiettivo del SubTask consiste nella programmazione e sviluppo di azioni integrate di ricerca e formazione per la documentazione, la conservazione, il restauro e la valorizzazione del paesaggio culturale e del patrimonio architettonico, archeologico, ambientale di alcuni ambiti territoriali della Regione Lazio. L’obiettivo verrà perseguito attraverso applicazioni pilota su contesti ambientali, naturali e antropizzati per i quali si produrranno forme organizzate di conoscenza (Piattaforme digitali) utili al governo dei servizi alla fruizione...” (SMART ENVIRONMENTS. Valorizzazione della ricerca e crescita del territorio negli ambienti intelligenti. Workpakages).

tra loro, cosa che impedisce di fatto l'interscambio di informazioni e conoscenze, ed conservate in archivi siti in luoghi diversi ed organizzati in modo differente, dal punto di vista della consultazione, determinando di fatto pesanti condizionamenti alla consultazione stessa. Numerose banche dati geografiche esistenti, progettate dai più disparati enti ed istituzioni sono per nulla o scarsamente collegate tra loro, pur riguardando temi comuni e caratterizzate, talvolta, dalla mancata adozione di standard aperti e condivisi e di interoperabilità tra sistemi informativi. L'insieme di queste criticità, non solo ostacola la condivisione e un approfondimento delle conoscenze acquisite, poiché impedisce la possibilità di sovrapporre e confrontare le informazioni elaborate dai diversi sistemi, ma comporta anche una forte dispersione di energie e di risorse di natura finanziaria.

In armonia con gli obiettivi espressi nel progetto Smart Environment e al fine di informatizzare e gestire dati sul paesaggio storico laziale (provenienti anche da fonti diverse), nell'ambito del presente lavoro di ricerca "Manutenzione ed implementazione nel territorio laziale del WebGIS "Descriptio Romae" è stato sviluppato un nel territorio compreso entro i confini amministrativi del comune di Tivoli.

Il Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) sul paesaggio storico della città di Tivoli, oggetto del presente lavoro di ricerca, rappresenta una valida soluzione a molte delle predette criticità.

Le fasi e la metodologia applicata per realizzare le varie operazioni¹¹³ di costruzione del S.I.T. sono analoghe a quelle del progetto "Descriptio Romae WebGIS"¹¹⁴ [Fig. 1]. La replicabilità di questa metodologia, oramai

¹¹³ Le fasi sono le seguenti: operazione di georeferenziazione, vettorializzazione e progettazione e realizzazione del database geografico.

¹¹⁴ Il progetto "Descriptio Romae WebGIS" è stato coordinato dal prof. Paolo Micalizzi e realizzato dal Dipartimento di Architettura con la collaborazione dell'Archivio di Stato di Roma, della Sovrintendenza Capitolina e successivamente dell'Archivio Capitolino e dell'Istituto Nazionale per la Grafica. La base [informativa] del progetto "Descriptio Romae WebGIS" è costituita dalle mappe e dai relativi registri (brogliardi) del Catasto Gregoriano, istituito da Papa Pio VII nel 1816 ed attivato sotto il papato di Gregorio XVI nel 1824 nella città di Roma e nel 1835 nel resto dello Stato Pontificio. Su tale base informatizzata sono state collegate basi cartografiche più antiche (la pianta di GB Nolli) e più recenti (gli aggiornamenti del Catasto Gregoriano) e un considerevole numero di schede e di documenti iconografici sulla architettura della città storica: diversi fondi conservati nell'Archivio di Stato di Roma ("Lettere Patenti", "Notai del Tribunale delle Acque e Strade", "Chirografi

sperimentata in diversi contesti regionali (seguita anche per realizzare il WebGIS per la città storica di Viterbo), consentirà via via di realizzare una banca dati geografica di base unitaria che una volta estesa all'intero territorio laziale contribuirà a costruire un quadro unitario del paesaggio storico laziale e del suo uso a partire dai primi decenni del XIX secolo, su cui compiere interrogazioni, analisi e studi anche mediante il confronto con altre banche dati.



Fig. 1 – Il progetto “Descriptio Romae WebGIS”

Nel S.I.T. sulla città storica di Tivoli, come per i progetti già realizzati Descriptio Romae WebGIS e città storica di Viterbo, l'elemento base per l'archiviazione/interrogazione informatica di informazioni territoriali è la banca dati del Catasto Gregoriano. A tal proposito “*giova ricordare che la cartografia storica sulla città di Roma [e su tutto il territorio pontificio] e i*

Pontifici” e “Disegni e Piante”); il fondo dell'Archivio Capitolino “Titolo 54” ; le incisioni settecentesche di Giuseppe Vasi (tratte dal libro III Delle magnificenze di Roma del 1753) e di G.B. Piranesi, tratte dalle Vedute di Roma. Il progetto è consultabile online all'indirizzo www.dipsuwebgis.uniroma3.it, in maniera gratuita, attraverso una duplice modalità: di tipo puntuale o tematico. Nel primo caso interrogando direttamente l'oggetto grafico, corrispondente alla particella catastale, si ottengono informazioni catastali (natura, nome del proprietario...) e relative al documento iconografico eventualmente collegato alla particella; nel secondo caso si realizza una ricerca, di tipo tematico, per nome dei proprietari, vie- attuali ed antiche- tipologie di documenti di archivio.

relativi brogliardi (registri ove è riportata la consistenza di ogni singolo immobile e il nome del/dei rispettivi proprietari) formano una serie di documenti storico urbanistici di elevatissima precisione e qualità; essi costituiscono quindi il riferimento di base per ogni studio sulla architettura e l'urbanistica della città"¹¹⁵.

La sperimentazione sulla città di Tivoli si configura come una banca dati geografica, realizzata tramite il programma open source QGIS, contenente informazioni storiche sulla città storica. Detta banca dati, come già detto, è costituita dai documenti del Catasto Pio-Gregoriano (mappe catastali rappresentate in scala 1:1000 ed 1:2000 e brogliardi), ricostruisce l'immagine della città ottocentesca sulla base delle informazioni riportate nei predetti documenti catastali, dà una serie di dati sulla toponomastica, sulla geometria e natura dell'edificato (casa, palazzo, bottega...), sulla proprietà, riporta la suddivisione degli immobili contraddistinti dalle relative particelle catastali e classificate secondo una numerazione progressiva. I suoi livelli informativi sono:

- il quadro georeferenziato dei 10 fogli di mappa del Catasto Pio-Gregoriano [Fig. 2]. Le mappe conservate nell'Archivio di Stato di Roma, comprendono l'intero territorio comunale e sono in scala 1:2000 e 1:1000 (quella relativa all'ambito dell'attuale centro storico). La cartografia di base usata come riferimento per realizzare la georeferenziazione delle mappe è costituita dalle Carte Tecniche della Regione Lazio (C.T.R.) in scala 1:5000. Il sistema di riferimento geografico utilizzato è ED50 UTM33N;
- la mappa vettoriale, che riporta i poligoni corrispondenti alle particelle catastali dell'edificato compreso nel perimetro del centro storico, con numerazione catastale progressiva collegata alla banca dati geografica dei brogliardi (contenente per le singole particelle catastali il numero e subalterno, natura, possidente, denominazione del terreno, genere di coltivazione, giacitura del terreno, superficie) [Fig. 3].

¹¹⁵ Paolo Micalizzi, "Il Progetto", in L'informatizzazione della cartografia storica di Roma. Aspetti urbanistici, archeologici, archivistici e tecnici (Paolo Micalizzi, Stefano Magaudda, Paolo Buonora, Luca Sasso d'Elia), Atti del Convegno SITAR Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma, Roma 26 ottobre 2010.



Fig. 2 – Esempio di georeferenziazione e quadro delle mappe catastali

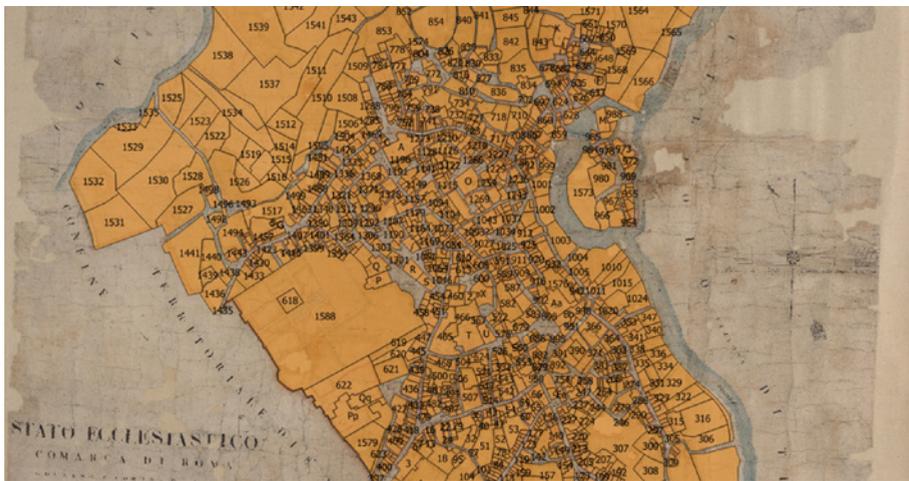


Fig. 3 – Stralcio di vettorializzazione del foglio n.140 della Comarca di Roma

Alla mappa vettoriale è stata associata un database geografico realizzato con il software open source PostgreSQL¹¹⁶ con estensione PostGIS per l'elaborazione spaziale. Alla base della progettazione del database geografico vi è l'obiettivo di organizzare e armonizzare i dati del Catasto Gregoriano di Tivoli, in una logica di sistema (ovviamente in analogia al

¹¹⁶ Postgres è un Data Base Management System OS. Consente di realizzare un geodatabase attraverso la sua estensione geospaziale Postgis. <http://www.postgresql.org>

commessi dagli antichi cartografi.

Le operazioni di georeferenziazione e vettorializzazione sono state caratterizzate da una serie di problematiche che si sono palesate via via. In particolare, riguardo all'operazione di georeferenziazione esse hanno riguardato: la presenza di pochi punti di riferimento (i cosiddetti punti di controllo: quali casali, chiese ...) nelle mappe riguardanti gli ambiti agricoli che interessano tutta la parte esterna al centro storico; la difficoltà di unione dei fogli catastali, in quanto in alcuni casi le tavole presentano incoerenze ed imprecisioni nel disegno degli elementi grafici (edifici, strade, ecc.) posti al margine o a cavallo tra tavole adiacenti.

Per risolvere tali problematiche prima di procedere con la vera e propria operazione di georeferenziazione, è stato necessario creare un mosaico di più fogli catastali, in modo da avere il maggior numero possibile di punti di riferimento, sebbene distribuiti su una superficie più ampia [Fig. 5].

Di altra natura sono, invece, le problematiche che si sono rivelate per



Fig. 5 – Immagine a sx: stralcio della mappa n.147 della Comarca di Roma. Immagine a dx: stralcio di unione dei fogli nn.147 e 140

la mappa catastale relativa al territorio urbano (Comarca di Roma n.140). Essa comprende un'area relativamente estesa costituita prevalentemente da parti densamente edificate. Per ottenere la migliore sovrapposizione tra gli "oggetti" rappresentati sulla mappa storica e gli omologhi riportati sulla Carta Tecnica Regionale (CTR), la prima è stata "suddivisa" in quattro sezioni. Le singole sezioni sono state successivamente georeferenziate e queste ultime utilizzate, infine, per la operazione di vettorializzazione.

Riguardo alla operazione di vettorializzazione si sono riscontrate problematiche essenzialmente in relazione alle numerose lacune che caratterizzano

il foglio di mappa n.140. Per definire i poligoni degli elementi rappresentati nelle parti maggiormente rovinate e ricadenti in parti del territorio rimaste sostanzialmente inalterate negli anni, sono state utilizzate come base cartografica le succitate Mappe del cessato catasto rustico (U.T.E.), previa operazione di georeferenziazione [Fig. 6].



Fig. 6 – Immagine a sx: Catasto Rustico di Roma e Provincia: stralcio della Tavola I di Tivoli. Immagine a dx: stralcio della mappa n.140 della Comarca di Roma con evidenti lacune

27.3 Conclusioni

I Beni Culturali, come evidenziato nel Progetto Smart Environments (Valorizzazione della ricerca e crescita del territorio negli ambienti intelligenti), costituiscono la maggior risorsa della Regione Lazio e dell'area romana in particolare; la capacità di valorizzarli e promuoverli tramite innovativi strumenti informatici può produrre enormi vantaggi per lo sviluppo turistico e di conseguenza economico della Regione.

La ricerca "Manutenzione ed implementazione nel territorio laziale del WebGIS "Descriptio Romae", in quanto linea di azione del progetto Smart Environments (SubTask 1.1.2) mira a **valorizzare e promuovere** il patrimonio dei Beni Culturali attraverso la realizzazione di banche dati geografiche, costruite mediante gli strumenti GIS, atte a definire un quadro unitario del paesaggio storico regionale.

L'auspicata realizzazione di un quadro unitario del paesaggio storico, esteso all'intero territorio laziale, mediante una banca dati di base regionale consentirà di realizzare studi ed analisi finalizzate a creare e diffondere conoscenza in materia di paesaggio storico, ma anche applicazioni innovative per

valorizzare e migliorare la fruizione dei beni culturali, fornendo informazioni ai turisti attraverso i dati geografici.

Eventuali applicazioni per smartphone, notebook ecc., potranno raggiungere una platea smisurata di potenziali turisti, interessati ai beni paesaggistici storici laziali, soprattutto in virtù del fatto che come afferma Kevin Kelly, fondatore della rivista *Wired*¹¹⁷, nel suo libro *“The Inevitable”* siamo diventati il *“popolo dello schermo attornati da cinque miliardi di display che illuminano le nostre vite e ai quali se ne aggiungono 3,8 miliardi fabbricati ogni anno”*.

¹¹⁷ *Wired* è una rivista mensile statunitense con sede a San Francisco, di proprietà di Condé Nast Publications. La rivista tratta tematiche di carattere tecnologico e di come queste influenzino la cultura, l'economia, la politica e la vita quotidiana.

AMBIENTI E MATERIALI

28 Pericolosità geochimica da gas endogeni e sostanze radioattive nelle aree perivulcaniche del Lazio ed impatto sull'ambiente

M. Castelluccio, G. De Simone, G. Galli ¹¹⁸, C. Lucchetti, E. Pollinzi, F. Pompilj, M. Soligo, P. Tuccimei, P. Tufoni ¹¹⁹

28.1 Abstract

Lo studio effettuato per questo assegno di ricerca finanziato dal progetto Smart Environments ha avuto come obiettivo principale la valutazione di degassamento causata da gas di origine naturale (in particolare modo radon, thoron, anidride carbonica e acido solfidrico) in alcune aree della Regione Lazio.

La prospezione dei gas presenti in un suolo (in questo caso radon, thoron, CO₂ e H₂S), accoppiata dalla determinazione della sua permeabilità intrinseca, rappresenta un potente strumento per investigare le caratteristiche geologiche e strutturali del basamento e per una corretta valutazione della pericolosità verso la popolazione esposta alla presenza di questi inquinanti di origine naturale.

La concentrazione dei gas dipende dalla natura delle rocce del substrato, ma è influenzata anche dalla permeabilità dell'ammasso roccioso, sia primaria che secondaria. La presenza di fratture, faglie e cavità sotterranee poco profonde, condizionano fortemente i valori del *soil gas*, in particolare il rapporto tra i due isotopi principali del radon, il ²²²Rn (detto semplicemente radon) e il ²²⁰Rn (noto anche come thoron), in virtù dei diversi tempi di dimezzamento dei due nuclidi: 3,8 giorni circa per il radon e solo 55 secondi per il thoron. Questo determina un decadimento rapido del

¹¹⁸ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione I, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma.

¹¹⁹ Università degli Studi Roma Tre, Viale Marconi 446, 00146 Roma.

thoron che, si riduce molto nelle aree limitrofe al punto in cui viene generato, al contrario di quanto avviene per il radon. La presenza però di elementi strutturali e vuoti nel suolo, favorisce la risalita dei gas da zone profonde aumentando il rapporto isotopico $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ che può superare anche il rapporto di attività dei nuclidi genitori ($^{226}\text{Ra}/^{232}\text{Th}$). In questo senso l'arricchimento relativo del radon è un segnale della presenza di sistemi di fatturazione e faglie o cavità sotterranee. In tali condizioni, generalmente caratterizzate da permeabilità intrinseca elevata e presenza di notevoli concentrazioni di CO_2 , che agisce come *gas carrier*, il tipo di trasporto che presenta il radon è prevalentemente avvevativo, cioè legato a gradienti di pressione o temperatura.

28.2 Introduzione

Diverse zone dell'Italia centrale sono interessate da manifestazioni gassose, in particolar modo anidride carbonica (CO_2), radon (^{222}Rn) e thoron (^{220}Rn), acido solfidrico o idrogeno solforato (H_2S) e altri gas minori. Molti studi sul degassamento dal suolo, sono stati condotti in queste zone. In particolare, il lavoro di Chiodini et al. (2004) [1] si occupa delle relazioni tra il degassamento dal suolo e l'assetto geologico dell'Italia Centrale, il vulcanismo quaternario, la tettonica estensionale e l'intensa attività sismica; secondariamente si propone di stimare la CO_2 totale d'origine profonda coinvolta nel processo di degassamento, in aree dell'Italia centrale non soggette a fenomeni di attività vulcanica. Il lavoro sopra citato individua nel versante tirrenico dell'Italia centro-meridionale due notevoli zone di rilascio della CO_2 prodotta dall'attività magmatica sub-crostale, ovvero due zone naturali di degassamento del pianeta. Queste due zone sono chiamate rispettivamente zona TRDS (Tuscan Roman Degassing Structure) e zona CDS (Campanian Degassing Structure). Le due province vulcaniche sono caratterizzate da magma quaternario potassico e ultrapotassico ricco in fluidi con alti rapporti $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ (Foley, 1992) [2]. Nei settori occidentali del TRDS e CDS, caratterizzati da affioramenti di formazioni impermeabili, la maggior parte dei gas è probabilmente rilasciata da numerose emissioni diffuse di gas, mentre nei settori orientali il gas è disciolto nelle acque

di circolazione sotterranee appenniniche e successivamente rilasciato in atmosfera in concomitanza con la deposizione di travertini durante la circolazione subaerea delle acque mineralizzate.

Fenomeni di degassamento da CO₂, radon e altri gas si verificano tutt'oggi nella zona del territorio di Roma, nei Colli Albani (alto strutturale Marino - Ciampino), e in gran parte dell'area tirrenica. Molti autori hanno condotto diversi studi per capire l'origine del degassamento e i relativi rischi cui la popolazione (inclusi allevamenti di bestiame, animali domestici e non) è sottoposta, come l'inalazione di gas tossici nelle zone interessate da queste emissioni.

La CO₂ è il più abbondante gas endogeno dei Colli Albani (93-99% in vol.). Risalendo da zone profonde, essa si dissolve e si accumula nel principale acquifero regionale ospitato nei calcari mesozoici sepolti e nelle falde acquifere meno profonde, ospitate sia nei sedimenti del Neogene sia nelle rocce vulcaniche superficiali (Capelli e Mazza, 2005 [3]; Carapezza e Tarchini, 2007 [4]).

Essendo la CO₂ più densa dell'aria, tende ad accumularsi vicino al suolo, nelle depressioni morfologiche, nei canali o nelle cantine delle abitazioni dove può raggiungere, talvolta in concomitanza con l'H₂S, concentrazioni pericolose se non sono disperse dal vento.

Un altro aspetto d'importanza fondamentale riguarda la composizione delle rocce vulcaniche potassiche dei Colli Albani. Queste, essendo ricche in uranio e radio (115-220 Bq/Kg secondo Voltaggio *et al.*, 2001 [5]) sono importanti sorgenti di gas radon presente nel suolo, che può accumularsi all'interno delle abitazioni, con conseguente aumento della pericolosità per le popolazioni esposte a questa problematica.

28.3 Il sito di studio della Valle della Caffarella

La zona oggetto di studio è situata all'interno del Parco Regionale dell'Appia Antica, precisamente nelle vicinanze della sorgente di acqua minerale Egeria, nel Comune di Roma. Il Parco dell'Appia Antica è situato nel settore periferico nord-occidentale del Complesso Vulcanico dei Colli Albani, precisamente in sinistra idrografica del Fiume Tevere.

Le unità geologiche più importanti che affiorano all'interno del parco, sono riconducibili alle piroclastiti dell'attività eruttiva dei Colli Albani. Mentre il deposito più recente è rappresentato dalle alluvioni del fiume Almone che scorre al suo interno, articolato in un sistema di canali che presentano tracce delle antiche opere di presa.

La campagna di acquisizione dati ha avuto inizio a gennaio 2016 e si è protratta per un periodo di quattro mesi fino a maggio 2016. Per studiare il degassamento, inteso come misura della concentrazione di radon nel suolo (utilizzando il radonometro RAD7, capace di misurare sia il ^{222}Rn che è il suo isotopo più abbondante, sia il thoron ^{220}Rn), della CO_2 (strumento utilizzato Draeger X-AM 7000, munito di sensore ad infrarosso), si è deciso di investigare l'area, ubicando una serie di punti di misura (97 punti), disposti a griglia, con equidistanza più o meno regolare in modo da ottenere un data set quanto più omogeneo possibile nella distribuzione spaziale.

In ogni punto sono state misurate le concentrazioni al suolo del radon, thoron, anidride carbonica assieme alla valutazione della permeabilità intrinseca. La profondità della misura è stata di 80 cm dal piano campagna. In un secondo momento negli stessi punti, precedentemente georeferenziati, è stato campionato il gas del suolo sempre alla profondità di 80 cm dal piano campagna, al fine di analizzarlo al gascromatografo, strumento largamente utilizzato per la separazione, l'identificazione e la determinazione quantitativa dei componenti di miscele gassose complesse.

I valori riassuntivi dei parametri misurati in situ (^{222}Rn , ^{220}Rn , CO_2 , k e calcolo del rapporto isotopico $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$) nei punti di monitoraggio presenti nell'area di studio, sono riportati in tabella I.

Parametro	N°Punti misura	Min	Max	Medio	Dev.st
^{222}Rn (Bq/m ³)	97	2440	292130	92890	61840
^{220}Rn (Bq/m ³)	97	5980	606530	133590	93120
$^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$	97	0,07	4,5	0,9	0,77
* CO_2 (Vol.%)	97	0,20	14	4,2	2,80
k (m ²)	97	6,80E-14	5,03E-11	7,15E-12	1,12E-11

Tab. I – Valori riassuntivi dei parametri misurati in situ nei 97 punti di monitoraggio. * CO_2 misurata direttamente in situ con dispositivo portatile

Gli elaborati cartografici delle variabili misurate in situ, sono stati redatti mediante l'utilizzo del programma Surfer 11. Il software prevede l'utilizzo del kriging come algoritmo di interpolazione spaziale; è un metodo lineare per la stima ottimale di una grandezza naturale distribuita nello spazio, minimizzando l'errore quadratico medio.

