

PROGETTO DI RICERCA

ALLEGATO 10)

- **Area scientifica:** Ingegneria Civile ICAR/02
- Corso di dottorato INTERATENE0 in **GESTIONE SOSTENIBILE DEL TERRITORIO** in convenzione con **POLITECNICO di BARI**
- **Coordinatore:** Prof. Francesco GENTILE
- **Borsa su tematiche di INNOVAZIONE con OGGETTO:**

Implementazione di tecnologie abilitanti nella valutazione dei processi idrologici a scala di bacino urbano, finalizzate al monitoraggio, alla protezione e all'aumento della resilienza di aree metropolitane a rischio idraulico.

La ricerca è orientata all'implementazione di tecnologie abilitanti nella valutazione dei processi idrologici a scala urbana, finalizzate al monitoraggio, alla protezione e all'aumento della resilienza di aree metropolitane rispetto al rischio di alluvione, con l'integrazione tra dati topografici, satellitari e tecnologie IT e OT. La nuova informazione, integrata da modelli di simulazione numerica avanzata, permetterà sia un uso razionale dell'approccio bidimensionale nel dominio di applicazione urbano, sia di affinare la capacità di descrizione e previsione dei fenomeni di urban floods, indirizzando le scelte e enfatizzando il ruolo delle "nature based solutions" e del "storm water management" nell'applicazione di soluzioni di "adaptive design" in caso di aggregati edilizi e spazi aperti.

- **PROGETTO DI RICERCA di PASQUALE PERRINI (max 3500 parole):**

✓ Presupposti conoscitivi:

I fenomeni d'inondazione urbana (urban floods) sono tra i principali motivi di dissesto nelle aree urbanizzate poiché si presentano con maggior cadenza rispetto ad eventi alluvionali correlati a piogge prolungate, o a carattere episodico.

Le inondazioni urbane non sono causate solo per effetto della tracimazione di un corso d'acqua con conseguente interessamento del costruito, ma talvolta si verificano quando una quantità d'acqua consistente si riversa in aree antropizzate sprovviste da evidenti compluvi idonei a favorire il deflusso superficiale ed il conseguente allontanamento delle acque meteoriche.

Questo fenomeno è favorito da tre componenti separate: le forti precipitazioni, l'aumento dell'urbanizzazione e l'insufficiente oppure obsoleta infrastruttura della rete fognaria o sistema di drenaggio urbano, che concorrono a rendere le inondazioni urbane un problema complesso.

Gli insediamenti urbani ospitano la parte preponderante della popolazione italiana (90% al Censimento ISTAT 2011) rappresentando al contempo i maggiori responsabili e le principali vittime dei cambiamenti climatici.

Essendo sistemi in cui i processi naturali sono stati quasi del tutto alterati da processi artificiali, la loro resilienza deve quindi essere assicurata solo dall'azione umana consapevole; si tratta quindi di

una nuova sfida che comporta complesse attività di analisi, valutazione e interpretazione dei fenomeni, con conseguente selezione di obiettivi ed azioni.

La consapevolezza degli impatti climatici sull'antropizzato, della pericolosità a cui sono esposti popolazione e beni, della valutazione della vulnerabilità territoriale, della formulazione di efficaci strategie e politiche urbane - sono un banco di prova fondamentale per una strategia di adattamento al rischio alluvionale, chiamata ad incidere sulla qualità di vita della porzione largamente maggioritaria della popolazione italiana.

Assumere come campo di osservazione le relazioni tra i cambiamenti climatici e gli insediamenti urbani nel loro insieme significa dunque necessariamente operare una lettura trasversale di molti aspetti affrontati settorialmente; in altre parole, il tema insediamenti urbani abbraccia una pluralità di argomentazioni quali risorse idriche, infrastrutture, dissesto idrogeologico, salute, energia, zone costiere, turismo e altre attività produttive. (SNACC, 2014)

È diffusamente riconosciuto inoltre che, in molte realtà urbane, i cambiamenti climatici si presenteranno come amplificatori di criticità pregresse; ad esempio parti di città già oggi affette da difficoltà di drenaggio o da un rilevante rischio idraulico saranno prevedibilmente interessate da fenomeni ancor più severi a seguito delle ipotesi di mutamento (non stazionarietà) del regime delle piogge.

✓ **Analisi dei dati:**

Ad oggi esistono delle basi dati, disponibili nei sistemi informativi territoriali, in grado di fornire un numero rilevante di informazioni ambientali e territoriali spazializzate, con possibilità di servizi avanzati per supportare svariate elaborazioni che possono impiegare tecnologie di cartografia tematica e numerica, Sistemi Informativi Geografici (GIS), in grado di combinarsi con analisi di telerilevamento aerospaziale, presupposto indispensabile per la costruzione di indicatori di rischio anche a scala urbana.