La mappa della concentrazione del radon nel suolo (fig. 1), ottenuta con il programma sopra descritto, mostra come i valori più elevati si riscontrano tendenzialmente nelle litologie vulcaniche con una media pari a 99 kBq/m³; concentrazioni minori sono misurate nei depositi alluvionali del Fiume Almona raggiungendo un valore medio di 82 kBq/m³.

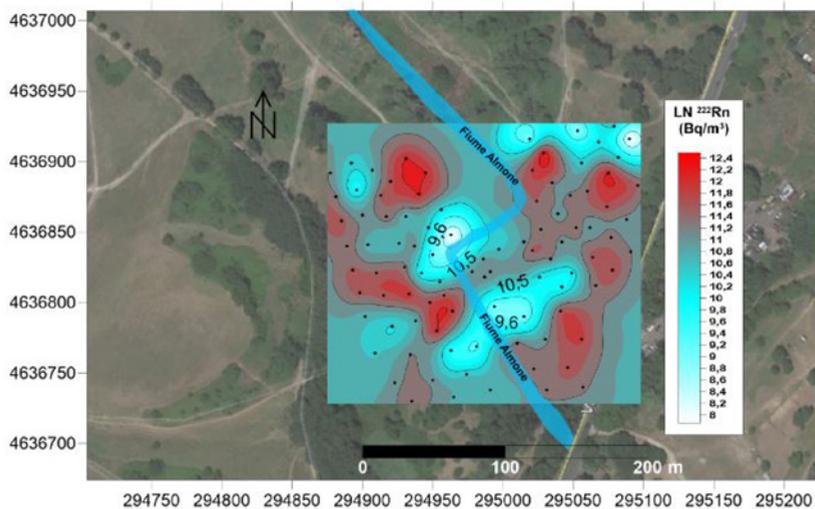


Fig. 1 – Mappatura della concentrazione di ²²²Rn nel suolo

Le misure della concentrazione di CO₂ nel suolo a 80 cm dal p.c., sono state effettuate in situ utilizzando lo spettrometro ad infrarosso portatile Dräger X_AM 7000, contestualmente alle misure del soil radon. Il 78% dei punti di misura (76 punti) ricade in un ampio intervallo compreso tra 0 vol.% e il 6 vol.% di concentrazione. Mentre i rimanenti 21 punti di misura hanno una concentrazione maggiore del 6 vol.%, di cui tre di questi presentano concentrazione di compresa tra il 10 e 14 vol.%. La mappa della concentrazione di anidride carbonica ottenuta utilizzando

il dato in logaritmo naturale, così da avere una maggiore interpolazione della distribuzione spaziale dei dati acquisiti, in quanto la distribuzione di frequenza è log – normale, viene riportata in figura 2.

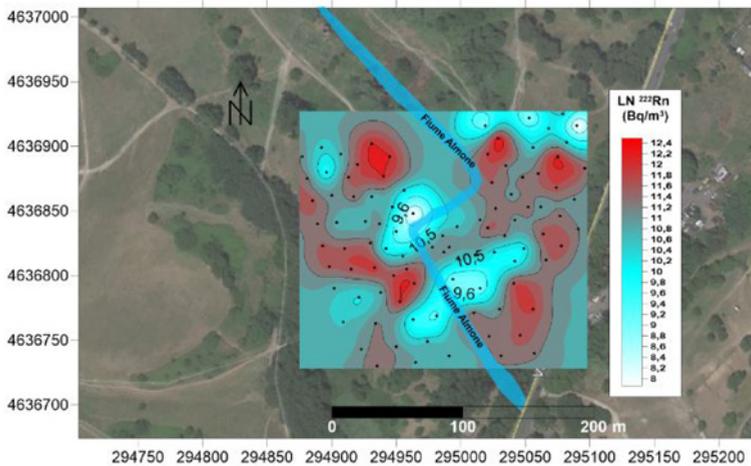


Fig. 2 – Mappatura della concentrazione di CO₂ nel suolo

Dalle mappe presenti nelle figure 1 e 2, appare evidente come nelle aree a concentrazione elevate di anidride carbonica, corrispondono zone in cui si misurano concentrazioni elevate di soil radon. Questo perché l'anidride carbonica svolge un'azione di gas carrier nei confronti di altre specie

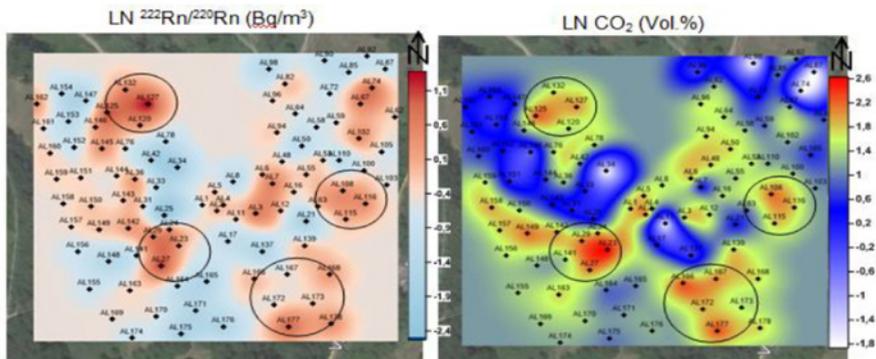


Fig. 3 – Confronto elaborati cartografici del ²²²Rn/²²⁰Rn vs CO₂ nel suolo alla profondità di misura di 80 cm dal piano campagna

gassose presenti nel sottosuolo, in particolar modo questo aspetto è evidenziato per il radon. Questo fenomeno è particolarmente evidente andando a considerare il rapporto isotopico $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ in funzione della CO_2 presente nel suolo, come riportato in figura 3.

I cerchi editati su entrambe le mappe mettono in risalto le zone dove si ha un'ottima correlazione tra i due parametri messi a confronto. Dall'analisi della figura 3, si può ben osservare che a valori elevati del rapporto radon/thoron (figura a sinistra) corrispondono valori di concentrazione elevata di anidride carbonica (figura a destra). Questi dati confermano che ad elevate concentrazioni di CO_2 nel suolo si ha una perdita sostanziale del segnale thoron, sintomo di un percorso maggiore del soil gas in considerazione del brevissimo tempo di dimezzamento del ^{220}Rn (circa 55 secondi), il che potrebbe far ipotizzare ad un movimento del gas nel suolo di tipo avvertivo, legato quindi a gradienti di pressione.

28.4 *Il sito di studio di Vigna Fiorita*

Il consorzio residenziale di Vigna Fiorita si trova nel Comune di Ciampino, a ridosso del settore nord occidentale dei Colli Albani. Alcune aree sui fianchi dell'edificio vulcanico sono note da tempo per il forte degassamento di CO_2 , indicato anche dall'alto contenuto di bicarbonato disciolto nelle acque di falda. Queste zone sono posizionate in corrispondenza di alti strutturali del basamento carbonatico profondo, che rappresenta il maggiore acquifero regionale e il serbatoio per i gas che risalgono da zone ancora più profonde. L'area studiata di Vigna Fiorita è situata appena ad E della frazione di Cava dei Selci del Comune di Marino (fig. 4), dove è presente l'area principale di degassamento permanente (principalmente CO_2 e H_2S), ubicata nella depressione di una vecchia cava, dove nel passato si sono verificati diversi incidenti mortali a persone e animali.

Per il presente studio il lavoro è stato eseguito totalmente nella zona di Vigna Fiorita, poco distante dalla zona di Cava dei Selci e caratterizzata dalla presenza in affioramento dei depositi piroclastici dell'Unità di Villa Doria. Nel sito sono state installate due stazioni fisse di monitoraggio del *soil gas*, denominate VF1 e VF2, come sempre alla profondità di 80 cm dal piano campagna.



Fig. 4 – Ubicazione del consorzio residenziale di Vigna Fiorita rispetto all'area di maggior degassamento profondo presso Cava dei Selci (ovale tratteggiato in giallo). Il tratteggio in bianco indica il sito di studio per questo lavoro

Il monitoraggio ha avuto una cadenza mensile; iniziato a gennaio 2016 e protratto fino ad agosto 2016. I valori riassuntivi delle specie indagate nelle due stazioni fisse, sono riportati in tabella 2, riportata di seguito.

Stazione Fissa	Soil ^{222}Rn (Bq/m ³) A.M. dev.st		Soil ^{220}Rn (Bq/m ³) A.M. dev.st		Soil CO ₂ (vol.%) A.M. dev.st		$^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ A.M
VF1	75120	19370	97440	7960	6,0	1,6	0,8
VF2	174450	12140	48480	5470	76,5	5,30	3,6

Tab. 2 – Valori riassuntivi dei parametri misurati in situ nelle stazioni fisse VF1 e VF2

Dai dati presenti in tabella si può osservare una differenza notevole tra le concentrazioni dei gas nel suolo; in VF2 il valore medio di radon è più del doppio dell'omologo in VF1. Per il thoron il discorso si inverte con rapporto tra thoron medio in VF1 su thoron medio in VF2 pari a 2.

Da questa prima analisi sulle concentrazioni di radon e thoron nei due punti fissi di monitoraggio nel suolo è evidente in VF2 un degassamento maggiore rispetto VF1, come confermato anche dai valori medi di anidride carbonica (76,5 vol% in VF2 rispetto al 6,0 vol.% in VF1).

Nel grafico presente in fig. 5 sono riportati gli andamenti stagionali del *soil radon* e della CO_2 nelle due stazioni, in relazione ai valori delle precipitazioni mensili dell'area, dato questo riferibile ad una stazione meteorologica situata all'interno dell'abitato di Ciampino.

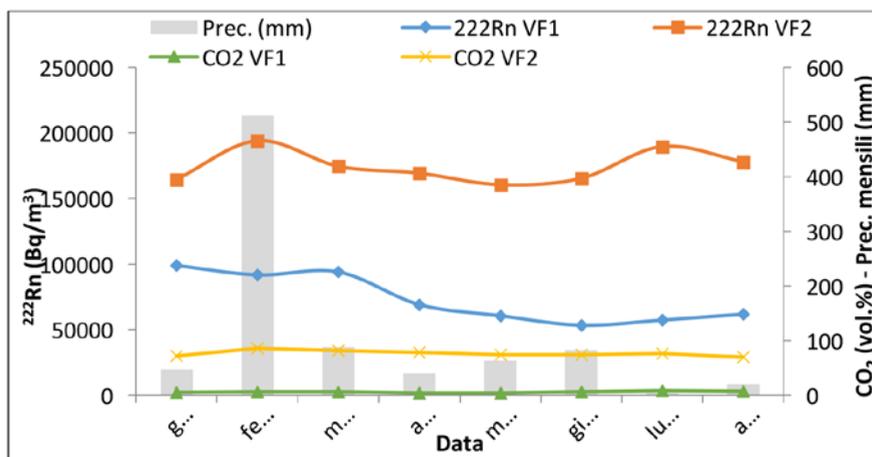


Fig. 5 – Andamento stagionale delle concentrazioni di ^{222}Rn e CO_2 nelle stazioni VF2 e VF1, in funzione delle precipitazioni mensili

elevato rispetto al medesimo riscontrato in VF1, infatti in VF2 il valore minimo è pari a 3,12 con un valore massimo di 4,24. In VF1 il valore minimo è di 0,54 con un massimo pari a 1,04.

28.5 Conclusioni

Nel monitoraggio dei gas naturali effettuato in un settore della Valle della Caffarella, abbiamo messo in evidenza la presenza di risalita di gas di origine più profonda verso la superficie, registrando anche elevati valori di anidride carbonica. E' stato inoltre verificato come i punti di misura a

maggior concentrazione di CO_2 , siano caratterizzati da alti valori di ^{222}Rn . La CO_2 ha quindi un ruolo di gas *carrier* per il radon, trasportandolo da zone più profonde a settori più superficiali. L'elaborazione dei dati prodotti ha permesso di stilare un quadro generale del degassamento che interessa l'area di studio e confrontarlo con i dati di letteratura di diverse zone dei Colli Albani aventi caratteristiche litologiche (prodotti piroclastici riconducibili all'attività del Vulcano dei Colli Albani) e strutturali simili.

Gli studi effettuati in questo settore della Valle della Caffarella, hanno permesso di caratterizzare, tramite le misure dei gas nei suoli e dei gas disciolti nelle acque, un'area nuova, fino adesso poco conosciuta nella quale si evidenziano fenomeni di degassamento di origine profonda. Questi dati possono dunque essere utilizzati per ampliare il database delle misure dei gas naturali del suolo ed inoltre potrebbero essere utilizzati per circoscrivere aree ad elevata pericolosità da gas naturali endogeni.

Lo studio effettuato nel sito di Vigna Fiorita (Comune di Ciampino) ci ha permesso di discriminare il meccanismo di degassamento dell'area, grazie al monitoraggio delle specie gassose (radon, thoron e anidride carbonica) e parametri correlati (permeabilità intrinseca) protratto nel tempo nelle stazioni fisse VF1, VF2. In VF2 visti i valori molto più alti di radon nel suolo, concentrazioni elevate di CO_2 (che è il principale *carrier* gas del radon), variabilità mensile assente del ^{222}Rn : siamo in presenza di un meccanismo prettamente avvevivo del *soil radon* e quindi sorgente più profonda rispetto alla profondità di misura adottata (80 cm dal p.c.).

In VF1 il meccanismo di movimento del *soil radon* è di tipo misto diffusivo – avvevivo. In definitiva l'area oggetto di questo studio, presente in vicinanza di una faglia presunta o sepolta, è interessata da degassamento endogeno profondo.

Inoltre i dati raccolti possono essere utilizzati per la valutazione del potenziale rischio rappresentato da radon e anidride carbonica, per gli abitanti del consorzio di Vigna Fiorita.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Chiodini G., Cardellini C., Amato A., Boschi E., Caliro S., Frondini F., and Ventura G. (2004). *Carbon dioxide Earth degassing and seismogenesis in central and southern Italy* Geophysical Research. Letters, 31, L07615.
- [2] Foley S. F. (1992). *Petrological characterization of the source components of potassic magmas: Geochemical and experimental constraints*. Lithos., 28, 187-204.
- [3] Capelli G., Mazza R. (2005). *Carta idrogeologica – Uso compatibile della risorsa idrica degli acquiferi vulcanici del Lazio* In: *Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici* (a cura di Capelli G., Mazza R., Gazzetti C.). Pitagora Editrice Bologna, 2005.
- [4] Carapezza M.L., Tarchini L., (2007). *Magmatic degassing of the Alban Hills volcano (Rome, Italy): geochemical evidence from accidental gas emission from shallow pressurized aquifers*, J. Volcanol. Geotherm. Res 165, 5-16.
- [5] Voltaggio M., Di Lisa G.A., Voltaggio S., (2001). *U-series disequilibrium study on a gaseous discharge area (Solfatara di Pomezia, Alban Hills, Italy): implication for volcanic and geochemical risk*. Appl. Geochem. 16, 57-72.

29 *Indomatic*: prototipo di una piattaforma community-based per la fruizione di conoscenze avanzate sulla tecnica della nanoindentazione

Edoardo Bemporad, Daniele Toti¹²⁰

29.1 *Abstract*

Il presente articolo propone un resoconto delle attività di ricerca e sviluppo, svolte all'interno del contesto generale del progetto Smart Environments, *relative alla creazione di un prototipo di piattaforma software community-based per la fruizione di conoscenze avanzate sulla tecnica della nanoindentazione. L'obiettivo della piattaforma, denominata Indomatic, è da un lato fornire strumenti automatici intelligenti per l'analisi quantitativa e qualitativa delle curve ottenute da esperimenti di nanoindentazione, e dall'altro permettere ai suoi utenti la condivisione dei propri esperimenti e risultati e la scoperta di conoscenza "nascosta" attraverso la loro comparazione reciproca. Le attività hanno riguardato prevalentemente la realizzazione di servizi per l'analisi e comparazione automatiche degli esperimenti di nanoindentazione, e la loro integrazione all'interno di un framework collaborativo che ne permettesse l'utilizzo da parte di una comunità di utenti.*

29.2 *Introduzione*

Le attività di ricerca e sviluppo effettuate hanno come scopo quello di supportare le comunità scientifiche e aziendali coinvolte negli esperimenti di *nanoindentazione* (Oliver & Pharr, 1992; W.C. Oliver et al., 2004),

¹²⁰ Dipartimento di Ingegneria / Dipartimento di Scienze, Università degli Studi Roma Tre.

portando alla realizzazione di una piattaforma software collaborativa, *Indomatic*, che possa permettere agli utenti di condividere i propri esperimenti e il proprio know-how in materia e di fruire di servizi intelligenti automatici e semi-automatici di analisi, verifica di qualità e confronto degli esperimenti condivisi.

L'articolo è strutturato nel seguente modo. In questa sezione, vengono elencati gli obiettivi, le metodologie e i risultati previsti del lavoro. Nella Sezione 3 vengono presentate le attività svolte e i risultati raggiunti. Nella Sezione 4 vengono dettagliate le funzionalità fondamentali della piattaforma *Indomatic* realizzate. Infine, nella Sezione 5 vengono tratte le conclusioni e accennati gli sviluppi futuri del lavoro.

29.3 Piano di lavoro e obiettivi

- Analisi di curve di nanoindentazione attraverso metodi quantitativi e qualitativi e verifica di similarità reciproche, e contestuale realizzazione di servizi software fondamentali eroganti tali funzionalità.
- Definizione del prototipo e progettazione di massima di una piattaforma community-based per ospitare tali servizi; collaborazione e supervisione allo sviluppo; deployment e testing di una demo con i servizi precedentemente sviluppati inclusi.
- Supporto alla produzione scientifica dei risultati ottenuti.

29.4 Metodologie attuative

- Raccolta specifiche in collaborazione con esperti di nanoindentazione.
- Approfondimento della letteratura scientifica in merito.
- Impiego di strumenti metodologici e tecnologici adeguati.
- Supervisione di e collaborazione con esperti IT aziendali nella realizzazione di piattaforme collaborative per il setup dell'ambiente atto ad ospitare il prototipo.

29.5 Risultati inizialmente previsti

- Progetto di massima del prototipo della piattaforma Indomatic realizzato.
- Servizi software pienamente funzionanti per l'analisi di curve di nanoindentazione sviluppati ed integrati nella piattaforma.
- Validazione e verifiche funzionali e di qualità dei servizi integrati nella piattaforma effettuate.

29.6 Attività svolte e risultati raggiunti

Le attività sono state divise in tre macro-categorie:

- [ACx]: Analisi Curve, ovvero attività relative al nucleo scientifico del progetto concernenti analisi di curve di nanoindentazione attraverso metodi quantitativi e qualitativi e verifica di similarità reciproche, e contestuale realizzazione di servizi software fondamentali eroganti tali funzionalità
- [PIAx]: Piattaforma, ovvero attività relative al supporto alla realizzazione della piattaforma "ospitante", concernenti la progettazione e l'implementazione del framework, i servizi di base e l'integrazione con i servizi fondamentali
- [GENx]: Generiche, ovvero attività collaterali di coordinamento, analisi di requisiti, produzione scientifica ecc.

Nello specifico, le attività svolte sono state le seguenti:

- [GEN I] Raccolta e approfondimento specifiche (diverse iterazioni)
- [PIA I] Definizione architettonica di massima del sistema
- [AC I] Definizione ed implementazione metodi deterministici per l'analisi delle curve:
 - Fitting della curva di carico
 - Fitting della curva di scarico
 - Controllo della piattezza della Stiffness Squared Over Load
 - Controllo del Pile-Up

- Controllo della presenza di Pop-In
 - Progressive fitting delle curve di carico e scarico con identificazione degli intervalli rilevanti
- [AC2] Ricerca e sviluppo su metodi qualitativi/verifica di similarità tra curve
 - Realizzazione delle metriche di similarità Feature-Based, Interval-Based, Coefficient-Based per curva di carico, scarico e per porzioni note di entrambe le curve
 - Esperimenti su metriche statistiche (Dynamic Time Warping, Kolmogorov-Smirnov, Covarianza, Correlazione di Pearson)
- [AC3] Definizione ed implementazione di metodi per il controllo della calibrazione su esperimenti di nanoindentazione
- [PIA2] Progettazione sistema e supporto allo sviluppo e al deployment (diverse iterazioni)
- [PIA3] Realizzazione di servizi di parsing automatici per importare nella piattaforma file di output di esperimenti di nanoindentazione provenienti dal G200 e dall'iNano
- [PIA4] Realizzazione di servizi REST per esporre sulla piattaforma le funzionalità sviluppate
- [PIA5] Supporto all'integrazione dei servizi nella piattaforma e alla definizione delle strutture dati necessarie
- [PIA6] Test funzionale dei servizi e supporto a testing, affinamento, manutenzione correttiva ed evolutiva della piattaforma
- [GEN2] Supporto alla realizzazione di una demo video della piattaforma
- [GEN3] Supporto alla produzione scientifica dei risultati ottenuti.

Per i dettagli sulle funzionalità realizzate a fronte delle attività AC1-AC3 si veda la sezione seguente.

29.7 Indomatic: funzionalità fondamentali e definizioni

(a)	IndentationSample	L'output di un esperimento di nanoindentazione eseguito su un dato materiale, che annovera un certo numero di IndentationTest
(b)	IndentationTest	Una curva carico/spostamento e i suoi dati corrispondenti (sia quelli grezzi che calcolati, es. harmonic contact stiffness, modulus, hardness, stiffness squared over load ecc.)
(c)	Indomatic Stiffness Squared Over Load (INDO_SSOL)	Funzione calcolabile per un IndentationTest risultante dal rappresentare sull'asse X i punti dello spostamento e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove: $SSOL_n = \frac{S_n^2}{P_n} * 1000$ S_n = l'ennesimo valore della harmonic contact stiffness P_n = l'ennesimo valore del carico
(d)	Indomatic Contact Depth (INDO_CONDEP)	Funzione calcolabile per un IndentationTest risultante dal rappresentare sull'asse X i punti dello spostamento e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove: $h_{cn} = d_n - \epsilon \frac{P_n}{S_n} * 1000000$ d_n = l'ennesimo valore dello spostamento P_n = l'ennesimo valore del carico S_n = l'ennesimo valore della harmonic contact stiffness value ϵ = 0.75 per la fused silica
(e)	Indomatic Reduced Modulus (INDO_ERED)	Funzione calcolabile per un IndentationTest risultante dal rappresentare sull'asse X i punti dello spostamento e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove: $E_{redn} = \frac{1}{\left(\frac{1-v^2}{E_n}\right) + \left(\frac{1-v_i^2}{E_i}\right)}$ v = Poisson's ratio del campione (default: 0.18 per la fused silica) v_i = Poisson's ratio dell'indentatore (default: 0.07) E_n = l'ennesimo valore dello Young's modulus del campione E_i = Young's modulus dell'indentatore (default: 1141)
(f)	Indomatic Area Function (INDO_AREA)	Funzione calcolabile per un IndentationTest all'interno di un IndentationSample sulla silica risultante dal rappresentare sull'asse X i punti della INDO_CONDEP e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove: $A_n = \frac{\pi}{4} * \frac{(S_n - S_f)^2}{(\beta * E_{redn})^2}$ S_n = l'ennesimo valore della harmonic contact stiffness S_f = la frame stiffness (default: 0) E_{redn} = l'ennesimo valore delle Y della INDO_ERED β = 1 per la fused silica
(g)	Indomatic Area Fitting Function (INDO_AREA_FIT_FUN)	Funzione di fitting per la INDO_AREA risultante dal rappresentare sull'asse X i punti della INDO_AREA (i valori Y della INDO_CONDEP) e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove: $A_{fitn} = c_0 h_{cn}^2 + c_1 h_{cn} + c_2 h_{cn}^2 + c_3 h_{cn}^4 + c_4 h_{cn}^8 + c_5 h_{cn}^{16}$ h_{cn} = il valore del rapporto tra l'ennesimo punto Y della INDO_CONDEP e l'ennesimo punto X della INDO_AREA

(h)	Indomatic Modulus (INDO_MOD)	<p>Funzione calcolabile per un IndentationTest risultante dal rappresentare sull'asse X i punti dello spostamento e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove:</p> $E_n = \frac{(1 - \nu^2) * E_{redn}}{1 - \frac{1 - \nu_i^2}{E_i} * E_{redn}}$ <p>ν = Poisson's ratio del campione (default: 0.18 per la fused silica) ν_i = Poisson's ratio dell'indentatore (default: 0.07)</p> <p>E_n = l'ennesimo valore dello Young's modulus del campione E_i = Young's modulus dell'indentatore (default: 1141)</p> $E_{redn} = \frac{\frac{E_n (S_n - S)}{A_{fitn}}}{\beta}$ <p>S_n = l'ennesimo valore della harmonic contact stiffness S = la frame stiffness (default: 0) A_{fitn} = l'ennesimo valore delle Y della INDO_AREA_FIT_FUN β = 1 per la fused silica</p>
(i)	Indomatic Hardness (INDO_HARD)	<p>Funzione calcolabile per un IndentationTest risultante dal rappresentare sull'asse X i punti dello spostamento e sull'asse Y i punti derivati dalla seguente espressione: dove:</p> $H_n = \frac{P_n}{A_{fitn}} * 1000000$ <p>P_n = l'ennesimo valore del carico A_{fitn} = l'ennesimo valore delle Y della INDO_AREA_FIT_FUN</p>

29.8 Classificazione delle funzionalità fondamentali di Indomatic

Indomatic, come detto in precedenza, si prefigge il compito di fornire funzionalità avanzate allo scopo di valutare la qualità di esperimenti di nanoindentazione e scoprire similarità tra esperimenti eseguiti su una varietà di materiali diversi. Nello specifico, le funzionalità fondamentali di Indomatic, che sono state realizzate ed esposte tramite servizi sono: **(i) Indomatic Curve Analysis (INDO_CAN)**, **(ii) Indomatic Calibration Check (INDO_LIB)** e **(iii) Indomatic Similarity Computation (INDO_SIM)**; (i) e (ii) possono essere applicate ad un singolo IndentationTest, con la (ii) che richiede inoltre un IndentationSample eseguito su un campione di silica, mentre la (iii) serve per confrontare due IndentationTest. Le suddette funzionalità sono descritte più in dettaglio nei successivi paragrafi.

29.9 *Indomatic Curve Analysis (INDO_CAN)*

Questa funzionalità ha lo scopo di valutare la qualità di un IndentationTest analizzando la forma della curva carico-spostamento ed eseguendo un certo numero di controlli di qualità sui dati di tale test. È composta dalle sotto-funzionalità elencate di seguito.

29.10 *Indomatic Progressive Fitting (INDO_CAN_PROFIT)*

INDO_CAN_PROFIT scandisce le parti di carico e scarico della curva carico-spostamento al fine di controllare se e quanto ciascuna di tali parti è vicina alla forma “ideale” che dovrebbe avere, eseguendo un’operazione di fitting progressivo su piccole sotto-sezioni delle parti di carico e di scarico della curva attraverso rispettivamente una funzione parabolica o una funzione esponenziale, e determinando l’errore di fitting di volta in volta. Ciò produce zone della curva, o intervalli, evidenziati con colore diverso, in base ad una scala di colori che va dal blu (errore di fitting minore) a rosso (errore di fitting maggiore), fornendo agli scienziati un rapido riscontro visuale sulla qualità della curva.

29.11 *Indomatic Load Fitting (INDO_CAN_FIT_LOAD)*

INDO_CAN_FIT_LOAD scandisce la parte del carico della curva di carico-spostamento e prova ad eseguirne il fitting con una funzione parabolica, restituendo i coefficienti di fitting, l’espressione di fitting e l’errore di fitting, che a loro volta possono essere confrontati con valori di riferimento specifici per determinati materiali, così da poter determinare un valore di vero/falso sul fatto che la forma della data curva di carico sia sufficientemente simile a quella “ideale” che dovrebbe possedere.

29.12 *Indomatic Unload Fitting (INDO_CAN_FIT_UNLOAD)*

INDO_CAN_FIT_UNLOAD scandisce la parte dello scarico della curva di carico-spostamento e prova ad eseguirne il fitting con una funzione esponenziale, restituendo i coefficienti di fitting, l'espressione di fitting e l'errore di fitting, oltre al rapporto tra i valori massimo e finale dello spostamento; tutti questi valori possono essere successivamente confrontati con valori di riferimento specifici per determinati materiali come nella 4.3.2, così da fornire un risultato booleano sulla forma della curva di scarico.

29.13 *Indomatic Stiffness Squared Over Load Flatness Check (INDO_CAN_SSOL_FLAT)*

INDO_CAN_SSOL_FLAT controlla se la Stiffness Squared Over Load del dato IndentationSample ha un andamento piatto.

29.14 *Indomatic Pile-Up Check (INDO_CAN_PILEUP)*

INDO_CAN_PILEUP controlla se la curva di scarico presenta un pile-up.

29.15 *Indomatic Pop-In Check (INDO_CAN_POPIN)*

INDO_CAN_POPIN controlla se la curva di carico presenta regioni con fenomeni di pop-in, e in tal caso restituisce le coordinate di tali regioni.

29.16 *Indomatic Calibration Check (INDO_LIB)*

Questa funzionalità ha lo scopo di verificare se un IndentationSample su un dato materiale (IS_u) è stato eseguito con uno strumento correttamente calibrato. Per questo, ha bisogno in input del corrispondente IndentationSample risultante da un esperimento di nanoindentazione

eseguito su un campione di silica usato per il benchmark di calibrazione sullo strumento. La metodologia di calibrazione di riferimento è quella riportata in (Hay, 2012). INDO_LIB include le seguenti sotto-funzionalità.

29.16.1 *Indomatic Silica Quality Check (INDO_LIB_SIL)*

INDO_LIB_SIL controlla la qualità e l'affidabilità degli IndentationTest inclusi in IS_{sil} , così da accertarsi che non ci siano stati errori e che le curve carico-spostamento degli IndentationTest seguano correttamente gli andamenti tipici delle curve di silica: ciò viene fatto verificando la piattezza del modulus di ciascuna di tali curve. Gli IndentationTest che non passano questo controllo vengono esclusi dai calcoli successivi (si veda qui sotto).

29.16.2 *Indomatic Area Function Fitting (INDO_LIB_AREACOM)*

INDO_LIB_AREACOM prova ad eseguire il fitting della INDO_AREA con la INDO_AREA_FIT_FUN, calcolandone i coefficienti di fitting $c_0 \dots c_5$ per ciascuno degli IndentationTest validati di IS_{sil} e restituendo i valori medi di tali coefficienti.

29.16.3 *Indomatic Modulus and Hardness Recomputation (INDO_LIB_MH_REC)*

INDO_LIB_MH_REC calcola INDO_MOD e INDO_HARD usando la INDO_AREA_FIT_FUN, permettendo agli scienziati di verificare se ci sono discrepanze tra tali funzioni calcolate e il Modulus e la Hardness originariamente derivati da IS_u .

29.17 *Indomatic Similarity Computation (INDO_SIM)*

Questa funzionalità ha lo scopo di calcolare punteggi di similarità tra due IndentationTest, così da potenzialmente classificare un certo numero di IndentationTest in base a quanto simili sono rispetto ad un dato IndentationTest. Indomatic include le seguenti metriche di similarità, basate

sia su elementi quantitativi (valori delle curve) che qualitativi (forma delle curve) (Veltkamp, 2001; A. Jain et al., 2016; A. Efrat et al., 2007).

29.17.1 *Indomatic Feature-Based Similarity for Load (INDO_SIM_FBS_LOAD)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra due curve di carico in base alla loro forma.

29.17.2 *Indomatic Feature-Based Similarity for Unload (INDO_SIM_FBS_UNLOAD)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra due curve di scarico in base alla loro forma.

29.17.3 *Indomatic Feature-Based Similarity for Load P1 (INDO_SIM_FBS_LOAD_P1)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra le prime parti (fino al 30% del carico massimo) di due curve di carico in base alla loro forma.

29.17.4 *Indomatic Feature-Based Similarity for Load P2 (INDO_SIM_FBS_LOAD_P2)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra le restanti parti (dal 30% del carico massimo fino al carico massimo) di due curve di carico in base alla loro forma.

29.17.5 *Indomatic Feature-Based Similarity for Unload P1 (INDO_SIM_FBS_UNLOAD_P1)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra le prime parti (fino al 70% del carico massimo) di due curve di scarico in base alla loro forma.

29.17.6 *Indomatic Feature-Based Similarity for Unload P2 (INDO_SIM_FBS_UNLOAD_P2)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra le restanti parti (dal 70% del carico massimo fino al carico massimo) di due curve di scarico in base alla loro forma.

29.17.7 *Indomatic Interval-Based Similarity for Load (INDO_SIM_IBS_LOAD)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra due curve di carico in base al colore dei loro intervalli calcolati con la INDO_CAN_PROFIT.

29.17.8 *Indomatic Interval-Based Similarity for Unload (INDO_SIM_IBS_UNLOAD)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra due curve di scarico in base al colore dei loro intervalli calcolati con la INDO_CAN_PROFIT.

29.17.9 *Indomatic Case-Based-Reasoner (INDO_SIM_CBR)*

Questa metrica calcola il punteggio di similarità tra due curve di carico/scarico in base ad una combinazione lineare di sotto-metriche che rispettivamente (i) prendono in considerazione la rispettiva pendenza delle prime metà delle curve di scarico, (ii) calcolano il valore del rapporto tra lo spostamento massimo della curva di scarico e lo spostamento finale e (iii) eseguono un confronto punto-punto tra le curve di carico e scarico.

29.18 *Conclusioni e sviluppi futuri*

A valle del lavoro svolto, è stato progettato il prototipo della piattaforma Indomatic attraverso le attività GEN1 e PIA1-PIA2. Sono stati realizzati e testati funzionalmente i servizi fondamentali della piattaforma relativi alle attività AC1, AC2 e AC3 ed integrati con successo all'interno della piattaforma collaborativa ospitante attraverso le attività PIA3-PIA5. Infine, è stata effettuata una fase di validazione e test preliminare dei servizi e della piattaforma nel contesto dell'attività PIA6, il cui funzionamento è stato documentato in un video tramite l'attività GEN2.

I servizi software realizzati sono stati implementati nel linguaggio Java SE versione 7 ed esposti tramite servizi REST. La piattaforma in cui sono stati integrati è basata sul framework collaborativo Microsoft SharePoint.

Si ritiene necessario per il raffinamento del prototipo e per la sua successiva messa in produzione il tuning dei servizi da parte di esperti di dominio, in particolare attraverso una fase di sperimentazione massiva volta ad identificare i valori di input più appropriati da passare a tali servizi (range di coefficienti, valori soglia ecc.) in relazione ai diversi materiali oggetto degli esperimenti di nanoindentazione, così da predisporre tali input all'interno della piattaforma per l'esecuzione di tali servizi sui rispettivi materiali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Oliver and G. Pharr, "An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments," *J. Mater. Res.*, vol. 7, no. 6, 1992.
- [2] W.C. Oliver *et al.*, "Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation," *J. Mater. Res.*, vol. 19, no. 1, 2004.
- [3] X. Li and B. Bhushan, "A review of nanoindentation continuous stiffness measurement technique and its applications," *Materials Characterization*, vol. 48, pp. 11-36, 2002.
- [4] J. Hay, "Rapid Calibration of Area Function and Frame Stiffness with Express Test," Agilent Technologies, 2012.
- [5] R. Veltkamp, "Shape Matching: Similarity Measures and Algorithms," in *SMI 2001 International Conference on Shape Modeling and Applications*, 2001.
- [6] A. Jain *et al.*, "New opportunities for materials informatics: Resources and data mining techniques for uncovering hidden relationships," *J. Mater. Res.*, vol. 31, no. 8, 2016.
- [7] A. Efrat *et al.*, "Curve Matching, Time Warping, and Light Fields: New Algorithms for Computing Similarity between Curves," *J Math Imaging Vis*, vol. 27, pp. 203-216, 2007.

PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

30 Strumenti e procedure per rendere gli ambienti digitali un moltiplicatore dello sviluppo

Fabio Bassan, Maria Letizia Magno¹²¹

30.1 *Abstract*

Gli ambienti digitali vengono sempre più spesso considerati sia dalle istituzioni europee sia da quelle nazionali come i principali strumenti per il rilancio dell'economia e per una crescita sostenibile e inclusiva. La loro diffusione negli apparati pubblici si rende indispensabile per garantire l'efficienza e l'efficacia dell'azione amministrativa. A tal fine, seguendo i piani europei, il legislatore nazionale ha avviato sin dal 2005 una serie di riforme volte ad introdurre una nuova amministrazione digitale. Gli interventi legislativi si sono stratificati nel tempo, in assenza di una visione complessiva e finale. Occorre dunque procedere ad un lavoro di semplificazione e di coordinamento organico tra le norme per renderle concretamente applicabili. Al contempo occorre investire il mondo accademico del compito di diffondere una cultura digitale anche a favore degli apparati burocratici del Paese.

30.2 *Gli ambienti digitali*

Il progresso tecnologico cui si è assistito negli ultimi dieci anni è stato talmente veloce, innovativo e, se si vuole, anche invasivo da condizionare non soltanto la struttura economica e giuridica dell'ordinamento europeo, unitariamente considerato, ma anche le interazioni sociali tra i singoli individui, e tra questi e le autorità pubbliche. Di fronte al cambiamento del sistema economico e allo sviluppo continuo, inarrestabile e non arginabile

¹²¹ Dipartimento di Studi Aziendali – Università Roma TRE.

di beni e servizi «social», si pone l'autorità statale chiamata a riorganizzare la propria amministrazione pubblica sulla base di nuovi principi. Il settore pubblico deve oggi tradursi in *e-governance* e farsi promotore di una nuova crescita economica che favorisca lo sviluppo di *smart cities* attraverso la diffusione, l'acquisizione e il concreto utilizzo di ambienti e prodotti digitali (*smart environments*).

Infatti, sin dalla Strategia di Lisbona del 2000¹²² il ricorso alle moderne tecnologie digitali, specie nel settore pubblico, è stato considerato la miglior risorsa spendibile per il rilancio dell'economia europea. Da allora, le istituzioni europee hanno mostrato crescente attenzione nei confronti della società dell'informazione, basata sulle tecnologie della comunicazione e grazie ad esse in grado di produrre conoscenza e ricchezza in modo veloce, economico e sostenibile. Per la creazione dell'Europa digitale sono stati adottati negli anni numerosi piani di azioni¹²³ e attualmente si assiste alla realizzazione della Strategia Europa 2020¹²⁴.

Il progresso tecnologico che sta caratterizzando la nuova visione dell'economia globale viene sempre più spesso definito ricorrendo all'utilizzo del termine *smart*. Il termine compare ufficialmente per la prima volta nel 2011 quando l'Unione europea ha avviato l'iniziativa *Smart cities and communities*¹²⁵ con l'obiettivo di ottimizzare l'utilizzo delle risorse energetiche nelle città. Successivamente, nel luglio 2012 si è dato avvio alla *European Innovation Partnership on Smart cities and communities*¹²⁶ allo scopo di ricercare soluzioni per il raggiungimento degli obiettivi climatici 20/20/20, ampliando l'iniziativa, oltre al settore energetico, anche a quello dei trasporti e delle ICT, avendo come riferimento le realtà urbane¹²⁷. Nel

¹²² Adottata dal Consiglio Europeo in data 23 e 24 marzo 2000, in http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_it.htm.

¹²³ cfr. C. LEONE, *Il ruolo del diritto europeo nella costruzione dell'amministrazione digitale*, in *Riv. it. dir. pub. com.*, 3-4, 2014, p. 868.

¹²⁴ Comunicazione della Commissione europea, Bruxelles 3 marzo 2010, COM(2010) 2020, *Europa 2020. Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, in <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL/?uri=CELEX%3A52010DC2020>.

¹²⁵ Cfr., <http://ec.europa.eu/eip/smartcities/>.

¹²⁶ Cfr., http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/operational-implementation-plan-oip-v2_en.pdf.

¹²⁷ «Cities are becoming more and more of a focal point for our economies and societies at large, particularly because of on-going urbanisation, and the trend towards increasingly

2014 il Parlamento europeo ha pubblicato il documento *Mapping smart cities in the EU*¹²⁸ il quale contiene una mappa dettagliata delle *smart cities* più avanzate in Europa, con lo scopo di ricercare una definizione *standard* del termine *Smart city*, e di indicare un modello comune di città intelligente. Il documento chiarisce in maniera univoca che per aversi una città *smart* è necessario che siano pienamente integrati tra loro i seguenti ambiti di intervento: *governance; economy; mobility; environment; people; living*.

Quanto all'*environment* occorre precisare, tuttavia, che, se da un lato, rappresenta uno degli ambiti progettuali propri di una *smart city*, ad esso ci si riferisce anche in un'accezione generale, come sinonimo di prodotto digitale. Occorre, dunque, distinguere lo *smart environment* quale insieme di progetti relativi, ad esempio, all'efficienza energetica, alla sostenibilità ambientale, alla gestione efficiente del ciclo dei rifiuti, dagli *smart environments* intesi come gli ambienti/ambiti nei quali si manifesta l'intelligenza di un prodotto o di un servizio digitale.

Sebbene la concreta attuazione di una città *smart* debba sviluppare in maniera integrata tra loro tutti gli ambiti applicativi sopra descritti, esiste tra essi una gerarchia implicita e naturale: la realizzazione di progetti in termini di *smart mobility*, ad esempio, presuppone l'installazione di sensori nelle vie pubbliche, così come la *smart people* richiede un'adeguata formazione in termini di cultura digitale dei cittadini. Ad un'attenta analisi sembra, dunque, che la piena realizzazione di una *smart city* trovi nell'*egovernment* il suo elemento primordiale e fondante.

Per *egovernment* si intende un settore pubblico che sia da un lato, aperto e trasparente, cioè capace di offrire servizi sostenibili e accessibili e di garantire la partecipazione e il controllo democratico dei cittadini, e dall'altro efficiente e produttivo, cioè capace di ridurre gli sprechi e di

knowledge-intensive economies as well as their growing share of resource consumption and emissions. To meet public policy objectives under these circumstances, cities need to change and develop, but in times of tight budget this change needs to be achieved in a smart way; our cities need to become 'smart cities'», così in *Strategic Implementation Plan* elaborato dalla EIP nell'ottobre 2013 disponibile su http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/sip_final_en.pdf.

¹²⁸ Cfr., [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf).

valorizzare la massimo il denaro dei contribuenti¹²⁹. Nessuna città italiana potrà mai definirsi *smart* senza un'adeguata digitalizzazione degli apparati burocratici che la governano, non solo perché alla base della maggior parte degli interventi privati si pongono autorizzazioni, concessioni e provvedimenti di carattere pubblico (si pensi alla costruzione di uno *smart building*), ma anche perché il settore pubblico, date le sue dimensioni, occupa una rilevante porzione dell'intero mercato. La digitalizzazione della pubblica amministrazione e, dunque, la piena realizzazione dell'*egovernment*, è l'unica veramente in grado di instaurare un circolo virtuoso di reale rilancio dell'economia¹³⁰. Ovviamente qualsiasi processo di riforma presuppone una scelta politica e, dunque, legislativa.

Benché al termine *smart* non possa affiancarsi nessun significato giuridico proprio, ciò non toglie che, per intraprendere e realizzare iniziative *smart*, occorre in primo luogo predisporre adeguati strumenti in termini di regole e procedure.

Seguendo gli indirizzi europei, il legislatore italiano mostra di ben conoscere l'importanza strategica ed economica del digitale, infatti sin dal 2005 ha ritenuto che la sua applicazione alle modalità operative dell'apparato amministrativo fosse così urgente da doverne disciplinare l'introduzione in un vero e proprio codice.

Da allora gli interventi legislativi in tema di digitalizzazione delle pubbliche amministrazioni si sono susseguiti senza sosta, tanto che ancora oggi, a distanza di oltre 12 anni, tale processo è stato interamente riprogrammato¹³¹.

¹²⁹ Cfr., Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni, *Il ruolo dell'eGovernment per il futuro dell'Europa*, del 26.09.2003, ove si legge che per *egovernment* si intende: «l'uso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nelle Pubbliche Amministrazioni, coniugato a modifiche organizzative e all'acquisizione di nuove competenze al fine di migliorare i servizi pubblici e i processi democratici e di rafforzare il sostegno alle politiche pubbliche».

¹³⁰ «Dal modo in cui la pubblica amministrazione assolve i suoi compiti, infatti, dipende in misura decisiva la capacità dei privati di sviluppare i propri progetti di vita e di intraprendere con successo le attività sociali ed economiche cui intendono dedicarsi: in una parola, il benessere della comunità», così: G. NAPOLITANO, *Le riforme amministrative in Europa all'inizio del ventunesimo secolo*, in Riv. trim. dir. pubb., 2, 2015, p. 612.

¹³¹ Sulla stratificazione ed eterogeneità delle fonti dell'amministrazione digitale cfr., F. CARDARELLI, *Amministrazione digitale, trasparenza e principio di legalità*, in *Dir. dell'informazione e dell'informatica*, 2, 2015, p. 227 ss.