In ambito idrologico, le misurazioni delle precipitazioni e dei livelli idrometrici riportate sugli annali sono di fondamentale importanza per la validazione e calibrazione di nuovi modelli climatici aggiornati e per l'analisi statistica di non stazionarietà, favorendo l'individuazione di informazioni specifiche a supporto delle politiche di adattamento.

D'altro canto, l'impiego di modelli digitali di elevazione rinvenuti da campagne di telerilevamento con tecnologie Lidar (Laser Imaging Detection and Ranging) per l'analisi morfologica dei territori, permette l'implementazione di un sistema informativo geografico finalizzato a supportare le azioni di protezione e adattamento alla scala locale e quindi mappare il rischio idraulico sui territori da analizzare.

A questo proposito sulla rilevazione e misurazione di dati, è opportuno evidenziare il beneficio garantito dalla convergenza e dalla cooperazione tra le tecnologie operative (OT) che controllano le apparecchiature e le tecnologie dell'informazione (IT) che controllano i dati, infatti come ben noto in campo idrologico e anche meteorologico il "Remote sensing" assume una rilevanza straordinaria sia per la previsione che per la caratterizzazione delle alluvioni.

Il monitoraggio satellitare a scala temporale, con informazioni tempestive e dettagliate delle alluvioni è di supporto sia come input dei modelli idrodinamici che alle autorità competenti come la Protezione civile per individuare le aree disastrose e identificare le zone da destinare ai rifugi e ai soccorsi.

Infatti, dalle applicazioni di immagini satellitari e/o aeree:

- nel pre-evento: è possibile definire mappe di copertura/uso del suolo, le condizioni di umidità antecedente all'evento alluvionale e il livello di saturazione del suolo; dati utili per la costruzione esatta di modelli di infiltrazione distribuiti, fortemente aderenti alla realtà dei luoghi, adatti per la ricostruzione dell'evento osservato su un modello di simulazione idraulica;
- durante l'evento in tempo reale: è pratica consolidata mappare l'onda di piena, stimando inoltre l'intensità, il movimento e la durata delle precipitazioni;
- nel post-evento: invece saranno utili nella pianificazione degli interventi, dalla ricostruzione all'adeguamento delle infrastrutture ed edifici presenti, valutandone i danni.

Inoltre i dati satellitari, anche in ambito extraurbano rilevano altri parametri fondamentali come il Leaf Area Index (LAI) utile per la valutazione della intercezione delle piante, rendendo il calcolo del run-off sempre più aderente alla realtà fisica dei processi idrologici analizzati.

✓ **Metodologie sperimentali:**

Considerando che la letteratura sull'argomento presenta diverse criticità e incertezze modellistiche non completamente risolte, è propizio un ulteriore approfondimento sulla non stazionarietà statistica delle serie storiche degli annali che peraltro, secondo la banca dati dell'ex UCEA 1980-2002 (Brunetti et al., 2004), negli ultimi decenni evidenziano tendenze in aumento in termini di intensità di precipitazione, rendendo sempre più vulnerabili ai cambiamenti climatici i bacini di piccole dimensioni urbani, caratterizzati da una risposta rapida ed impulsiva.

Per di più si pone il problema rilevante del downscaling dei modelli climatici attualmente ancora predisposti per territori molto ampi e quindi non compiutamente suscettibili di fornire indicazioni dettagliate in merito a situazioni locali. (PNACC, 2018)

Nella letteratura nazionale esistono lavori basati su un approccio di downscaling stocastico di scenari climatici pluviometrici derivanti da modelli di circolazione globale, per analizzare in dettaglio gli effetti dei potenziali cambiamenti climatici sui processi idrologici a scala di bacino (Burlando et al., 1997; Burlando & Rosso, 2002a).

Un ulteriore studio, da effettuare riguarderebbe la non stazionarietà del bacino idrografico stesso, che generalmente nella letteratura è considerato immutabile nel senso generale seguendo le ipotesi di Stazionarietà e linearità, come nella teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario (Sherman, 1932). Nella realtà il bacino idrografico muta il suo comportamento rispondendo sia ai cambiamenti climatici che al costante incremento di antropizzazione (aumento della impermeabilizzazione) con dinamiche complesse, subendo anche importanti variazioni innescando fenomeni allarmanti di dissesto.

Quindi è da considerare con particolare attenzione la sovrapposizione dei cambiamenti climatici e idrologici, nelle zone soggette a modifiche di uso e/o copertura di suolo e nelle aree già soggette a vincoli idrogeologici rispetto alle Norme Tecniche di attuazione (NTA) del Piano di assetto Idrogeologico (PAI).

Nella valutazione del rischio idraulico si utilizzerà un modello idraulico avanzato scelto tra quelli disponibili in letteratura (HEC-RAS, FLO2D, TUFLOW, SMS) in grado di simulare la propagazione dei fenomeni di piena in un dominio di calcolo bidimensionale considerando nei contesti urbani tutti i vincoli antropici rilevati dai modelli digitali delle superfici (DSM) e/o integrati da rilevazioni in loco specifiche con tecniche avanzate di telerilevamento e/o con droni.