Infatti, il codice dell'amministrazione digitale, di cui al D. Lgs. n. 82 del 7 marzo del 2005 è stato modificato, dapprima, con il D. Lgs. n. 235 del 30 dicembre 2010 e, da ultimo, con il D. Lgs. n. 179 del 26 agosto del 2016. Medio tempore si sono succeduti una serie di decreti, volta a volta dedicati alla semplificazione, alla crescita, al fare e alla trasparenza amministrativa, che a vario titolo hanno inciso su alcuni aspetti specifici del processo di digitalizzazione dell'apparato amministrativo¹³². Nel 2015, con l'adozione della legge delega n. 124 per la riorganizzazione dell'apparato amministrativo, si è dato avvio ad un progetto organico di riforma con lo scopo di semplificare e coordinare tra loro i vari provvedimenti stratificatisi nel corso degli anni¹³³. La Riforma non interviene soltanto sul codice dell'amministrazione digitale (la cui delega è contenuta all'art. 1, comma

¹³² Si tratta, in particolare del: D. Lgs. n. 5 del 2012, c.d. decreto "semplificazione", recante disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo, convertito nella L. n. 35/2012 la quale istituisce l'Agenda Digitale Italiana; D. Lgs. n. 83 del 2012, c.d. decreto "crescita", recante misure urgenti per la crescita del paese, convertito nella L. n. 134 del 2012 la quale ha stabilito il subentro dell'Agenzia per l'Italia Digitale alla DigitPA, attribuendole il compito di realizzare gli obiettivi dell'Agenda digitale Italiana, in coerenza con gli indirizzi elaborati dalla cabina di Regia secondo le previsioni dell'Agenda digitale europea; D. Lgs., n. 179 del 2012, c.d. decreto "crescita 2.0", recante ulteriori misure urgenti per la crescita del paese, convertito nella legge n. 221 del 2012, la quale introduce numerosi istituti volti a raggiungere gli obiettivi europei in tema di *egovernment* (il documento digitale unificato, la carta di identità elettronica, la tessera sanitaria, l'anagrafe nazionale della popolazione residente e il sistema pubblico di connettività); D. L. 69/2013, c.d. decreto "del fare", recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia e, da ultimo, del D. L. 90/2014 recante misure urgenti per la semplificazione e la trasparenza amministrativa e per l'efficienza degli uffici giudiziari. In dottrina: E. CARLONI, *La semplificazione telematica e l'Agenda digitale*, in *Giorn. dir. amm.*, 7, 2012, p. 708 e ss.; ID., *Amministrazione aperta e governance dell'Italia digitale*, in *Giorn. dir. amm.*, 11, 2012, p. 1041 e ss.; ID., *Il potenziamento dell'Agenda digitale*, in *Giorn. dir. amm.*, 12, 2013, p. 1151 e ss.; ID., *Tendenze recenti e nuovi principi della digitalizzazione pubblica*, in *Giorn. dir. amm.*, 2, 2015, p. 148 e ss.; L. FIORENTINO, *Il decreto legge "crescita 2.0": un provvedimento ad efficacia differita*, in *Giorn. dir. amm.*, 3, 2013, p. 223 ss.; R. CARPENTIERI, *L'Agenda digitale italiana*, in *Giorn. dir. amm.*, 3, 2013, p. 225 ss.; A. CASINELLI, *L'e-government*, in *Giorn. dir. amm.*, 3, 2013, p. 234 ss.; EAD., *Le città e le comunità intelligenti*, in *Giorn. dir. amm.*, 3, 2013, p. 240 ss.

¹³³ Cfr., B. G. MATTARELLA, *Il contesto e gli obiettivi della riforma*, in *Giorn. dir. amm.*, 5, 2015, p. 621 ss.; B. CAROTTI, *L'amministrazione digitale e la trasparenza amministrativa*, in *Giorn. dir. amm.*, 5, 2015, p. 625 ss.; G. VESPERINI, *Le norme generali sulla semplificazione*, in *Giorn. dir. amm.*, 5, 2015, p. 629 ss.; G. MELIS, *Una buona legge e molto da fare*, in *Giorn. dir. amm.*, 5, 2015, p. 581 ss.; B. CAROTTI, *L'amministrazione digitale: le sfide culturali e politiche del nuovo Codice*, in *Giorn. dir. amm.*, 1, 2017, p. 7 ss.

l) bensì sull'intero sistema amministrativo, spaziando dalla conferenza dei servizi, al riordino delle camere di commercio, passando attraverso la disciplina del lavoro pubblico, delle partecipazioni societarie nelle pubbliche amministrazioni, della dirigenza pubblica e della prevenzione della corruzione e tutela della trasparenza amministrativa¹³⁴; nel complesso la legge contiene ventotto deleghe dalle quali sono attualmente derivati venti decreti attuativi.

Nonostante l'ampiezza della delega, la riforma non esaurisce il processo di realizzazione dell'*egovernment*, così come il nuovo codice non esaurisce il sistema delle fonti dell'amministrazione digitale. Due esempi infatti possono valere a chiarire alcune delle ragioni per le quali la concreta realizzazione dell'*egovernment* appare più che un reale traguardo una declamazione di principio lungi dal potersi realizzare in tempi brevi: da un lato i rapporti tra le pubbliche amministrazioni e le imprese, dall'altro i rapporti con i cittadini.

Quanto ai rapporti con le imprese, ad esempio, mentre alcune norme di carattere generale sono contenute nel CAD¹³⁵, la completa realizzazione del c.d. *e-procurement*¹³⁶ è invece affidata al nuovo codice dei contratti

¹³⁴ Sulla legittimità della legge delega si è pronunciata la Corte costituzionale con sentenza n. 125 del 25.11.2016.

¹³⁵ Ci si riferisce, ad esempio, all'art. 5 *bis* rubricato «Comunicazioni tra imprese e pubblica amministrazione», introdotto con il D. Lgs. 235 del 2010, il quale dispone che la presentazione di istanze, dichiarazioni, dati e lo scambio di informazioni deve avvenire esclusivamente utilizzando tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Con le stesse modalità le amministrazioni adottano e comunicano atti e provvedimenti amministrativi alle imprese. Ancora, all'art. 6 *bis* introdotto nel 2012, -a seguito dell'obbligo, di cui all'art. 16 della legge n. 2 del 2009, per le imprese e per i professionisti di dotarsi di un indirizzo di posta elettronica certificata- il quale dispone che gli indirizzi inseriti nell'indice costituiscono mezzo esclusivo di comunicazione e notifica con le pubbliche amministrazioni. L'accesso all'indice INI-PEC è consentito non solo alle pubbliche amministrazioni e alle imprese e professionisti, ma anche ai gestori o esercenti servizi pubblici, nonché a tutti i cittadini. Quanto all'uso esclusivo del sistema PEC per le comunicazioni tra imprese e pubbliche amministrazioni -utilizzato anche nell'ambito delle procedure disciplinate dal codice dei contratti pubblici-, esso crea non pochi ostacoli nel contesto europeo, essendo la PEC una modalità operativa esclusivamente italiana. Cfr., G. CARULLO, *Posta elettronica certificata e domicilio digitale: futuro e incertezze in una prospettiva europea*, in *Riv. it. dir. pub. com.*, 1, 2016 p. 51 ss.e. e videnti si veda in dottrina inclusivamente italiana.

¹³⁶ L'*e-procurement*, così come l'*open government* per quanto riguarda i rapporti con i cittadini, rappresenta uno degli ambiti di realizzazione dell'*e-government* e si riferisce alle

pubblici¹³⁷ che, nella sua versione vigente non risulta affatto coordinato con le disposizioni generali di cui al CAD stesso¹³⁸.

Quanto invece al rapporto con i cittadini la nuova disciplina della trasparenza amministrativa non si rinviene all'interno del CAD bensì nel c.d. *Freedom of information act*, adottato con D. Lgs. 25 maggio 2016, n. 97, ai sensi dell'art. 7 della legge delega 124/2015, il quale sostituisce il precedente D. Lgs. 14 marzo 2013, n. 33 (c.d. Decreto trasparenza) e si affianca, e in alcuni casi sovrappone, alla legge sulla trasparenza amministrativa n. 241 del 1990, tuttora in vigore¹³⁹. Ne deriva, dunque, che anche nell'ambito dell'*open government*¹⁴⁰, si assiste ad una dispersione delle fonti responsabile di antinomie e conseguenti incertezze applicative¹⁴¹.

modalità di acquisto di beni e servizi da parte delle pubbliche amministrazioni grazie a procedimenti di gara interamente gestiti in modalità digitali.

¹³⁷ Con la legge delega n. 11 del 2016, emanata al fine di dare attuazione alle Direttive europee nn. 23, 24 e 25 del 2014, il Governo è stato delegato ad adottare il nuovo codice dei contratti pubblici. Il D. Lgs. 18 aprile 2016, n. 50, rubricato «Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture», sostituisce dunque il precedente D. Lgs. 163 del 2006 e costituisce una tappa fondamentale per la piena realizzazione dell'*e-procurement*.

¹³⁸ A dimostrazione del fatto che le numerose riforme avviate nel 2016 sembrano mancare di un efficace coordinamento, si deve segnalare che nella nuova versione del Cad entrata in vigore a settembre 2016 –posteriormente, quindi, alla riforma del codice dei contratti pubblici- compare ancora l'art. 62 bis, introdotto nel codice del 2005 con il D. Lgs. 235 del 2010, il quale prescrive che per favorire il controllo dell'azione amministrativa e il rispetto della legalità si utilizza la banca dati nazionale dei contratti pubblici istituita presso la relativa autorità di vigilanza. Tuttavia, la predetta autorità, costituita con la legge n. 109 del 1994, e successivamente riorganizzata a seguito dell'approvazione del D. Lgs. 163 del 2006, è stata soppressa nel 2014 con il D. L. n. 90, e le sue funzioni e strutture sono confluite nell'Autorità nazionale anticorruzione (ANAC) la quale oggi assomma in sé le competenze relative sia ai contratti pubblici sia alla trasparenza.

¹³⁹ Cfr., I. F. CARAMAZZA, *Le regole dell'azione amministrativa: dalla L. 7 agosto 1990 n. 241 alla L. 7 agosto 2015 n. 124*, in *Dir. amm.*, 2-3, 2015, p. 569 ss.; M. C. CAVALLARO, *Garanzie della trasparenza amministrativa e tutela dei privati*, in *Dir. amm.*, 1, 2015, p. 121 ss.; E. TEDESCHI, *Il diritto di accesso: il nuovo dovere di collaborazione dell'amministrazione*, in *Giorn. dir. amm.*, 6, 2016, p. 805 ss.; D. GALETTA, *La trasparenza, per un nuovo rapporto tra cittadino e pubblica amministrazione: un'analisi storico-evolutiva, in una prospettiva di diritto comparato europeo*, in *Riv. it. dir. pubb. com.*, 5, 2016, p. 1019 ss.

¹⁴⁰ Inteso come amministrazione aperta, cioè trasparente, nei confronti dei cittadini.

¹⁴¹ Ad esempio, in tema di trasparenza, l'art. 29 del nuovo codice dei contratti pubblici

Senza poter entrare oltre nel merito dei citati provvedimenti, emerge dunque a prima vista come lo sforzo del legislatore italiano di favorire la diffusione degli ambienti intelligenti negli apparati pubblici abbia seguito un andamento alterno e frammentato, tanto che anche l'ampia riforma Madia non appare capace di esaurire compiutamente e definitivamente il passaggio al governo digitale¹⁴².

30.3 Conclusioni

Il costante progresso della tecnologia digitale che sta caratterizzando gli ultimi anni viene sempre più spesso considerato, anche dai legislatori europei e nazionali, come fonte di nuove opportunità di crescita e come strumento indispensabile per una evoluzione economica in chiave sostenibile ed efficace. Se da un lato, le moderne tecnologie consentono ai privati di accedere a nuovi mercati e di produrre nuove forme di ricchezza, dall'altro è sul versante pubblico che il loro utilizzo può rendersi

prescrive che tutti gli atti relativi a programmazione di lavori, opere, servizi e forniture, nonché le procedure per l'affidamento di appalti pubblici, di concorsi pubblici di progettazione, di concorsi di idee e di concessioni, devono essere pubblicati e aggiornati nella sezione amministrazione trasparente ai sensi del D. Lgs. 33 del 2013. Tuttavia, il predetto decreto è stato riformato e integrato dal D. Lgs. 25 maggio 2016, n. 97: ne deriva, quindi, che il riferimento al c.d. Decreto Trasparenza contenuto nell'art. 29 del codice dei contratti pubblici deve piuttosto essere inteso come rinvio alle norme del nuovo FOIA. Quanto invece al diritto di accesso agli atti, l'art. 53 del nuovo codice rinvia alle disposizioni di cui agli artt. 22 e ss. della L. 241 del 1990 le quali disciplinano un diritto di accesso molto diverso dal diritto di accesso civico di cui al FOIA. Poiché però il codice precede, seppur di solo un mese, il FOIA, ad altro non poteva riferirsi se non alle vigenti norme sul procedimento amministrativo. D'altra parte, benché il FOIA abbia introdotto un diritto a conoscere più ampio di quello disciplinato dalla legge del 1990 non ne ha in ogni caso abrogato le relative disposizioni. Ne consegue che il rinvio agli artt. 22 e ss. contenuto nell'art. 53 deve ritenersi ancora valido. Tuttavia, sembra lecito domandarsi se non sia possibile interpretare il predetto rinvio come riferimento alle disposizioni del D. Lgs. 97 del 2016 e ciò anche per evitare disparità di trattamento rispetto ai privati cittadini.

¹⁴² Sarebbero poi di ostacolo all'effettivo governo digitale almeno due elementi: da un punto di vista infrastrutturale, il c.d. *digital divide*, e da un punto di vista ordinamentale, il riparto di competenze tra Stato e Regioni. Sul falso problema del *digital divide*, cfr. M. CUNIBERTI, *Tecnologie digitali e libertà politiche*, in *Dir. dell'informazione e dell'informatica*, 2, 2015, p. 275 ss.

promotore di una vera e propria rivoluzione economica. Affinché ciò possa avvenire è in primo luogo necessario indurre gli apparati burocratici ad un ripensamento in chiave digitale del loro *modus operandi*. Per far ciò è senza dubbio indispensabile l'intervento del legislatore, al quale però deve seguire l'effettiva evoluzione in chiave sostenibile di ciascun sistema oggetto di riforma. Da questo punto di vista, nonostante il fatto che il legislatore italiano abbia intrapreso la strada delle riforme sin dal 2005, è emerso però come dette riforme siano andate stratificandosi tra loro in assenza di una visione complessiva e finale dei vari progetti. Così anche la stessa riforma Madia, che tra tutte ha il pregio di avere -almeno nelle intenzioni- una prospettiva organica, non appare del tutto capace di ricondurre a sistema le precedenti stratificazioni, con gravi conseguenze sulla sua effettiva forza precettiva¹⁴³.

D'altra parte, se la predisposizione di norme e procedure è indispensabile e, si ritiene, anche prodromica, a qualsiasi mutamento del contesto sia economico che sociale, è altrettanto vero che le norme da sole non possono bastare se non vengono comprese dagli ambienti culturali¹⁴⁴. Gli interventi legislativi, invece, appaiono sempre più svincolati dagli studi accademici, e questi ultimi, dal canto loro, appaiono sempre più chiusi nei loro atenei. La mancanza di dialogo tra università, pubblica amministrazione e mondo imprenditoriale è una delle maggiori cause di fallimento nella creazione dell'amministrazione digitale¹⁴⁵. Non vi sono studi accademici che promuovano direttamente la formazione di personale pubblico digitalmente qualificato né imprese che si rivolgano al mondo accademico quale tramite per una diffusione di ambienti digitali

¹⁴³ È evidente infatti che la forza precettiva di una disposizione è direttamente proporzionale alla sua chiarezza espositiva. Laddove la norma sia fonte di incertezze interpretative, per il proprio stile espositivo o per mancanza di coordinamento con altre norme dell'ordinamento, anche la sua cogenza ne risulta indebolita.

¹⁴⁴ Cfr. M. RAMAJOLI, *Quale cultura per l'amministrazione pubblica?*, in *Giorn. dir. amm.*, 2, 2017, p. 187 ss.

¹⁴⁵ L'Italia è uno il paese europeo dove si studia di più e si studia meglio. Solo nella Regione Lazio sono presenti 12 atenei universitari, 48 enti e istituti di ricerca, 4 centri di eccellenza universitari, 218 laboratori di ricerca, 3 distretti tecnologici e 2 parchi scientifici. Eppure una delle maggiori criticità rilevate nei vari rapporti esaminati è il sostanziale isolamento del mondo accademico, che si traduce nella incapacità di creare nuovi prodotti da destinare efficacemente al mercato e nella difficoltà di creare occupazione giovanile.

negli apparati pubblici¹⁴⁶. Occorrerebbe dunque attivare un sistema virtuoso di formazione del personale pubblico attraverso il coinvolgimento del mondo accademico e di quello imprenditoriale: dotare gli uffici pubblici di dispositivi tecnologici senza dotare il personale delle competenze necessarie al loro migliore utilizzo corrisponde ad una visione cieca e rappresenta un sicuro spreco di risorse.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A.A.VV. *Smart cities e diritto dell'innovazione*, a cura di G. Olivieri e V. Falce, Giuffrè, 2016.
- [2] AA. VV., in *Consumerism 2016, Nono Rapporto annuale, Dalla Sharing alla social economy*, in www.consumersforum.it, a cura di F. Bassan e M. Rabitti.
- [3] CARAMAZZA I. F., *Le regole dell'azione amministrativa: dalla L. 7 agosto 1990 n. 241 alla L. 7 agosto 2015 n. 124*, in *Dir. amm.*, 2-3, 2015, p. 569 ss.
- [4] CARDARELLI F., *Amministrazione digitale, trasparenza e principio di legalità*, in *Dir. dell'informazione e dell'informatica*, 2, 2015, p. 227 ss.;
- [5] CARLONI E., *Amministrazione aperta e governance dell'Italia digitale*, in *Giorn. dir. amm.*, 11, 2012, p. 1041 ss.
- [6] CARLONI E., *Il potenziamento dell'Agenda digitale*, in *Giorn. dir. amm.*, 12, 2013, p. 1151 ss.
- [6] CARLONI E., *La semplificazione telematica e l'Agenda digitale*, in *Giorn. dir. amm.*, 7, 2012, p. 708 ss.

¹⁴⁶ Appare, invece, necessario attivare corsi accademici nelle materie giuridiche che siano mirati alla formazione di nuove professionalità dell'innovazione. Quest'ultima, infatti, è quasi esclusivamente legata a studi sociologici o matematici, mentre difettano corsi di laurea che affrontano il tema da un punto di vista strettamente giuridico. Il giurista classico rifiuta di riferire al termine *smart* un significato tecnico, eppure per la realizzazione di uno *smart government* servono innanzitutto regole e principi. Non sembra peregrino parlare, invece, di un *diritto delle smart cities*, da suddividere in altrettante specializzazioni quanti sono gli ambiti applicativi delle città intelligenti. I laureati in questa nuova materia dovrebbero poi trovare impiego proprio negli apparati amministrativi pubblici che per primi hanno non solo la funzione ma anche il dovere di rilanciare l'economia italiana.

- [7] CARLONI E., *Tendenze recenti e nuovi principi della digitalizzazione pubblica*, in *Giorn. dir. amm.*, 2, 2015, p. 148 ss.
- [8] CAROTTI B., *L'amministrazione digitale e la trasparenza amministrativa*, in *Giorn. dir. amm.*, 5, 2015, p. 625 ss.
- [9] CAROTTI B., *L'amministrazione digitale: le sfide culturali e politiche del nuovo Codice*, in *Giorn. dir. amm.*, 1, 2017, p. 7 ss.
- [10] CARPENTIERI R., *L'Agenda digitale italiana*, in *Giorn. dir. amm.*, 3, 2013, p. 225 ss.
- [11] CARULLO G., *Posta elettronica certificata e domicilio digitale: futuro e incertezze in una prospettiva europea*, in *Riv. it. dir. pubb. com.*, 1, 2016, p. 55 ss.
- [12] CASINELLI A., *L'e-government*, in *Giorn. dir. amm.*, 3, 2013, p. 234 ss.

31 La brevettabilità dell'innovazione biotecnologica nello spazio giuridico europeo, tra simmetrie normative e asimmetrie interpretative

Giandonato Caggiano, Daniela Vitiello¹⁴⁷

31.1 *Abstract*

Quello dell'innovazione biotecnologica resta, ad oggi, l'unico settore per il quale la legislazione dell'Unione europea si è dotata di norme tese ad armonizzare le condizioni di brevettabilità negli Stati membri. Il settore biotech solleva, infatti, delicate questioni bioetiche e presenta tassi di sviluppo esponenziali, che, se da un lato rendono opportuna l'adozione di una disciplina *ad hoc* volta a limitare la discrezionalità dell'operatore giuridico in relazione a problemi etici fondamentali, dall'altro impediscono a tale disciplina di dettaglio di stare al passo con l'emergere di nuove questioni. L'incertezza giuridica che ne deriva è aggravata dalla natura ibrida del sistema europeo di tutela brevettuale, nell'ambito del quale la disciplina del c.d. brevetto europeo è contenuta in un trattato internazionale esterno alla cornice giuridica del diritto dell'Unione e dotato di un autonomo organo di controllo. Il presente articolo si propone di illustrare come il settore dell'innovazione biotech rappresenti il naturale laboratorio per "testare" l'impatto giuridico ed economico-sociale della natura ibrida del sistema europeo di tutela brevettuale in un'epoca storica dominata da incessanti scoperte nell'ambito delle scienze della vita, offrendo materiali di riflessione nell'ambito del dibattito sull'istituzione del tribunale unificato dei brevetti. Il caso di studio utilizzato è quello relativo alla brevettabilità degli artefatti vegetali ottenuti mediante l'impiego di procedimenti essenzialmente biologici.

¹⁴⁷ Università degli Studi Roma Tre.

31.2 Introduzione

Il settore biotecnologico rappresenta un *case study* di inesauribile interesse in relazione ai *trend* che caratterizzano il diritto dell'innovazione nelle economie post-industriali. La tutela giuridica dell'invenzione biotecnologica, infatti, è il precipitato di una serie di soluzioni, tecnico-giuridiche, che non si limitano ad esorcizzare la dicotomia assiologica tra il diritto proprietario dell'innovatore e la libertà di fruizione dell'innovazione – epifenomeno del diritto di accesso alla conoscenza scientifica, su cui si basano le società dell'informazione. Invero, esse si propongono altresì di offrire risposte *ad hoc* alle delicate questioni bioetiche che l'invenzione biotech solleva e al contempo di stare al passo con la vorticosa accelerazione tecnica del settore, nel tentativo di prevenire antinomie normative e aporie sistemiche. Il risultato è un bilanciamento “dinamico” degli interessi e valori in gioco, che può variare da un sistema giuridico all'altro, opponendosi alle (pur diffuse) tendenze di sviluppo di uno statuto globale della tutela dell'invenzione biotech.

Nello spazio giuridico europeo, in cui la tutela brevettuale è il prodotto di un complesso reticolo di obblighi pattizi, di natura universale, regionale e nazionale, la tensione dialettica tra le tendenze alla valorizzazione della sostenibilità sociale del brevetto, da un lato, e all'espansione del diritto di privativa, dall'altro, è particolarmente evidente. Essa si manifesta soprattutto nella complessa interazione tra il diritto materiale dell'Unione europea (in specie, la direttiva 98/44/CE sul brevetto biotech) e diritto “vivente” derivante dalla Convenzione di Monaco del 1973 (CBE).

Benché i due sistemi normativi siano coordinati, in particolare attraverso la trasposizione di alcune disposizioni della direttiva nel regolamento di esecuzione della CBE, permangono differenti approcci interpretativi tra gli organi di controllo della CBE e le istituzioni dell'UE, che non sono mediati da un raccordo gerarchico alla giurisprudenza della Corte di giustizia dell'Unione¹⁴⁸. La conseguente incertezza giuridica, potenzialmente

¹⁴⁸ V. le decisioni delle commissioni di ricorso dell'Ufficio europeo dei brevetti (UEB), T 2221/10, *Culturing stem cells/Technion*, 4.2.2014, parr. 38-40; T 1441/13, *Embryonic stem cells, disclaimer /Asterias*, 9.9.2014, par. 4.1.

pregiudizievole tanto per lo sviluppo del comparto biotech, quanto per l'armonizzazione del diritto che lo regola, è ben illustrata dalla *querelle* sulla brevettabilità degli artefatti vegetali ottenuti mediante l'impiego di marcatori genetici.

31.3 *La cornice giuridica*

Prima di entrare nel vivo di questa *querelle*, è opportuno delineare i rapporti tra le diverse fonti normative rilevanti. Infatti, la direttiva 98/44/CE si inserisce, come disciplina specifica, in un composito quadro di fonti di diritto internazionale¹⁴⁹ e nazionale¹⁵⁰, con l'obiettivo di armonizzare le legislazioni degli Stati membri dell'Unione in materia di brevettabilità della materia vivente, al fine di agevolare la libera circolazione dell'invenzione biotecnologica, fissando al contempo i limiti alla brevettabilità del corpo umano e delle sue parti, dei vegetali e degli animali, allo scopo di risolvere in maniera coerente e uniforme le sfide bioetiche che l'evoluzione delle biotecnologie pone.

Dunque, pur non sostituendosi al diritto positivo applicabile, la direttiva 98/44/CE si propone di adeguarlo e completarlo «*su taluni punti specifici, in conseguenza dei nuovi ritrovati tecnologici che utilizzano materiali biologici*

¹⁴⁹ A livello universale, cfr., *inter alia*, il Trattato di cooperazione sul brevetto, concluso a Washington nel 1970; l'Accordo TRIPs, firmato a Marrakech nel 1994, che costituisce l'Allegato 1C dell'Accordo istitutivo della Organizzazione mondiale del commercio. A livello regionale (europeo) v. la Convenzione di Parigi per la protezione delle nuove varietà di piante del 1961, la Convenzione di Strasburgo sull'unificazione di alcuni principi della legislazione sui brevetti d'invenzione del 1963, la Convenzione di Monaco sul brevetto europeo del 1973, e il Trattato di Budapest sul riconoscimento internazionale del deposito di microrganismi del 1977. Accanto a tali trattati internazionali, l'Unione europea si è dotata di una specifica disciplina materiale, con l'adozione della direttiva 98/44/CE del 6 luglio 1998 sulla protezione giuridica delle invenzioni biotecnologiche, GU L 213/13, 30.7.1998, e del regolamento (CE) n. 2100/94 del 27 luglio 1994 concernente la privativa comunitaria per ritrovati vegetali, GU L 227/1, 01.09.1994.

¹⁵⁰ Nell'ordinamento giuridico italiano, la disciplina della protezione brevettuale delle innovazioni biotecnologiche è contenuta nell'atto di recepimento della direttiva comunitaria 98/44/CE (d.l. 3/2006, convertito, con mod., in legge 78/2006), le cui disposizioni sono state integrate nel codice della proprietà industriale (d.lgs. 30/2005, mod. d.lgs. 131/2010, l. 115/2015, l. 194/2015) e nel relativo regolamento di attuazione (D.M. n. 33/2010).

e che possiedono comunque i requisiti di brevettabilità»¹⁵¹. Tuttavia, dal momento che le questioni procedurali e sostanziali relative alla concessione del c.d. brevetto europeo continua ad essere saldamente ancorate alle disposizioni della CBE – ovvero un accordo internazionale esterno alla cornice giuridica dei trattati UE e operante in seno all’Organizzazione europea dei brevetti (OEB) – si è reso necessario un coordinamento tra la direttiva e la CBE, affinché la prima potesse dispiegare un “effetto utile”¹⁵². Tale coordinamento è stato ottenuto mediante l’introduzione, nel regolamento di esecuzione della CBE, di un nuovo capitolo (il quinto), rubricato “Invenzioni Biotecnologiche”¹⁵³, che riproduce il contenuto delle disposizioni del capitolo primo della direttiva 98/44/CE¹⁵⁴.

In seguito al raccordo operato attraverso il regolamento di esecuzione della CBE, nella valutazione della brevettabilità delle invenzioni riguardanti la materia vivente, il dispositivo e il preambolo della direttiva costituiscono strumenti complementari d’interpretazione delle rilevanti previsioni della CBE e la giurisprudenza della Corte di giustizia dell’Unione deve essere debitamente considerata dall’Ufficio europeo dei brevetti (UEB), benché non giuridicamente vincolante per l’OEB.

Sulla base di tale cornice giuridica, nel dicembre 2010 la commissione

¹⁵¹ Cfr. il *considerando* 8 del preambolo della direttiva stessa.

¹⁵² Ciò principalmente in ragione del fatto che tutti gli Stati membri dell’UE sono anche membri dell’OEB.

¹⁵³ Cfr. la decisione del Consiglio di amministrazione UEB del 16 giugno 1999 che modifica il regolamento di esecuzione CBE, OJ EPO 7/1999. Il recepimento delle disposizioni della direttiva comunitaria mediante l’emendamento del regolamento di esecuzione CBE, avvenuto con decisione del Consiglio di amministrazione dell’UEB ex art. 33 CBE, ha evitato la convocazione di una conferenza degli Stati contraenti per la revisione della Convenzione, che avrebbe richiesto il rispetto di una specifica procedura (ex art. 172 CBE), nonché ben più lunghi tempi d’attesa per l’entrata in vigore del testo modificato. Tuttavia, in caso di contrasto tra le disposizioni della Convenzione e quelle del regolamento di esecuzione della stessa, sono le prime a prevalere, per espressa previsione dell’art. 164, par. 2, CBE.

¹⁵⁴ L’incorporazione delle sole norme del capitolo I della direttiva è ascrivibile ai rapporti tra la CBE e il diritto interno degli Stati contraenti. La CBE, infatti, si occupa delle questioni relative alla concessione del titolo, mentre la definizione degli effetti del brevetto e la tutela giurisdizionale rimangono di competenza nazionale. Nella struttura della direttiva, le norme del capitolo I riguardano la brevettabilità delle invenzioni biotecnologiche, che rientra nella sfera di competenza dell’OEB, mentre le norme dei capitoli II e III regolano profili che sono affidati al legislatore nazionale.

di ricorso allargata dell'UEB ha adottato le decisioni nei casi "Pomodori I" e "Broccoli I"¹⁵⁵, in cui ha ribadito la non brevettabilità dei metodi essenzialmente biologici per la produzione di artefatti vegetali, benché prevedano l'impiego di tecniche di selezione e incrocio della progenie, allorquando il medesimo procedimento possa prodursi naturalmente. Viceversa, la commissione ha sottolineato la potenziale brevettabilità di metodi di selezione e incrocio implicanti l'introduzione o l'integrazione di molecole di DNA esogeno nel genoma di un dato organismo, allorquando siffatta trasformazione genetica non possa prodursi naturalmente mediante la combinazione dei geni delle piante.

Tali decisioni hanno chiarito la portata dell'eccezione alla brevettabilità dei *procedimenti* essenzialmente biologici per l'ottenimento di piante, contemplata all'art. 53, lett. b), CBE, nonché delle regole da 27 a 34 del regolamento di esecuzione¹⁵⁶, lasciando, tuttavia, impregiudicata la questione della brevettabilità dei *prodotti* vegetali ottenuti mediante tali procedimenti. Siffatta questione è divenuta di stringente attualità in seguito all'introduzione dei marcatori genetici¹⁵⁷ nei metodi convenzionali di selezione e incrocio. Invero, l'utilizzo dei *markers* genetici nella produzione di artefatti vegetali ha segnato l'inizio di una vera e propria rivoluzione biotecnologica nel settore agricolo e, al contempo, ha posto il sistema di tutela brevettuale in ambito biotech dinanzi a una nuova sfida, non essendovi soluzioni preconfezionate alla questione della brevettabilità degli artefatti vegetali ottenuti mediante metodi essenzialmente biologici, né in ambito CBE, né tanto meno nelle legislazioni nazionali degli Stati contraenti¹⁵⁸.

¹⁵⁵ Cfr. le decisioni G 2/07, *Broccoli/Plant Bioscience*, 9.12.2010, OJ EPO 2012, p. 130 e G 1/08, *Tomatoes/State of Israel*, 9.12.2010, OJ EPO 2012, p. 206.

¹⁵⁶ Si noti che l'eccezione è prevista anche a livello universale, ex art. 27 dell'Accordo TRIPs, e a livello nazionale, nella più gran parte delle legislazioni degli Stati europei. Per l'ordinamento italiano cfr. l'art. 45, co. 4, lett. b), del Codice della proprietà intellettuale.

¹⁵⁷ Un marcatore genetico è un gene o una sequenza di DNA che si trova in un *locus* specifico all'interno di un cromosoma, utilizzabile per identificare individui, specie o tratti specifici. I marcatori molecolari consentono di osservare e selezionare i caratteri desiderati a livello genetico, con minor dispendio di tempo e risorse.

¹⁵⁸ Dei trentotto Stati contraenti della CBE, solo due (Germania e Paesi Bassi) hanno adottato specifiche disposizioni che vietano la brevettabilità dei prodotti vegetali o animali ottenuti mediante procedimenti essenzialmente biologici. Nel *Patentgesetz* tedesco, come emendato

31.4 *L'ambito di applicazione dell'eccezione alla brevettabilità relativa ai "procedimenti essenzialmente biologici"*

La questione della brevettabilità dei prodotti vegetali o animali ottenuti mediante l'impiego di procedimenti essenzialmente biologici non viene espressamente risolta neppure dalla direttiva 98/44/CE, che purtuttavia disciplina la brevettabilità di elementi isolati dal corpo umano, di vegetali o animali, nonché degli organismi geneticamente modificati. Ai sensi dell'art. 4 della direttiva, le eccezioni alla brevettabilità comprendono, oltre alle varietà vegetali e alle razze animali, «*i procedimenti essenzialmente biologici di produzione di vegetali o di animali*», definiti, ex art. 2, par. 2, come procedimenti consistenti «*integralmente in fenomeni naturali quali l'incrocio o la selezione*»¹⁵⁹ e, quindi, distinti dai procedimenti non biologici, ovvero implicanti l'utilizzo di materiale microbiologico, l'intervento su tale materiale o la produzione dello stesso (art. 2, par. 1, lett. b)). Occorre notare come questa formulazione sia volta a limitare l'incertezza giuridica nelle situazioni, sempre più frequenti, in cui un procedimento essenzialmente biologico di produzione di piante o animali comprenda, accanto a fasi convenzionali di selezione o incrocio, una o più fasi microbiologiche. Infatti, nella precedente prassi dell'UEB, la natura del procedimento (e quindi la sua brevettabilità) veniva determinata attraverso una valutazione caso per caso dell'impatto dell'intervento umano sul risultato finale ottenuto¹⁶⁰.

Peraltro, il legislatore comunitario aveva tentato, in sede di negoziato

nel 2013, si esclude la brevettabilità di animali o vegetali ottenuti *esclusivamente* mediante l'utilizzo di procedimenti essenzialmente biologici, mentre il *Rijksoctrooiwet* olandese del 2010 esclude la brevettabilità di animali o vegetali ottenuti mediante l'utilizzo di procedimenti essenzialmente biologici, anche in presenza di passaggi tecnici. Cfr. Commissione europea, *Final Report of the Expert Group on the development and implications of patent law in the field of biotechnology and genetic engineering* (E02973), 17 May 2016, p. 87 ss.

¹⁵⁹ Il par. 1, lett. a), del medesimo articolo qualifica come materiale essenzialmente biologico quello «*contenente informazioni genetiche, auto-riproducibile o capace di riprodursi in un sistema biologico*».

¹⁶⁰ Cfr. ad es. la decisione T-320/87, *Hybrid Plants/Lubrizon*, 10.11.1988, par. 6: «*whether or not a (nonmicrobiological) process is to be considered as "essentially biological" within the meaning of Article 53(b) EPC has to be judged on the basis of the essence of the invention taking into account the totality of human intervention and its impact on the result achieved*».

per l'adozione della direttiva¹⁶¹, di regolare espressamente anche l'altra questione, della brevettabilità dei prodotti ottenuti attraverso procedimenti essenzialmente biologici. Nella proposta della Commissione del dicembre 1995, il summenzionato art. 4 era formulato in modo da assicurare che «[l]'oggetto di un'invenzione non [fosse] escluso dalla brevettabilità unicamente per il fatto di essere composto di materiale biologico, di utilizzare tale materiale o di essere applicato ad esso», a condizione che fosse ottenuto mediante un «procedimento non essenzialmente biologico» e suscettibile di applicazione a più varietà vegetali o razze animali. Tuttavia, in sede di emendamento della proposta della Commissione da parte del legislatore comunitario¹⁶², il riferimento alla brevettabilità del solo materiale biologico ottenuto mediante procedimenti *non essenzialmente biologici* fu espunto per non dare adito a confusione, dal momento che il materiale biologico, isolato dal suo ambiente naturale o prodotto tramite un procedimento tecnico, poteva invece essere oggetto di invenzione¹⁶³. Di conseguenza, l'ambito di applicazione dell'eccezione alla brevettabilità di cui all'art. 4, par. 1, lett. b), della direttiva 98/44/CE veniva a coincidere con quello dell'art. 53, lett. b), CBE.

¹⁶¹ L'iter per l'adozione della direttiva è durato dieci anni. La proposta iniziale (COM(88) 496, GU C 10 del 13.1.1989), risalente al 1988, fu respinta dal Parlamento europeo all'inizio del 1995 (GU C 68 del 20.3.1995). Una nuova iniziativa, che si focalizzava, in particolare, sul materiale brevettabile e sull'ambito della protezione, fu presentata dalla Commissione nel dicembre 1995 (COM(1995) 661, GU C 296 dell'8.10.1996) e definitivamente adottata all'inizio del 1998.

¹⁶² A seguito del parere del Parlamento europeo del 16 luglio 1997 (GU C 286 del 22.9.1997, p. 87) e della proposta della Commissione COM(97) 446 del 29 agosto 1997 (GU C 311 dell'11.10.1997, p. 12) sono stati soppressi gli articoli 4, 5, 6 e 7 della proposta iniziale ed è stato introdotto un nuovo articolo 2-bis, volto a riformulare l'art. 4.

¹⁶³ Cfr. relazione del 25 giugno 1997 sulla proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio concernente la protezione giuridica delle invenzioni biotecnologiche, Relatore: on. Willi Rothley, A4-0222/97; la posizione comune del Consiglio del 26 febbraio 1998 (GU C 110 dell'8.4.1998, p. 17) e la decisione del Parlamento europeo del 12 maggio 1998 (GU C 167 dell'1.6.1998).

31.5 *La querelle sulla brevettabilità degli artefatti vegetali ottenuti mediante “procedimenti essenzialmente biologici”*

La simmetria normativa dell'eccezione alla brevettabilità relativa ai procedimenti essenzialmente biologici di produzione di vegetali o animali nel sistema della CBE e nel diritto dell'Unione non è stata, tuttavia, sufficiente a risolvere in maniera univoca la questione interpretativa che concerne la derivabilità, dal divieto di brevettabilità dei *procedimenti* essenzialmente biologici, di un divieto di brevettabilità dei *prodotti* ottenuti attraverso siffatti procedimenti.

Sul punto, la commissione di ricorso allargata dell'UEB ha preso posizione con le decisioni nei casi “Pomodori II” e “Broccoli II”¹⁶⁴ del marzo 2015, in cui ha avallato un'interpretazione restrittiva dell'eccezione alla brevettabilità relativa ai procedimenti essenzialmente biologici di produzione di vegetali, aprendo una nuova frontiera nell'area della brevettabilità del vivente. La commissione ha, infatti, espresso parere favorevole alla brevettabilità del broccolo e del pomodoro ottenuti mediante procedimenti essenzialmente biologici, a condizione che siano nuovi, implicino un'attività inventiva e siano atti ad avere un'applicazione industriale, risultando differenti, per tipologia di prodotto e per tecniche di produzione, dai trovati vegetali realizzati in precedenza, sia con i metodi convenzionali che biotecnologici.

Secondo tale interpretazione, l'eccezione alla brevettabilità di cui all'art. 53, lett. b), CBE, non rappresenterebbe, quindi, un divieto alla concessione del brevetto di prodotto su piante, parti di piante e/o frutti ottenuti con procedimenti essenzialmente biologici¹⁶⁵. Il principio troverebbe applicazione sia nel caso in cui il procedimento essenzialmente biologico fosse l'unico metodo disponibile per la produzione del

¹⁶⁴ Cfr: le decisioni G 2/12, *State of Israel/Unilever N.V.*, 25.3.2015, OJ EPO 2016, A27 e G 2/13, *Plant Bioscience Limited/Syngenta Participations AG Groupe Limagrain Holding*, 25.3.2015, OJ EPO 2016, A28.

¹⁶⁵ Cfr: la decisione A28 (G 2/13), par. 1 del dispositivo: «*The exclusion of essentially biological processes for the production of plants in Article 53(b) EPC does not have a negative effect on the allowability of a product claim directed to plants or plant material such as plant parts*».

prodotto rivendicato, sia in presenza di un *product-by-process*¹⁶⁶, giacché non avrebbe alcuna rilevanza che la protezione concessa al prodotto comprenda anche il procedimento necessario alla sua produzione¹⁶⁷.

Nel motivare tale lettura dell'eccezione di cui all'art. 53, lett. b), CBE, la commissione ha sottolineato che un'interpretazione più "dinamica" della stessa, tendente a staccarsi dal dato letterale per inglobare nel divieto anche i prodotti vegetali ottenuti a mezzo di procedimenti essenzialmente biologici, non possa essere giustificata dalla sola circostanza che esistano oggi tecniche di coltivazione altamente sofisticate, in grado di dare origine a nuove piante o materiali vegetali senza il ricorso a trasformazioni genetiche¹⁶⁸. Ha, inoltre, sostenuto che un'interpretazione letterale dell'art. 53, lett. b), CBE, che renda brevettabili piante prodotte con metodi essenzialmente biologici, non possa condurre all'erosione del divieto di brevettabilità dei procedimenti essenzialmente biologici, laddove l'oggetto della domanda di brevetto rispetti i requisiti di brevettabilità, ex art. 52 CBE, e non rientri in una delle categorie di prodotti espressamente escluse dalla protezione brevettuale¹⁶⁹.

Questa lettura del dato normativo della CBE non ha trovato, tuttavia, sostegno da parte delle Istituzioni dell'Unione europea che, in riferimento alla corrispondente disposizione contenuta nell'art. 4 della direttiva 98/44/CE, hanno espresso profonda preoccupazione per le potenziali conseguenze dell'approccio restrittivo all'eccezione *de qua* sulla tutela brevettuale in ambito biotecnologico. In particolare, in una risoluzione del dicembre 2015, il Parlamento europeo ha sostenuto che le decisioni della commissione allargata dell'UEB nei casi "Pomodori II" e

¹⁶⁶ Ivi, par. 2 del dispositivo: «(a) *The fact that the process features of a product-by-process claim directed to plants or plant material other than a plant variety define an essentially biological process for the production of plants does not render the claim unallowable*»; «(b) *The fact that the only method available at the filing date for generating the claimed subject-matter is an essentially biological process for the production of plants disclosed in the patent application does not render a claim directed to plants or plant material other than a plant variety unallowable*».

¹⁶⁷ Ivi, par. 3 del dispositivo: «*In the circumstances, it is of no relevance that the protection conferred by the product claim encompasses the generation of the claimed product by means of an essentially biological process for the production of plants excluded as such under Article 53(b) EPC*».

¹⁶⁸ Ivi, par. VIII.1.

¹⁶⁹ Ivi, par. VIII.2.

“Broccoli II” contravvengano apertamente il dato normativo, invitando la Commissione a chiarire – *inter alia* – l’ambito di applicazione e l’interpretazione dell’art. 4 della direttiva, «*al fine di garantire la certezza giuridica per quanto riguarda il divieto di brevettabilità dei prodotti ottenuti mediante procedimenti essenzialmente biologici*»¹⁷⁰.

Nella comunicazione del novembre 2016¹⁷¹, la Commissione europea è giunta alla conclusione che il legislatore comunitario intendesse effettivamente escludere dalla brevettabilità non solo i procedimenti essenzialmente biologici, ma anche i prodotti ottenuti mediante tali metodi. L’argomentazione della Commissione muove dal riconoscimento della simmetria normativa tra l’art. 4 della direttiva e l’art. 53, lett. b), CBE e dalla valutazione degli elementi che potrebbero far propendere per un’interpretazione restrittiva dell’eccezione alla brevettabilità: in primo luogo, l’assenza di un richiamo espresso, nel testo della disposizione, alla non brevettabilità dei prodotti ottenuti mediante metodi biologici; in secondo luogo, la circostanza che l’art. 3, par. 1, della direttiva sancisca la brevettabilità di invenzioni che integrino i requisiti di brevettabilità (novità, attività inventiva e applicazione industriale), quandanche riguardino un prodotto consistente in materiale biologico o contenente tale materiale. Tuttavia, il successivo paragrafo dell’art. 3 limita chiaramente l’ambito di brevettabilità del materiale biologico, disponendo che solo «*[u]n materiale biologico che [venga] isolato dal suo ambiente naturale o [...] prodotto tramite un procedimento tecnico [possa] essere oggetto di invenzione*», e quindi di tutela brevettuale. Ad avviso della Commissione, collegando la tutela brevettuale del materiale biologico alla natura tecnica del procedimento di produzione dello stesso, il diritto dell’Unione esclude la brevettabilità di vegetali o animali ottenuti tramite procedimenti *essenzialmente biologici* – che, per definizione, non sono di natura tecnica¹⁷² – rendendo, peraltro, superflua

¹⁷⁰ Cfr: la risoluzione del Parlamento europeo del 17 dicembre 2015 sui brevetti e la privativa per i ritrovati vegetali, 2015/2981 (RSP), P8_TA-PROV(2015)0473.

¹⁷¹ Cfr: la comunicazione della Commissione relativa a determinati articoli della direttiva 98/44/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione giuridica delle invenzioni biotecnologiche (2016/C 411/03), GUUE C 411/3, 8.11.2016. Naturalmente, la comunicazione non ha valore vincolante e non pregiudica né un’eventuale posizione futura della Commissione europea in materia, né tantomeno le prerogative della Corte di giustizia UE.

¹⁷² Ciò trova conferma nell’art. 4, par. 2, della direttiva, che chiarisce bene come l’elemento

l'espressa menzione dell'eccezione nell'art. 4 della direttiva. Ciò troverebbe conferma – *a contrario* – nel par. 3 del medesimo art. 4, che sancisce, invece, espressamente, la brevettabilità delle invenzioni (*alias* dei prodotti) frutto di procedimenti *microbiologici*.

31.6 Conclusioni

La *querelle* esposta nei paragrafi che precedono ha messo in evidenza la distanza di vedute sulle priorità e sugli obiettivi del bilanciamento dei diversi interessi in campo, in seno all'OEB e all'Unione europea.

La commissione allargata dell'UEB ha, infatti, assunto una posizione spiccatamente "commerciale", che tende all'espansione del diritto di privativa e alla tutela dell'inventore, riducendo il livello minimo di tecnica richiesto alle invenzioni. Tale approccio potrebbe ridurre il ricorso a prodotti geneticamente modificati, poco amati dai consumatori e potenzialmente dannosi per la salute umana; tuttavia, propendendo per la concessione di titoli esclusivi su prodotti ottenuti con metodi biologici e, quindi, di valore tecnico scarso e dai bassi costi di realizzazione, rischierebbe di deprimere la spinta innovativa nel settore biotecnologico, compromettendo il meccanismo degli incentivi all'innovazione.

Al contrario, la posizione assunta dalle Istituzioni europee, che lega a doppio filo la brevettabilità al contenuto tecnico del procedimento di produzione, riconosce che il nodo centrale del problema consiste nella instabilità dei trovati vegetali ottenuti mediante procedimenti biologici, che si rivelano incapaci di mantenere e trasmettere i propri caratteri alle generazioni future¹⁷³, a meno che non siano limitati a determinate varietà, il che contrasterebbe espressamente tanto con il dettato dell'art. 53, lett. b), CBE, quanto con l'art. 4 della direttiva 98/44/CE. L'approccio delle Istituzioni europee, quindi, si pone piuttosto a tutela delle comunità agricole, cui viene riconosciuta la funzione di custodi delle varietà vegetali e della biodiversità,

discriminante per la brevettabilità sia il procedimento tecnico, ad esempio l'inserimento di un gene nel genoma di un vegetale che conduce alla creazione di un nuovo insieme vegetale.

¹⁷³ Cfr. già la relazione Rothley, cit., par. II.6.

attraverso l'impiego di metodi di riproduzione convenzionali.

Una mediazione in grado, almeno teoricamente, di ridurre l'incertezza giuridica, è stata recentemente proposta dal Consiglio di amministrazione dell'UEB, che, nel giugno 2017, ha adottato una decisione attraverso la quale ha provveduto ad emendare le regole 27 e 28 del regolamento di esecuzione della CBE¹⁷⁴, al fine di prevedere espressamente che l'art. 53, lett. b), CBE vada interpretato nel senso di negare la brevettabilità di piante ed animali «*exclusively obtained by means of an essentially biological process*»¹⁷⁵. L'utilizzo dell'avverbio "esclusivamente" dovrebbe, invero, limitare la portata dell'eccezione alla brevettabilità dei materiali biologici ai soli casi in cui essi siano ottenuti mediante procedimenti tradizionali, quali la selezione e l'incrocio, *in assenza di un qualsiasi elemento di tecnicismo*, in modo da non compromettere la brevettabilità di piante e animali geneticamente modificati per il solo fatto che il procedimento per il loro ottenimento preveda una fase di selezione o incrocio.

Tale soluzione, peraltro, non pare risolvere definitivamente la questione in assenza di un'istanza unica che decida sulla validità dei titoli di protezione nel sistema europeo dei brevetti. La *querelle* sulla brevettabilità degli artefatti vegetali ottenuti mediante procedimenti essenzialmente biologici mostra chiaramente l'impatto della natura ibrida del sistema europeo di tutela brevettuale, in un'epoca storica dominata da incessanti scoperte nell'ambito delle scienze della vita, e rilancia il dibattito sulle potenzialità dell'istituzione del tribunale unificato dei brevetti.

¹⁷⁴ Decision of the Administrative Council of 29 June 2017 amending Rules 27 and 28 of the Implementing Regulations to the European Patent Convention (CA/D 6/17), OJ EPO 2017, A56.

¹⁷⁵ Cfr. il nuovo par. 2, della regola 28 del regolamento di esecuzione CBE. La modifica al regolamento è entrata in vigore il 1° luglio 2017. Prima di tale emendamento, il presidente dell'UEB aveva sospeso d'ufficio i procedimenti brevettuali e di opposizione aventi ad oggetto prodotti vegetali o animali ottenuti con metodi biologici. Cfr. Notice from the European Patent Office dated 24 November 2016 concerning the staying of proceedings due to the Commission Notice on certain articles of Directive 98/44/EC of the European Parliament and of the Council of 6 July 1998 on the legal protection of biotechnological inventions, OJ EPO 2016, A104.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aerts, *Biotechnology patenting caught between Union law and EPC law: European bundle patents, unitary patents and intentional harmonization of decisions in the internal market*, in *Queen Mary Journal of Intellectual Property*, 2016, p. 287 ss.
- [2] Boschiero (a cura di), *Bioetica e Biotecnologie nel diritto internazionale e comunitario. Questioni generali e tutela della proprietà intellettuale*, Torino, 2006.
- [3] Caforio, *I trovati biotecnologici tra i principi etico-giuridici e il Codice di proprietà industriale*, Torino, 2006.
- [4] Caggiano, *Il pacchetto normativo sul brevetto europeo unitario tra esigenze di un nuovo sistema di tutela, profili di illegittimità delle proposte in discussione e impasse istituzionale*, in *Il diritto dell'Unione europea*, 2012, p. 683 ss.
- [5] Capitti, *Dell'innovazione vegetale tra metodi convenzionali e tecnologie genetiche: una nuova prospettiva di tutela?*, in *Orizzonti del diritto commerciale*, 2015, p. 1 ss.
- [6] Ghidini, Cavani (a cura di), *Brevetti e biotecnologie*, Roma, 2006.
- [7] Honorati (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale*, Torino, 2014.
- [8] Minssen, Nordbert, *The Impact of "Broccoli II" and "Tomatoes II" on European Patents in Conventional Breeding, GMOs, and Synthetic Biology: The Grand Finale of a Juicy Patents Tale?*, in *Biotechnology Law Report*, 2015, pp. 81 ss.
- [9] Romano, *Brevetti e artefatti biologici*, Torino, 2012.
- [10] Sterckx, Cockbain, *Exclusions from Patentability: How Far Has the European Patent Office Eroded Boundaries?*, Cambridge, 2012.

32 La disciplina europea dei “segreti commerciali” come tutela delle innovazioni delle imprese in alternativa ai brevetti

Giandonato Caggiano, Ilenia Italiano¹⁷⁶

32.1 *Abstract*

La direttiva sulla tutela dei segreti commerciali 2016/943/UE¹⁷⁷ è volta all'armonizzazione delle legislazioni nazionali al fine di ponderare i diversi interessi pubblici coinvolti (vale a dire libertà di concorrenza, di circolazione dei lavoratori, di informazione e di denuncia). La misura in parola stabilisce regole minime comuni a protezione dei segreti commerciali in tutti gli Stati membri per aumentare le attività di innovazione transfrontaliere e la competitività delle imprese nell'Unione.

Poiché tutela una gamma ampia di *know-how* e di informazioni commerciali, in via complementare o alternativa ai diritti di proprietà intellettuale, la disciplina sui segreti commerciali consente al detentore di trarre profitto dalla sua creazione e dalle sue innovazioni e risulta particolarmente importante per la ricerca, lo sviluppo e l'innovazione delle imprese. Indipendentemente dalla dimensione dell'impresa, la nuova disciplina attribuisce ai segreti commerciali un valore spesso equivalente ai brevetti ed a altre forme di diritti di proprietà intellettuale (ad esempio diritti su disegni e modelli o diritto d'autore).

¹⁷⁶ Dipartimento di Giurisprudenza.

¹⁷⁷ Direttiva (UE) 2016/943 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'8 giugno 2016, sulla protezione del know-how riservato e delle informazioni commerciali riservate (segreti commerciali) contro l'acquisizione, l'utilizzo e la divulgazione illeciti, *GUUE L 157*, 15.6.2016, p. 1.

32.2 *Contesto*

Nell'ambiente imprenditoriale ci si riferisce spesso al “*know-how* proprietario” in riferimento alle “informazioni riservate allo scopo di preservare un vantaggio competitivo”, definite giuridicamente “segreto commerciale”, “informazioni segrete”, “informazioni commerciali riservate” o “*know-how* segreto”. I segreti commerciali riguardano in pratica tutte le informazioni (quali ad esempio le informazioni relative ai clienti, ai fornitori, ai processi e piani aziendali, alle ricerche di mercato, dati di marketing) dotate di valore economico che costituiscono gli “attivi immateriali” delle imprese e la cosiddetta innovazione “leggera” da valorizzare tramite la tutela della riservatezza. Il settore dei servizi dipende ormai dalla creazione di conoscenze innovative più che dai processi tecnologici e dall'innovazione dei prodotti (protetti da brevetto). Il rischio di condividere segreti commerciali, che possono diventare oggetto di utilizzo abusivo o essere diffusi senza autorizzazione, inibisce l'innovazione e, in particolare, la ricerca in collaborazione e l'innovazione aperta da parte di più imprese e partner di ricerca. La disciplina in materia di tutela dei segreti commerciali risulta cruciale per le piccole e medie imprese (PMI) e per quelle di nuova istituzione. La tutela in parola risulta fondamentale altresì per gli istituti di ricerca non a scopo di lucro ai fini della promozione dell'innovazione e dello sviluppo di nuovi mezzi di ricerca in collaborazione o in cooperazione con altri Stati membri dell'Unione.

32.3 *La direttiva dell'Unione*

Come noto, l'Unione europea promuove il buon funzionamento del mercato interno; pertanto la direttiva 2016/943/UE si pone, tra l'altro, l'obiettivo della rimozione degli ostacoli alla cooperazione transfrontaliera e alla libera circolazione delle creazioni intellettuali e delle innovazioni. Tutto ciò dovrebbe condurre ad un incremento degli investimenti nel settore in parola. Se, al contrario, le disposizioni e i mezzi di tutela ivi contenuti fossero utilizzati per perseguire finalità contrarie ai principi previsti dalla nuova misura, il funzionamento del mercato dell'Unione ne

risulterebbe pregiudicato.

Si tratta di uno strumento complementare alla protezione classica dei diritti di proprietà industriale. Infatti, il detentore di un segreto commerciale non gode di un diritto esclusivo bensì i limiti di accesso alle informazioni riservate sono giustificati solo in presenza di appropriazione illecita. Un *know-how* riservato o un segreto commerciale, frutto di attività di ricerca e sviluppo realizzate grazie a cospicui investimenti finanziari e umani, può condurre in una fase successiva alla creazione di un brevetto. Un regime di protezione giuridica uniforme dei segreti commerciali nell'Unione si è reso sempre più necessario ed urgente a causa del dilagare di fenomeni quali lo spionaggio industriale e la pirateria informatica, specie in particolari settori (industria automobilistica, telecomunicazioni, industria farmaceutica). I fenomeni di furto, spionaggio industriale e altre modalità fraudolente di acquisizione dei segreti commerciali si sono moltiplicati negli ultimi anni, anche in conseguenza della sempre maggiore esternalizzazione delle catene di produzione e distribuzione.

L'obiettivo generale della direttiva sui segreti commerciali risulta pertanto quello di garantire l'adeguata protezione della competitività delle imprese e degli istituti di ricerca dell'Unione basata su conoscenze e informazioni commerciali riservate (segreti commerciali) e di migliorare le condizioni per lo sviluppo e la valorizzazione dell'innovazione e per il trasferimento delle conoscenze nel mercato interno. L'obiettivo specifico è di migliorare l'efficacia della tutela giuridica nei casi di appropriazione illecita. Tale obiettivo rientra nella strategia generale dell'UE volta alla promozione e al miglioramento dell'efficienza dell'infrastruttura della proprietà intellettuale nel mercato interno, alla luce degli obiettivi della strategia Europa 2020 in materia di innovazione ("L'Unione dell'innovazione"). Esso risulta in linea con gli impegni internazionali sia a livello dell'Unione che a livello degli Stati membri in questo settore.

Gli Stati membri che definiscono i segreti commerciali, o specificano le circostanze nelle quali essi devono essere tutelati, sono pochi. Inoltre, molti ordinamenti non dispongono né di procedure *ad hoc* in caso di controversie sull'appropriazione illecita, né di ordini di cessazione o di astensione contro i trasgressori. Le regole sul calcolo dei danni e dei risarcimenti risultano spesso inadeguate e non sempre sono previsti

metodi alternativi (ad esempio l'importo dei diritti dovuti in base ad un accordo di licenza). Oltre alla convergenza delle norme civilistiche, l'obiettivo che la nuova misura si pone riguarda le normative penali, comprese le disposizioni relative alle pene minime. Allo stesso tempo, la concorrenza non risulta limitata in quanto non vengono introdotti nuovi diritti esclusivi e ciascun concorrente è libero di acquisire indipendentemente le conoscenze protette dal segreto commerciale, anche mediante la ricerca del segreto di fabbricazione (*reverse engineering*).

Anche sotto il profilo della fornitura di servizi, la direttiva prevede che gli Stati membri assumano provvedimenti efficaci e proporzionati ai fini della prevenzione delle violazioni dei segreti commerciali. A tale scopo, le nuove norme dovrebbero escludere qualsiasi vantaggio commerciale in caso di acquisizione illecita da parte di un terzo. In ogni caso, deve risultare escluso qualsiasi provvedimento esecutivo se le informazioni inizialmente coperte dal segreto commerciale risultassero di dominio pubblico per ragioni non imputabili al convenuto. Un segreto commerciale può risultare violato allo scopo di progettare, produrre o commercializzare merci, o loro componenti, che potrebbero essere diffusi in tutto il mercato interno; tale circostanza può produrre effetti negativi sugli interessi commerciali del detentore del segreto e sul funzionamento del mercato interno. Pertanto, in caso l'utilizzo fraudolento produca effetti sulla qualità, sul valore o sul prezzo di prodotti commerciali (come sulla riduzione dei costi o sull'agevolazione o sull'accelerazione dei loro processi di produzione o commercializzazione), le autorità giudiziarie devono poter adottare misure efficaci ed adeguate per assicurare che tali merci non siano immesse sul mercato. Vista l'attuale globalizzazione del commercio, le azioni di tutela a disposizione delle autorità giudiziarie devono includere, ad esempio, il divieto di importazione negli Stati membri o di immagazzinamento allo scopo di successiva immissione sul mercato. In conformità col principio di principio di proporzionalità, la tutela del segreto d'impresa non dovrebbe condurre alla distruzione delle merci in presenza di altre possibilità, come l'eliminazione delle qualità dai prodotti ottenuti in violazione, oppure il loro smaltimento al di fuori del mercato (mediante donazioni ad organizzazioni *no profit* ad esempio).

32.4 Definizione di segreti commerciali

Per quanto riguarda la disciplina sostanziale introdotta dalla nuova misura, definisce innanzitutto la fattispecie di "segreto commerciale" nonchè l'acquisizione, l'utilizzo e la divulgazione delle informazioni sia in modo lecito che illecito. La nozione di "segreto" corrisponde in sostanza a quanto previsto dall'accordo TRIPS (art. 39, par. 2). Infatti al pari di quest'ultimo, la direttiva mette in luce il requisito del "valore commerciale" del segreto (art. 2 par. 1 lett. b)).

La nozione di "informazione" comprende innanzitutto "il *know-how*, le informazioni commerciali e le informazioni tecnologiche" con valore commerciale (art. 2 e considerando n. 14). Quest'ultimo requisito risulta determinante ai fini della protezione del segreto, in quanto può essere "effettivo o potenziale" laddove "l'acquisizione, l'utilizzo o la divulgazione non autorizzati degli stessi rischiano di recare danno agli interessi della persona che li controlla lecitamente, poiché pregiudicano il potenziale scientifico e tecnico, gli interessi commerciali o finanziari, le posizioni strategiche o la capacità di competere di detta persona". Importante sottolineare che dalla definizione di "segreto commerciale" vanno escluse le informazioni trascurabili, l'esperienza e le competenze acquisite dai dipendenti nel normale svolgimento dei loro compiti nonchè le informazioni note o facilmente accessibili da parte di persone che di solito se ne occupano.

Per quanto riguarda nello specifico la nozione di "segreto commerciale", in primo luogo deve trattarsi di informazioni invocate esclusivamente da soggetti che svolgono attività di impresa e direttamente utilizzabili nello svolgimento di tale attività. Inoltre per "valore commerciale" non deve intendersi il valore di scambio del "segreto" bensì il vantaggio concorrenziale che esso conferisce a chi lo possiede.

L'art. 2 della direttiva non definisce il rilievo del valore potenziale derivante dalla segretezza dell'informazione. Ciò, tuttavia, secondo l'opinione largamente prevalente, non avrebbe alcun peso poiché nell'ambito della nozione di "valore commerciale" deve a rigore essere ricondotto tanto il valore attuale quanto quello potenziale; quest'ultimo infatti rappresenta pur sempre un valore per il legittimo detentore. Pertanto, ai fini della tutela dei segreti commerciali prevista dalla misura, quelli di valore potenziale sono

equiparati a quelli con un valore economico attuale.

Alla luce dell'ampiezza di interpretazione della nozione di "informazione", la proteggibilità dei segreti aziendali riguarda anche le informazioni "negative" riguardanti, ad esempio, il funzionamento difettoso di un metodo o procedimento industriale/commerciale, dal momento che anche informazioni di questo tipo sono dotate talvolta di un valore economico. Tuttavia tale principio va bilanciato con quello opposto della libera circolazione dei lavoratori e del libero scambio delle esperienze e delle capacità acquisite nel corso dell'attività lavorativa.

Il problema riguarda ad esempio la tutela delle liste di clienti, in particolare se corredate da informazioni aggiuntive rilevanti. Si tratta di informazioni che danno un notevole vantaggio competitivo, destinato a permanere solo se tali informazioni restano riservate.

Viene richiamato altresì il "dovere di diligenza" che "i legittimi detentori dei segreti commerciali" dovrebbero esercitare avuto riguardo "alla tutela della riservatezza dei loro preziosi segreti commerciali e il controllo del loro utilizzo". Vale a dire che il legittimo detentore delle liste dei clienti ha il dovere di adozione di misure atte a preservarne la riservatezza, come ad esempio l'esplicita indicazione in tal senso nonché l'indicazione della limitazione dell'accesso al solo personale autorizzato per ragioni professionali.

32.5 Acquisizione lecita dei segreti commerciali

Secondo la disciplina stabilita dalla direttiva, i segreti commerciali non sono tutelabili quale che sia il mezzo di acquisizione dei medesimi. In questo la loro tutela si distingue rispetto a quella prevista in materia di brevetti. La misura infatti prevede misure di armonizzazione in materia di (lecita) acquisizione dei medesimi segreti, vale a dire in caso di "scoperta o creazione indipendente", "osservazione", "studio", "smontaggio o prova di un prodotto o di un oggetto messo a disposizione del pubblico o lecitamente in possesso del soggetto che acquisisce le informazioni, il quale è libero da qualsiasi obbligo giuridicamente valido di imporre restrizioni all'acquisizione del segreto commerciale". Infine la direttiva aggiunge che

l'acquisizione risulta lecita in caso di "qualsiasi altra condotta che, secondo le circostanze, è conforme a leali pratiche commerciali" (art. 3, par. 1).

In linea generale, la direttiva ammette quale mezzo lecito di acquisizione il c.d. *reverse engineering*, vale a dire l'ingegneria inversa come studio del funzionamento, progettazione e sviluppo di un dispositivo o programma al fine di produrne uno nuovo che abbia un funzionamento analogo (migliorando o aumentando l'efficienza dello stesso, senza copiare nulla dall'originale). Tuttavia, i segreti lecitamente acquisiti mediante tale processo non possono sempre essere utilizzati o divulgati. Infatti la liceità del *reverse engineering* come mezzo di acquisizione dei segreti commerciali sussiste a condizione che il soggetto che acquisisce in tal modo le informazioni sia libero da qualsiasi obbligo giuridicamente valido che imponga restrizioni all'acquisizione del segreto commerciale (art. 2, par. 1, lett. b)). A tale riguardo, è importante sottolineare che se l'osservazione, l'analisi chimica o l'esame scompositivo di prodotti meccanici risultano agevoli per "gli esperti o gli operatori del settore", allora non sussiste un segreto tutelabile in quanto le informazioni in parola risultano facilmente accessibili alle "persone che normalmente si occupano del tipo di informazioni in questione" (lett. c)).

Tra i mezzi di acquisizione leciti risultano due casi di espresso rinvio alla normativa nazionale o dell'Unione: "l'esercizio del diritto all'informazione e alla consultazione da parte di lavoratori o rappresentanti dei lavoratori, in conformità del diritto e delle prassi dell'Unione e nazionali" (*ibidem*, lett. c)), nonché "l'acquisizione, l'utilizzo o la divulgazione di un segreto commerciale (...) richiesti o autorizzati dal diritto dell'Unione o dal diritto nazionale" (art. 3, par. 2). Queste due disposizioni prevedono un riferimento che, di volta in volta, stabilisce fattispecie di acquisto, uso e divulgazione leciti di informazioni detenute in regime di segreto. A tale riguardo, il preambolo fa alcuni esempi di acquisizione, utilizzo e divulgazione imposte od autorizzate da norme del diritto nazionale (o dell'Unione) per il perseguimento di interessi pubblici considerati superiori (v. considerando n. 18, 19 e 20).

Pertanto, la direttiva (art. 3, par. 2), da una parte, consente agli Stati membri un ampio margine discrezionale nel difficile bilanciamento tra protezione dei segreti commerciali e soddisfacimento di rilevanti interessi

pubblici; dall'altra, sancisce che, in caso di conflitto, la libertà di espressione e di informazione, l'attività di *whistleblowing*, l'esercizio degli strumenti di rappresentanza collettiva dei lavoratori risultino prevalenti rispetto alla protezione dei segreti commerciali. Tuttavia la misura sottolinea che tale prevalenza non è assoluta bensì sussiste solo in presenza di un preminente interesse pubblico (ad esempio, in caso di irregolarità amministrative o penali oppure di diffusione di fatti di preminente interesse per il pubblico). Pertanto, al ricorrere di determinate condizioni, la misura cristallizza la prevalenza di taluni diritti ed interessi pubblici sulla protezione dei segreti industriali e impone un bilanciamento di interessi da operarsi in sede interpretativa da parte dei giudici nazionali.

32.6 *Il codice di proprietà industriale*

Com'è noto, con il d.lgs. 30 del 18 giugno 2005, il legislatore italiano ha promulgato il Codice della Proprietà Industriale, in cui è stata inserita la disciplina delle "informazioni segrete" (articoli 98 e 99).

Innanzitutto tra i diritti di proprietà industriale vengono annoverate esplicitamente "le informazioni aziendali segrete" (art. 1), qualificandole così come un diritto di proprietà industriale tipico. Nello specifico vengono definite segrete le informazioni come le "informazioni aziendali o esperienze tecnico-industriali" anche commerciali, dotate di valore economico e soggette, da parte dei legittimi possessori, a misure di tutela al fine di mantenerle tali (art. 98):

A scopo di tutela, le informazioni devono godere delle seguenti caratteristiche: a) devono risultare segrete, vale a dire non note o facilmente accessibili agli esperti ed agli operatori del settore, nel loro insieme o nella loro precisa configurazione; b) devono avere un valore economico in ragione della loro segretezza; c) devono essere sottoposte, da parte delle persone legittimate, a misure idonee al mantenimento della loro riservatezza.

Da sottolineare come, secondo la disciplina nazionale, il segreto d'impresa in quanto tale non possa essere considerato come un diritto di proprietà industriale. Infatti se il segreto industriale fosse considerato alla stregua di un diritto di proprietà, esso non potrebbe più circolare liberamente a scapito

della mobilità delle conoscenze e del sistema di tutela delle innovazioni basate sul brevetto. Inoltre potrebbero sorgere condotte di concorrenza sleale qualora le informazioni segrete fossero detenute in regime di monopolio, limitando ulteriormente lo sviluppo tecnologico e il libero scambio di informazioni. In conclusione, un soggetto che abbia utilizzato informazioni riservate con il consenso del legittimo detentore, o che le abbia ricavate mediante una procedura di c.d. "ingegneria inversa", non può essere ritenuto responsabile di una condotta illecita. Ad esempio un segreto industriale può essere acquisito lecitamente a seguito di una ricerca indipendente, come in caso di studio di prodotti di imprese concorrenti che detengono tecniche più avanzate.

32.7 Conclusioni

La riservatezza può riguardare un gran numero di informazioni, dalle conoscenze tecnologiche ai dati commerciali, quali ad esempio le informazioni sui clienti e i fornitori, i piani aziendali o le ricerche e le strategie di mercato. Da una parte, vi è l'impiego dei diritti di proprietà intellettuale; dall'altra, l'accesso e lo sfruttamento di conoscenze preziose per l'impresa che le detiene e che non risultano ancora di pubblico dominio. I segreti commerciali rappresentano una delle forme di tutela delle creazioni intellettuali e delle conoscenze innovative a cui maggiormente ricorrono le imprese.

Pertanto si può concludere che la definizione in materia di informazioni riservate prevista dal CPI non contrasta con quella della direttiva 2016/943/UE, secondo cui devono risultare non note o facilmente accessibili a persone che normalmente si occupano del tipo di informazioni in parola.

Le informazioni e le esperienze aziendali, che presentano requisiti tali da essere incluse nella nozione di *know-how* tutelabile, devono risultare protette con strumenti atti a preservare la loro segretezza (art. 98, comma 1, lett. c)). Pertanto all'interno delle aziende dovranno essere predisposte misure adeguate per impedire che tali informazioni possano essere acquisite facilmente e illecitamente da parti terze. Tali misure di garanzia, affinché possano risultare idonee a prevenire attacchi illeciti,

devono essere adottate sia in relazione alle peculiarità delle informazioni che sulla base della realtà tecnico-aziendale. Infine le misure volte a tutelare il *know-how* imprenditoriale dovranno essere oggetto di un continuo aggiornamento, in considerazione del costante processo di sviluppo tecnologico che riguarda determinate realtà aziendali, al fine di evitare che tali misure possano risultare con il tempo inidonee alla loro principale funzione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] V. ABAZI, *Trade Secrets and Whistleblower Protection in the European Union*, in *European Papers*, 3 October 2016, p. 1 ss, disponibile on line su: www.europeanpapers.eu.
- [2] T. APLIN, *A critical evaluation of the proposed EU Trade Secrets Directive*, in *King's College London Dickson Poon School of Law Legal Studies Research Paper Series*, paper no. 2014, p. 257 ss.
- [3] D.D. ARCIDIACONO, *Prospettive di adeguamento del diritto italiano alla direttiva Trade Secrets*, in *Orizzonti del Diritto Commerciale*, 2/2016, disponibile on line, p. 1 ss.
- [4] D. BANISAR, *Whistleblowing International Standards and Developments*, in *Social Science Research Net-work*, 11 February 2011, disponibile on line su: papers.ssrn.com.
- [5] S. BARBARO, *Le informazioni aziendali riservate: la scelta del codice della proprietà intellettuale*, in [5] G. RESTA (a cura di) *Diritti esclusivi e nuovi beni immateriali*, Milano, 2011, p. 319 ss.
- [6] M. BOSSHARD, *L'entrata in vigore del pacchetto sul brevetto unitario: il regime transitorio e la dichiarazione di opt out*, in C. HONORATI (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale. (The EU Patent Protection. Lights and Schades of the New System)* Torino: Giappichelli, 2014, pp. 203 ss.
- [7] G. CAGGIANO, *Il Pacchetto normativo sul "Brevetto Europeo Unitario" tra esigenze di un nuovo sistema di tutela, profili di illegittimità delle proposte in discussione e impasse istituzionale*, in *Il Diritto dell'Unione Europea*, 2012, p. 683 ss.
- [8] G. CAGGIANO, *Prime riflessioni sul Brevetto Europeo Unitario*, in *Studi*

- in onore di Augusto Sinagra*, Volume 3, 2013, pp.153 ss.
- [9] G. CAGGIANO., G. MUSCOLO., M. TAVASSI (eds.), *Competition Law and Intellectual Property. A European Perspective*, The Netherlands, 2012, vol 50, p. 3 e ss.
- [10] K. CLARK, *White Paper on Whistleblowing*, in *Social Science Research Network*, 1 November 2012, disponibile on line su: papers.ssrn.com.
- [11] G. CRESPI, *Commento agli artt. 98 e 99 C.P.I.*, in A. VANZETTI (a cura di) *Codice della Proprietà Industriale*, Milano, 2013, p. 1103 ss.
- [11] T. COOK, *The Proposal for a Directive on the Protection of Trade Secrets in EU Legislation*, in *Journal of Intellectual Property Rights*, 2014, p. 54 ss.
- [12] V. DI CATALDO *Competition (or confusion?) of models and coexistence of rules from different sources in the European patent with unitary effect. Is there a reasonable alternative?* in C. Honorati (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale. (The EU Patent Protection. Lights and Schades of the New System)* Torino: Giappichelli, 2014, p. 27 ss.
- [13] J. DREXL, *Designing Competitive Markets for Industrial Data - Between Propertisation and Access* (2016). *Max Planck Institute for Innovation & Competition Research Paper No. 16-13*.
- [14] V. FALCE, *Trade Secrets – Looking for (Full) Harmonization in the Innovation Union*, in *International Review of Intellectual Property and Competition Law*, 2015, p. 940 ss.
- [15] B. FRANCHINI STUFLER, *Studi sull'evoluzione economica e giuridica del know-how e della sua tutela*, in *Riv. dir. ind.*, 2005, II, p. 407 ss.
- [15] V.C. GEIGER, *Research handbook on human rights and intellectual property*, Elgar, 2015, p. 428 ss.
- [16] G. GUGLIEMETTI, *Natura e contenuto del brevetto europeo con effetto unitario*, in C. Honorati (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale. (The EU Patent Protection. Lights and Schades of the New System)* Torino : Giappichelli 2014, p. 9 ss.
- [17] C. HONORATI, *Il diritto applicabile dal Tribunale unificato: il coordinamento tra fonti e i rapporti tra accordo TUB e regolamento (UE) n. 1257/2012*, in C. Honorati (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale. (The EU Patent Protection. Lights and*

- Schades of the New System*) Torino: Giappichelli, 2014, p. 119 ss.
- [18] L. MANSANI, *La nozione di segreto di cui all'art. 6 bis l.i.*, in *Dir. ind.*, 2002, p. 219 ss.
- [19] F. MARONGIU BUONAIUTI, *L'accordo istitutivo del Tribunale unificato dei brevetti e la sua incidenza sulla disciplina della giurisdizione in materia civile nell'Unione europea*, in *Osservatorio AIC*, gennaio 2014, p. 1 ss.
- [20] M. MONTANARINI, *Contratti di cessione e di uso di know-how e concorrenza sleale*, in *Contratto e Impresa*, 2007, p. 1130 ss.
- [21] I. OTTAVIANO, *La tutela brevettuale unitaria nell'Unione europea: alcuni spunti su questioni istituzionali tuttora aperte*, in *Osservatorio AIC*, marzo 2014, p.1 ss.
- [22] F. POCAR, *La cooperazione rafforzata in materia di brevetti e la Corte di giustizia dell'Unione europea*, in C. Honorati (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale. (The EU Patent Protection. Lights and Schades of the New System)* Torino: Giappichelli 2014, p.1 ss.
- [23] L. SANDRINI, *La convenzione di Monaco sul brevetto europeo e i suoi rapporti con il pacchetto brevetti*, in C. Honorati (a cura di), *Luci e ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale. (The EU Patent Protection. Lights and Schades of the New System)* Torino: Giappichelli 2014, p. 49 ss.
- [24] D.E. LONG, *Trade Secrets and traditional knowledge: strenghtening international protection of indigenou innovation*, in R. C. Dreyfuss, K. J. Strandburg (a cura di), *The Law and Theory of Trade Secrecy*, Cheltenham-Northampton, 2011,
- [25] M.F. SCHULTZ, D.C. LIPPOLDT (a cura di), *Approaches to Protection of Undisclosed Information (Trade Secrets) Background Paper*, 2014, disponibile on line su: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/Chapter3-KBC2-IP.pdf>.
- [26] G. SURBLYTE, *The Refusal to Disclose Trade Secrets as an Abuse of Market Dominance - Microsoft and Beyond*, Berna: Stämpfli, 2011.
- [27] G. SURBLYTE, *Enhancing TRIPS: Trade Secrets and Reverse Engineering*, in *TRIPS plus 20: From Trade Rules to Market Principles*, a cura di H. HULLRICH, R. M. HILTY, M. LAMPING, J. DREXL, Springer, 2016, spec. 736 ss.
- [28] M. PASTORE, *La tutela del segreto industriale nel sistema dei diritti di*

privativa, in G. RESTA (a cura di) *Diritti esclusivi e nuovi beni immateriali*, Milano, 2011, p. 297 ss.

- [29] P.L. C. TORREMANS, *The Road Towards the Harmonization of Trade Secrets Law in the European Union*, in *Revista de la Propriedad Inmaterial*, 2015, p. 31 ss.
- [30] W. VANCAENEGEM, *Trade Secrets and Intellectual Property: Breach of Confidence, Misappropriation and Unfair Competition*, Alphen aan den Rijn: Wolters Kluwer, 2014, p. 147 ss.

33 L'accordo istitutivo del Tribunale Unificato dei Brevetti

Giandonato Caggiano, Ilaria Ottaviano¹⁷⁸

33.1 *Abstract*

Nell'ambito del progetto *Smart Environment*, l'obiettivo generale della ricerca sul Tribunale unificato dei brevetti è stato improntato all'analisi delle problematiche giuridiche correlate all'istituzione di tale nuovo Tribunale internazionale, chiamato ad applicare una disciplina largamente uniforme in materia di tutela brevettuale, allo scopo di favorire la diffusione della conoscenza e dell'utilizzo di tale titolo giuridico, che conferisce al suo titolare un diritto esclusivo di sfruttamento di una invenzione, nel territorio e nel periodo di riferimento, impedendo agli altri di produrla, venderla o utilizzarla senza autorizzazione. La materia appare di rilevanza orizzontale per tutti i settori di interesse del progetto.

L'approfondimento in materia brevettuale, specificamente riferito alla protezione giurisdizionale riconosciuta nell'ambito dell'istituendo Tribunale unificato, ha inteso rispondere alla finalità alla base del progetto, con particolare riferimento a quelle individuate nell'art. 2 lett. g) della legge regionale n. 13/2008, mirante a "favorire azioni volte ad accrescere la competitività delle imprese attraverso incentivazioni finalizzate al sostegno dei processi di brevettazione".

33.2 *Scenario e dati statistici*

I dati dell'Ufficio Italiano Brevetti e Marchi (UIBM) mostrano che il numero di brevetti registrati annualmente in Italia è diminuito progressivamente

¹⁷⁸ Assegnista di ricerca in Diritto dell'Unione europea - Università degli Studi Roma Tre.

nel periodo 2008-2012, tornando a crescere solo nel 2014. Ugualmente, i dati su scala regionale disponibili sul sito di Eurostat fotografano nel Lazio una decrescita impressionante del numero di richieste di brevetti fra il 2008 e il 2012, passando da 229,47 nel 2008 a quasi la metà nel 2012 (129,76)¹⁷⁹, a fronte di una decrescita molto più contenuta su scala nazionale¹⁸⁰. Sulla base dei dati rinvenibili nell'ultima rilevazione EPO¹⁸¹, a partire dal 2015 l'Italia ha invertito la tendenza negativa registrata negli anni precedenti, riprendendo a crescere nel tasso delle richieste brevettuali, sebbene con tassi di incremento molto minori rispetto ad altri Stati dell'Unione europea¹⁸². A livello regionale, anche per il 2016 la Lombardia si conferma Regione *leader* nel settore dell'innovazione, con un aumento del 3% delle richieste fra 2015 e 2016, guidando la classifica nazionale con il 34,5% di tutte le domande di protezione dei marchi e posizionandosi all'undicesimo posto tra le regioni europee a maggior tasso di crescita. In Italia seguono Emilia Romagna (16%) e Veneto (13%). Molto rilevante l'incremento di domande brevettuali in regioni rimaste tradizionalmente alla periferia del sistema dell'innovazione: Molise (più 150%), Abruzzo (più 83,5%) e Liguria (più 42%). Fra le città, Milano conferma il proprio primato per numero di richieste (902 domande), seguita da Torino (305) e Bologna (292)¹⁸³.

Roma, in controtendenza, registra una notevole decrescita (185 domande nel 2016), con una perdita del 20,5% rispetto alla rilevazione dell'anno precedente. Pure negativo è il trend del Lazio in generale. Nonostante

¹⁷⁹ Dati Eurostat, disponibili su http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=pat_ep_rtot&lang=en.

¹⁸⁰ Si consultino ancora i dati Eurostat, che indicano una decrescita nelle richieste di brevetto su base nazionale di circa il 25%.

¹⁸¹ Rapporto annuale dell'Ufficio europeo brevetti (Epo), disponibile *online*: <http://www.epo.org/about-us/annual-reports-statistics/annual-report/2016.html>.

¹⁸² La rilevazione ha confermato il potenziale innovativo dell'Italia nel settore manifatturiero. Il comparto dei trasporti ha registrato il maggior numero di domande di brevetti in Italia, settore di *leadership* del Paese su scala globale, detenendo il 4% delle domande presentate a livello globale. Seguono l'industria della movimentazione (+ 16% nel 2016 rispetto all'anno precedente), i macchinari speciali e la tecnologia medica (cresciuti ciascuno del 10% rispetto al 2015).

¹⁸³ V. l'analisi dell'Annual Report EPO 2016 effettuata in *Brevetti, l'Italia cresce e risale la classifica ma il vertice resta ancora lontano*, in *Affari e finanza*, 8 marzo 2017, disponibile *online*.

l'alto livello di ricerca scientifica, dunque, le aziende e gli istituti di ricerca laziali non riescono a concretizzare in valore economico i risultati ottenuti, e a valorizzarli all'interno del sistema produttivo. E per le *sturt-up* la situazione è ancora più grave, considerato che solo il 4% delle imprese italiane con meno di 5 anni ha registrato un brevetto (contro il 36% della Danimarca, ad esempio).

Il sistema produttivo regionale non riesce dunque ad avvalersi della scienza e della tecnologia come motore dell'attività economica. Fra le cause di questa situazione possono rinvenirsi lo scarso rilievo attribuito alla ricerca, alla brevettazione e al trasferimento tecnologico. In particolare le piccole e piccolissime imprese non possiedono il *know-how* necessario per superare le barriere all'innovazione, specialmente in relazione all'incertezza circa i detentori effettivi o potenziali dei brevetti e alle difficoltà di registrazione del brevetto.

Gli obiettivi specifici della ricerca hanno allora mirato ad analizzare le più rilevanti questioni giuridiche in materia di tutela brevettuale alla luce della recente introduzione di un "pacchetto brevetto" di matrice europea, evidenziandone le opportunità e i rischi per le PMI laziali, al fine di contribuire a migliorare la conoscenza in materia brevettuale, ed incoraggiando la crescita del capitale umano attraverso operazioni di network e scambi con il mondo industriale regionale.

33.3 *Principali risultati della ricerca*

La ricerca ha inteso mostrare lo stato di attuazione del Tribunale unificato dei brevetti ed analizzare vantaggi e limiti di tale strumento rispetto a quelli tradizionali (brevetto nazionale e brevetto europeo senza effetto unitario), che richiedono procedure autonome nei singoli Stati in cui si intenda ottenere una privativa, sin dall'*iter* per il suo ottenimento per le privative nazionali e, per la tutela giurisdizionale, anche per il brevetto europeo senza effetto unitario, con duplicazione esponenziale di tempi e costi e con rischio di pronunce contrastanti e di incertezza giuridica.

In particolare, il brevetto europeo senza effetto unitario, richiesto all'Ufficio Europeo dei Brevetti ("UEB") ai sensi della Convenzione sul

Brevetto Europeo del 1973 ("CBE") si caratterizza per il fatto che, una volta concesso sulla base di una procedura uniforme, si frammenta in una molteplicità di frazioni nazionali, ciascuna efficace solo nel territorio di ciascuno Stato designato dal titolare, aderente alla CBE, senza superare il "fascio" di privative nazionali, che richiedono comunque azioni di validità sulla base delle diverse leggi nazionali e ricorso ai singoli giudici nazionali.

Nella ricerca si è in primo luogo evidenziata l'inefficacia di alcuni tentativi convenzionali di codificare un brevetto unitario comunitario, per poi analizzare gli aspetti positivi e negativi del pacchetto brevetto con effetto unitario e del Tribunale unificato in particolare.

Il nuovo pacchetto brevetto intende conferire una tutela valida per tutti gli Stati membri partecipanti, attraverso l'introduzione di un diritto uniforme in materia di tutela brevettuale, comprensivo di norme materiali, di criteri di collegamento uniformi e di un organo giurisdizionale unitario, competente per le controversie nel territorio degli Stati membri partecipanti, la cui competenza trovi disciplina in autonomi titoli di giurisdizione, al fine di garantire minori burocrazia e costi, maggiore certezza del diritto e prevedibilità degli esiti dei ricorsi giurisdizionali. Il pacchetto si compone di due regolamenti dell'Unione (regolamento (UE) n. 1257/2012, relativo all'attuazione di una cooperazione rafforzata per l'istituzione di una tutela brevettuale unitaria¹⁸⁴, e regolamento (UE) n. 1260/2012 relativo al regime di traduzione applicabile¹⁸⁵) e di un Accordo internazionale per la creazione di un Tribunale unificato dei brevetti (Accordo su un Tribunale unificato dei brevetti e progetto di statuto - accordo TUB, in inglese *Unitary Patent Court Agreement*, nel testo anche UPCA¹⁸⁶).

La ricerca ha mostrato gli effetti in termini di semplificazione ed economicità delle procedure in materia di giurisdizione unitaria, e le implicazioni in relazione alla legge applicabile, dotata di effetto uniforme. In relazione alle potenzialità del tribunale unificato dei brevetti per le piccole e medie imprese, specie italiane, si è espresso anche il Presidente dell'EPO, Battistelli, che ha sottolineato come l'introduzione del brevetto

¹⁸⁴ In *GUUE* L 361 del 31 dicembre 2012, p. 1 ss.

¹⁸⁵ In *GUUE* L 361 del 31 dicembre 2012, p. 89 ss.

¹⁸⁶ In *GUUE* C 175, del 20 giugno 2013, p. 1 ss.

unitario, nonostante il rallentamento causato dalla *Brexit*, potrà aiutare l'Italia a colmare il divario con i *leader* europei dell'innovazione¹⁸⁷.

La ricerca ha anche evidenziato le principali questioni giuridiche ancora pendenti. In particolare non appare condivisibile il ricorso alla cooperazione rafforzata in una materia che richiede l'unanimità nel Consiglio. Le motivazioni formulate dalla Corte di giustizia circa la legittimità del ricorso a tale strumento nel caso di specie appaiono infatti improntate ad un formalismo che rischia di mettere in pericolo lo sviluppo uniforme e la coerenza stessa dell'integrazione. Se infatti fosse sempre possibile superare con tale strumento le posizioni difformi in un procedimento legislativo speciale, di norma riservato proprio agli aspetti più sensibili dell'integrazione, si renderebbe concreto il rischio di vulnerare in maniera strutturale la natura sovranazionale ed integrazionista dell'Unione. Appare allo stesso modo discutibile intendere un regolamento quale "accordo particolare" fra Stati membri partecipanti, laddove i due termini dovrebbero risultare autonomi e distinti: un regolamento UE infatti mantiene la natura giuridica di atto di diritto derivato, adottato dalle istituzioni dell'Unione, secondo le procedure previste nei Trattati; esso è imputato all'Unione e non ai suoi Stati membri. Il ricorso alla cooperazione rafforzata, che si differenzia da un accordo intergovernativo proprio per l'utilizzo delle istituzioni, delle procedure e degli atti dell'Unione, sotto il controllo della Corte di giustizia, tenderebbe anzi a negare al regolamento la natura di accordo fra gli Stati membri. Inoltre, rispetto alla conclusione di un accordo sul Tribunale unificato, giuridicamente appare criticabile la mancata partecipazione dell'Unione europea in una materia che pure rientra nelle sue competenze concorrenti, che incide sulle prerogative della Corte di giustizia e che richiede modifiche legislative in altri atti normativi dell'Unione. Del pari censurabile appare l'introduzione di norme materiali uniformi mediante uno strumento convenzionale, laddove siffatta competenza è

¹⁸⁷ Commento riportato nell'articolo Brevetti, l'Italia cresce e risale la classifica ma il vertice resta ancora lontano, cit.: "Il tessuto industriale italiano è fatto soprattutto di PMI, che di solito non utilizzano lo strumento dei brevetti quanto potrebbero. La riforma, che dovrebbe entrare in vigore entro l'anno dopo la ratifica da parte di Regno Unito e Germania, sarà molto utile per i Paesi che hanno molte PMI come l'Italia, perché renderà molto più semplice ed economico depositare una domanda di protezione del marchio".

prevista nei Trattati a favore dell'Unione, mediante le sue procedure legislative. Ulteriori questioni attengono alla competenza pregiudiziale della Corte di giustizia UE nell'ambito del Tribunale internazionale. Ci pare infatti che la cognizione della Corte sovranazionale non possa limitarsi alla sola disciplina contenuta nei regolamenti (UE) nn. 1257/2012 e 1260/2012, ma dovrebbe ritenersi estesa anche a tutto il diritto dell'Unione applicabile¹⁸⁸. Il Tribunale potrebbe dunque essere chiamato ad applicare, ad esempio, la normativa UE in tema di mercato interno, di concorrenza, o la Carta di Nizza per la tutela dei diritti fondamentali, per i profili di stretta connessione con la materia brevettuale.

Nella ricerca ci si è infine soffermati sulle implicazioni della *Brexit* in materia. Per l'entrata in vigore dell'accordo istitutivo del Tribunale unificato, è noto, occorrono le ratifiche di almeno 13 Stati partecipanti, fra cui necessariamente i tre Stati con il maggior numero di brevetti europei nell'anno precedente a quello della firma dell'accordo, e dunque Regno Unito, Francia e Germania¹⁸⁹, unitamente al verificarsi della modifica del regolamento (UE) 1215/2015, per adeguarlo all'istituzione del Tribunale internazionale quale giudice comune degli Stati membri partecipanti, modifica operata dal regolamento (UE) n. 542/2014¹⁹⁰. Prescindendo

¹⁸⁸ Art. 24, regolamento (UE) n. 1257/2012, il quale introduce un'inversione rispetto all'originaria proposta che, nell'indicare il diritto applicabile dal TUB, richiamava in primo luogo l'accordo che lo istituiva. L'attuale art. 24 indica come prima fonte di diritto per il TUB proprio il diritto dell'Unione: "nel pieno rispetto dell'articolo 20, nel conoscere una causa ad esso proposta a norma del presente accordo, il tribunale fonda le proprie decisioni: a) sul diritto dell'Unione, ivi inclusi il regolamento (UE) n. 1257/2012 e il regolamento (UE) n. 1260/2012".

¹⁸⁹ Art. 89 accordo TUB: "Il presente accordo entra in vigore il 1 gennaio 2014 o il primo giorno del quarto mese successivo al deposito del tredicesimo strumento di ratifica o di adesione conformemente all'articolo 84, inclusi i tre Stati nei quali il maggior numero di brevetti europei aveva effetto nell'anno precedente a quello in cui ha luogo la firma dell'accordo, o il primo giorno del quarto mese successivo alla data di entrata in vigore delle modifiche del regolamento (UE) n. 1215/2012 relative alle relazioni con il presente accordo, se questa data è posteriore". Al momento le ratifiche sono 12. L'Italia, dopo un'iniziale mancata partecipazione alla cooperazione rafforzata, ha aderito a quella ed ha ratificato con l. 3 novembre 2016, n. 214, Ratifica ed esecuzione dell'Accordo su un tribunale unificato dei brevetti, con Allegati, fatto a Bruxelles il 19 febbraio 2013, in *GURI Serie Generale*, n. 275 del 24 novembre 2016.

¹⁹⁰ Regolamento (UE) n. 542/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 maggio 2014, recante modifica del regolamento (UE) n. 1215/2012 per quanto riguarda le

dalle crescenti difficoltà collegate all'entrata in vigore dell'accordo, si sono allora evidenziate le difficoltà legate al mantenimento dello *status* di membro una volta concluso l'*iter* di recesso del Regno Unito dall'UE: un accordo aperto all'adesione solo di Stati membri dell'Unione, che istituisce un Tribunale inteso quale giudice comune di tali Stati, che riconosce il primato del diritto dell'Unione, che prevede il rinvio pregiudiziale alla Corte di giustizia, che è chiamato ad applicare il diritto dell'Unione non solo in materia brevettuale, ma in tutti gli aspetti a quello collegati, che prevede una responsabilità solidale degli Stati membri in caso di violazione del diritto dell'Unione da parte del Tribunale unificato, non potrebbe continuare ad avere valenza una volta persa la qualifica di Stato membro. Per non parlare del contrasto con il chiaro dettato del parere 1/09 della Corte di giustizia. In ogni caso, qualunque sia lo sviluppo dei negoziati relativi al recesso, appare certamente necessario riflettere su come consentire almeno la partecipazione al pacchetto brevetto, se non il mantenimento dello *status* di membro dell'accordo TUB al Regno Unito anche dopo il recesso dall'Unione (come pure prospettato da qualche dottrina), in considerazione dell'importanza di tale Stato per la materia brevettuale. La ricerca ha proposto una possibile soluzione, rinvenibile nella stipula di accordi estensivi dell'applicabilità del pacchetto brevetto al Regno Unito, una volta garantite le necessarie cautele per il rispetto del diritto UE anche da parte di uno Stato divenuto terzo rispetto all'Unione, che avrebbe anche il vantaggio di fornire l'occasione per la revisione di alcuni profili di dubbia legittimità del pacchetto brevetto in precedenza evidenziati, consentendo di trasformare l'evento *Brexit* da elemento di destabilizzazione in momento di rafforzamento del fondamento integrazionista dell'Unione europea. Non è stata neppure esclusa la possibilità di proposta di soluzioni più radicali in materia, che potrebbero spaziare dalla rinegoziazione totale dell'accordo, scollegando l'effetto unitario

norme da applicare con riferimento al Tribunale unificato dei brevetti e alla Corte di giustizia del Benelux, in *GUUE* L 163, del 29 maggio 2014, p. 1 ss. L'art. 31 UPCA infatti prevede che: "la competenza internazionale del tribunale è stabilita conformemente al regolamento (UE) n. 1215/2012 o, ove applicabile, in base alla convenzione concernente la competenza giurisdizionale, il riconoscimento e l'esecuzione delle decisioni in materia civile e commerciale (convenzione di Lugano)".

dal sistema UE (per quanto appaia soluzione difficile, in considerazione dell'espressa competenza dell'Unione in materia: art. 118 TFUE e parere 1/13 della Corte di giustizia), ad un ripensamento del Regno Unito in materia di *Brexit*.

33.4 Conclusioni

Riassumendo sinteticamente i principali risultati della ricerca, è stato in primo luogo rilevato come, pur nell'apprezzamento generale per l'introduzione di un sistema uniforme per la tutela brevettuale nell'Unione europea, il procedimento di approvazione degli atti normativi in materia brevettuale non sembri pienamente coerente con le finalità dell'integrazione europea, evidenziandone i principali nodi e proponendo alcune soluzioni. Inoltre, a più di quaranta anni dall'avvio del dibattito su un brevetto europeo dotato di disciplina uniforme sul piano della tutela giurisdizionale e del diritto applicabile, l'attivazione della procedura di recesso dall'Unione da parte del Regno Unito ha introdotto nuove difficoltà. Esse però potrebbero condurre a nuovi approfondimenti dell'istituto e alla correzione dei profili maggiormente problematici, potenzialmente garantendogli nuova forza.

La ricerca ha inoltre sottolineato l'essenzialità dell'analisi casistica in materia, in assenza della possibilità di fissazione *una tantum* della disciplina applicabile preferibile.

I risultati della ricerca sono stati diffusi in occasione dei convegni conclusivi del progetto utilizzando tradizionali strumenti di trasferimento della conoscenza ed *out put* divulgativi, e sono stati oggetto di approfondimento attraverso scambi di opinioni e posizioni con un *discussant* proveniente da uno studio legale specializzato in *patent attorney*. Ai *workshop* di disseminazione hanno inoltre partecipato esponenti di organizzazioni industriali laziali e del mondo della ricerca regionale.

La necessità dell'approccio casistico, unita alla forte tecnicità e complessità della materia hanno condotto infine a suggerire la valorizzazione dell'Università quale catalizzatore della conoscenza al servizio del sistema industriale laziale, in cui l'interesse scientifico alla produzione e la condivisione della

conoscenza si coniughino con le esigenze e le logiche produttive e di protezione dell'invenzione tecnologica. In relazione al ruolo dell'Università in materia brevettuale è parso allora possibile evidenziare un ambito di integrazione con il mondo industriale laziale nella fornitura di consulenza specialistica rispetto alle diverse e complesse questioni giuridiche discendenti dalla protezione dei diritti di proprietà industriale, prime fra le quali quelle collegate all'individuazione dell'estensione e dei limiti della privativa. Ancor più incisivo potrebbe risultare l'intervento dell'Università nella consulenza in materia di giurisdizione e legge applicabile, sulla base dei criteri di collegamento di diritto internazionale privato dell'Unione europea.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alberti J., *Il parere della Corte di giustizia sul Tribunale dei brevetti europeo e comunitario*, in *Il diritto dell'Unione Europea*, 2012, p. 367 ss.
- [2] Amténbrink F., Kochenov D., *A more flexible approach to enhanced cooperation*, in A. Ott, E. Vos (eds.), *50 Years of European Integration, Foundations and perspectives*, The Hague, 2009, p. 181 ss.
- [3] Baratta R., *National Courts as 'Guardians' and 'Ordinary Courts' of EU Law: Opinion 1/09 of the ECJ*, in *Legal Issues of Economic Integration*, V. 38, No. 4, 2011, p. 302 ss.
- [4] Baratta R., *The Unified Patent Court – What is the “common” trait about?*, in C. Honorati (a cura di), *Luci ed ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale – The EU Patent Protection Lights and Shades of the New System*, Torino, 2014, p. 101 ss.
- [5] Bartoloni M.E., *La disciplina del recesso dall'Unione europea: una tensione mai sopita tra spinte costituzionaliste e resistenze internazionaliste*, in *rivista.aic.*, n. 2, 2016.
- [6] Baudenbacher C., *The EFTA Court remains the only Non-EU-Member States Court - Observation on Opinion 1/09 - (Opinion delivered pursuant to Article 218(11) TFEU on the Agreement on the European and Community Patents Court, ECJ (Full Court), Opinion of 8 March 2011, Avis 1/09*, in *European Law Reporter*, 2011, n° 7/8 p. 236 ss.
- [7] Blumenröder U., Peto J., *The First Decision on the Unitary Patent:*

- the Court Dismissed the Actions of Spain and Italy*, *European Law Reporter*, 2013, p. 110 ss.
- [8] *Britain could only stay in EU on worse terms, Guy Verhofstadt says*, in *news.sky.com*, 14 June 2017.
- [9] Caggiano G., *Il pacchetto normativo sul "brevetto europeo unitario" tra esigenze di un nuovo sistema di tutela, profili di illegittimità delle proposte in discussione e impasse istituzionale*, in *Il diritto dell'Unione europea*, 2012, p. 683 ss.
- [10] Caggiano G., *Prime riflessioni sul Brevetto Europeo Unitario*, in *Studi in onore di Augusto Sinagra*, Volume 3, 2013, p. 153 ss.
- [11] Cannone A., *Le cooperazioni rafforzate. Contributo allo studio dell'integrazione differenziata*, Bari, 2005.
- [12] Caravita B., *Editoriale, Brexit: keep calm and apply the European constitution*, in *federalismi.it*, n. 13, 2016.
- [13] Cavestri L., *Londra dice sì al brevetto unitario. Doccia fredda per Milano*, disponibile online sul sito *ilsole24ore.com*.
- [14] Cherubini F., "What is done is done"? *Recesso dall'Unione europea e ripensamenti britannici*, in E. Triggiani, F. Cherubini, I. Ingravallo, E. Nalin, R. Virzo (a cura di), *Dialoghi con Ugo Villani*, Bari, 2017, p. 715.
- [15] Constantinesco V., *Chronique de jurisprudence du Tribunal et de la Cour de justice des Communautés européennes. Institutions et ordre juridique communautaire*, in *Journal du droit international*, 1994, p. 467 ss.
- [16] Daniele L., *Brevi note sull'accordo di recesso dall'Unione europea ai sensi dell'art. 50 TUE*, in E. Triggiani, F. Cherubini, I. Ingravallo, E. Nalin, R. Virzo (a cura di), *Dialoghi con Ugo Villani*, Bari, 2017, p. 725 ss.
- [17] Desantes Real M., *Hacia un tribunal unificado y un efecto unitario para las patentes europeas en casi todos los Estados miembros de la Unión Europea. Consecuencias de la autoexclusión de España — Towards a unified court and a unitary effect for European patents in almost all the member states of the European Union. Consequences of Spain's auto-exclusion — Vers une juridiction unifiée et un effet unitaire pour les brevets européens dans la quasi-totalité des Etats membres de l'Union européenne. Conséquences de l'auto-exclusion de l'Espagne*, in *Revista española de derecho internacional*, 2013, p. 51 ss.
- [18] Di Cataldo V., *Concorrenza (o confusione) di modelli e concorrenza*

- di discipline di fonte diversa nel brevetto europeo ad effetto unitario. Esiste un'alternativa ragionevole?, disponibile online.
- [19] Di Rienzo A., *Art. 50 TUE*, in C. Curti Gialdino (a cura di), *Codice dell'Unione europea operativo*, Napoli, 2012, p. 404 ss.
- [20] Editorial Comments, *Enhanced Cooperation: A Union à taille réduite or à porte tournante?*, in *Common Emmanuel Macron veut accélérer les négociations sur le Brexit mais "laisse la porte ouverte" au Royaume-Uni*, in <http://www.huffingtonpost.fr>, del 13 giugno 2017, disponibile online.
- [21] Feraci O., *L'attuazione della cooperazione rafforzata nell'Unione europea: un primo bilancio critico*, in *Rivista di diritto internazionale*, 2013, p. 955 ss.;
- [22] Floridia G., *Il brevetto unitario: cui prodest?*, in *Il diritto industriale*, 2013, p. 205 ss.
- [23] Gelato P., Lala F., *Brevetto unitario per l'Europa o brevetto europeo (con effetto) unitario? Nodi giuridici e linguistici nella prospettiva italiana*, in *Contratto e impresa. Europa*, 2012, p. 516 ss.
- [24] Gordon R., Pascoe T., *Re the effect of 'Brexit' on the Unitary Patent Regulation and the Unified Patent Court Agreement*, 12 settembre 2016, Brick Court Chambers, disponibile online
- [25] Granata S., Callens P., *Introduction to the Unitary Patent and the Unified Patent Court: The (draft) Rules of Procedure of the Unified Patent Court*, e *Annex: Flowcharts to the (draft) rules of procedure of the Unified Patent Court. Flowcharts*, Alphen aan den Rijn, 2013.
- [26] Granieri M., *Brevetto unitario e giurisdizione unica in materia di brevetti tra Europa a due velocità e geometrie variabili (Nota a Corte giust. 16 aprile 2013, cause riunite C-274/11 e C-295/11)*, in *Il Foro italiano*, 2013, p. 223 ss.
- [27] Guglielmetti G., *Natura e contenuto del brevetto europeo con effetto unitario*, in C. Honorati (a cura di), *Luci ed ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale – The EU Patent Protection Lights and Shades of the New System*, Torino, 2014, p. 9 ss.;
- [28] Herbst J., *Observations on the Right to Withdraw from the European Union. Who are the "Masters of Treaties"?*, in *German Law Journal*, n. 11, 2005, p. 1755 ss.

- [29] Honorati C., *Il diritto applicabile dal Tribunale unificato: il coordinamento tra fonti e i rapporti tra accordo TUB e regolamento (UE) n. 1257/2012*, in C. Honorati (a cura di), *Luci ed ombre del nuovo sistema UE di tutela brevettuale – The EU Patent Protection Lights and Shades of the New System*, Torino, 2014, p. 119 ss.
- [30] Honorati C., *L'accordo per il Tribunale unificato dei brevetti: quali prospettive dopo la ratifica italiana e la Brexit?* in *European papers*, 2016, p. 1127 ss.
- [31] Horns H., *EU Council: Something To Hide? Might Legal Opinion Turn Out To Be A Bombshell?*, disponibile online.
- [32] House of Commons (European Scrutiny Committee), *The Unified Patent Court: help or hindrance? Government Response to the Committee's, Sixty-fifth Report of 2012*, 25 April 2012.
- [33] Łazowski A., *Withdrawal from the European Union and alternatives to membership*, in *European Law Review*, 2012, p. 523 ss.
- [34] Machek N., *How 'unitary' is the Unitary patent?*, settembre 2013, disponibile online sul sito <https://ssrn>, p. 23 ss.
- [35] Manzini P., *Sulla revoca della notifica di recesso dall'Unione europea*, in E. Triggiani, F. Cherubini, I. Ingravallo, E. Nalin, R. Virzo (a cura di), *Dialoghi con Ugo Villani*, Bari, 2017, p. 735 ss.
- [36] *Market Law Review*, 2011, p. 317 ss.
- [37] Marongiu Bonaiuti F., *L'accordo istitutivo del Tribunale unificato dei brevetti e la sua incidenza sulla disciplina della giurisdizione in materia civile nell'Unione europea*, in *rivista.aic*, gennaio 2014.
- [38] Marongiu Bonaiuti F., *The Agreement Establishing a Unified Patent Court and its Impact on the Brussels I Recast Regulation. The new rules introduced under Regulation (EU) No 542/2014 in respect of the Unified Patent Court and the Benelux Court of Justice*, in *Cuadernos de Derecho Transnacional*, 1/2016, p. 208 ss.
- [39] Martini E., *Brexit and the UPC: the Italian perspective*, in *World Intellectual Property Review*, 26 July 2016, disponibile online
- [40] Mc Donagh L., *European Patent Litigation in the Shadow of the Unified Patent Court*, Cheltenham, Northampton, 2016;
- [41] Miglio A., *Brexit e il dilemma del prigioniero: sulla revocabilità della notifica del recesso prevista dall'art. 50 TUE*, in *Federalismi.it*, 21 settembre

- 2016, disponibile *online*;
- [42] Nascimbene B., *Il dopo Brexit. Molte incognite, poche certezze*, in *Eurojust.it*, 1° luglio 2016.
- [43] Nicolaides P., *Withdrawal from the European Union: A Typology of Effects*, in *Maastricht Journal of European and Comparative Law*, 2013, p. 209 ss.
- [44] Ohly A., Streinz R., *Can the UK stay in the UPC system after Brexit?*, in *Journal of Intellectual Property Law & Practice*, 2017, Vol. 12, No. 3, p. 245 ss.
- [45] PISTOIA E., *Rimettere in discussione la cooperazione rafforzata? Spunti dalla sentenza della Corte di giustizia contro Spagna e Italia*, disponibile su *SIDI blog*.
- [46] Pizzetti F.G., *Revisione dei trattati fondativi ed accesso e recesso dall'Unione Europea*, in P. Bilancia, M. D'Amico (a cura di), *Nuova Europa dopo il Trattato di Lisbona*, Milano, 2009, p. 73 ss.
- [47] Pocar F., *Brevi note sulle cooperazioni rafforzate e il diritto internazionale privato*, in *Rivista di diritto internazionale privato e processuale*, 2011, p. 297 ss.;
- [48] Puglia M., *Art. 50 TUE*, in A. Tizzano (a cura di), *Trattati dell'Unione europea*, Milano, 2014, p. 338 ss.
- [49] Savastano F., *Prime osservazioni sul diritto di recedere dall'Unione europea*, in *Federalismi*, 25 novembre 2015.
- [50] Scuffi M., *Il brevetto europeo con effetto unitario e l'Unified Patent Court*, in *Il diritto industriale*, 2013, p. 156 ss.
- [51] Scuffi M., *Il nuovo sistema europeo dei brevetti: il tribunale unificato ed il regolamento di procedura*, Milano, 2017.
- [52] Tilmann W., *The compromise on the Uniform Protection for EU Patent*, in *Intellectual Property Law & Practice*, 2013, p. 78 ss.
- [53] Tilmann W., *The future of the UPC after Brexit*, disponibile *online*.
- [54] TILMANN W., *The UPC Agreement and the Unitary Patent Regulation - construction and application*, in *Journal of Intellectual Property Law & Practice*, 2016, p. 545 ss.
- [55] Tosato G.L., *Brexit. Percorso ad ostacoli dal referendum all'addio*, in *Affarinternazionali*, 28 giugno 2016.
- [56] Vellano M., *Espulsione e recesso dall'Unione Europea: profili attuali e*

- prospettive future*, in *La comunità internazionale*, 2007, p. 503 ss.
- [57] Villani U., *Istituzioni di diritto dell'Unione europea*, Bari, 2016, p. 65 ss.
- [58] Wappmannsberger N.b., Wyrwoll A., *German Constitutional Court Unexpectedly Bars the Implementation of the Unified Patent Court*, in www.ficpi.org.
- [59] Magno Maria Letizia, *Verso un'economia nuova*, in *Nono rapporto annuale Consumerism, 2016, Dalla Sharing alla social economy* a cura di F. Bassan, www.consumersforum.it.
- [60] Magno Maria Letizia, *Pubblica amministrazione locale e smart environments*, in corso di pubblicazione su *RomaTrE-Press*.
- [61] Magno Maria Letizia, *Social economy e pubblica amministrazione*, in attesa di collocazione su una rivista di carattere scientifico-giuridico, classificata secondo Anvur.
- [62] Magno Maria Letizia, *Profilazione, gestione dei dati e sicurezza nella pubblica amministrazione*, in corso di pubblicazione in *Rapporto annuale Consumerism, 2017, I consumatori nella social economy, tra big data e fake news* a cura di F. Bassan, www.consumersforum.it.