In particolare, in contesti urbani sarebbe più efficace effettuare simulazioni “Rain on Grid Modeling” partendo appunto dall’input di precipitazione locale, in modo tale da tener conto puntualmente delle criticità dei meccanismi di deflusso alterati dalla antropizzazione urbana.

Una volta individuate le zone con particolari criticità, congruentemente con il dettaglio delle analisi è importante progettare opere di sistemazione idraulica, dimostrando al contempo la utilità delle opere di mitigazione sostenibili, basate sull’ingegneria naturalistica (Nature Based Solutions) o al più individuare aree sacrificali interne al territorio in grado di contenere i deflussi e rilasciarli con portate inferiori, scongiurando la pericolosità idraulica associata ai tiranti e alle velocità di scorrimento delle correnti.

L’ingegneria naturalistica infatti, è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiale da costruzione, della componente vegetale viva (piante o parti di esse) in abbinamento con inerti non cementizi quali il pietrame, la terra, il legname, l’acciaio, principalmente per interventi di sistemazione idrogeologica legati alla consolidazione del terreno nelle zone soggette ad erosione.

✓ **Aspettative della Ricerca, Scopi:**

Si propone uno studio sul Rischio Idraulico urbano associato a due fattori specifici:

- l’adattamento urbano a fronte di eventi meteorici di particolare intensità,
- il Consumo del Suolo dei bacini idrografici sub-urbani,

fenomeni concatenati che si fondono nelle tematiche del Dissesto Idrogeologico sul territorio Nazionale, abbracciando l’intera interfaccia società-ambiente.

La ricerca, a valle dello studio idrologico-idraulico da effettuare, proporrà soluzioni innovative del fenomeno di dissesto anche con opere di ingegneria naturalistica sostenibili adattabili sul territorio urbano nel breve termine, in grado di mitigare il rischio cautelando l’ecosistema e diminuire la vulnerabilità idrologica dei territori, rendendo i complessi urbani via via più resilienti ed efficaci.

Contemporaneamente alcune regole potranno già essere prese in considerazione per prevenire le inondazioni urbane aumentando la capacità di resilienza delle zone abitate, adattabili senza dubbio a tutti i territori antropizzati come:

- creare “Water Squares”, degli spazi pubblici che raccolgono temporaneamente l’acqua durante gli eventi di intense precipitazioni o eventi di inondazioni (Paesi Bassi);
- esplorare possibili difese da inondazioni ristrutturando parcheggi auto, edifici abitativi e non abitativi, strade applicando il concetto di Adaptable Flood Defences (AFD) (Paesi Bassi);
- costruire sistemi di drenaggio come tetti verdi (green roofs) e canali aperti che veicolano l’acqua piovana in punti di raccolta che formano una riserva temporanea di acqua (Svezia);

Oltre che

- creare golene lungo fiumi, evitando la propagazione di piena a valle con portate allarmanti sui territori urbani;
- rendere sempre più collaborante il sistema fognario allo smaltimento di portate anche a fronte di eventi calamitosi episodici;
- intervenire nelle aree idraulicamente critiche degli insediamenti attraverso la manutenzione e il rafforzamento delle reti drenanti e degli impianti connessi, attraverso la sostituzione di

aree asfaltate con materiali permeabili nonché attraverso la realizzazione di vasche di accumulo multifunzionali.

✓ **Obbiettivi realizzativi e Scansione temporale**

Il progetto di ricerca sarà strutturato in cinque fasi di seguito definite:

1. Studio preliminare, storico-conoscitivo (3-5 mesi)

Individuazione di uno o più bacini idrografici soggetti a particolare rischio idraulico; studio conoscitivo dei bacini; studio sulle alluvioni storiche che hanno investito la zona di interesse; valutazione delle criticità urbane a seguito delle alluvioni.

2. Acquisizione dei dati e Analisi morfologica del territorio (5-6 mesi)

Una volta noto il territorio da indagare, il primo passo da effettuare è l'analisi morfologica dei territori, ed in particolare grazie alle moderne tecnologie disponibili la base di partenza per l'ottenimento dei bacini idrografici sono i così detti Modelli digitali di elevazione rivenuti da campagne di telerilevamento Lidar; successivamente mediante l'utilizzo di Sistemi Informativi Geografici si ricostruirà un modello digitale del terreno in grado di descrivere i vincoli antropici urbani, integrando i DTM ai DSM.

A valle della analisi morfologica saranno note tutte le statistiche di bacino utili per l'analisi idrologica.

3. Analisi Idrologica (7-8 mesi)

L'analisi idrologica sarà condotta secondo procedure sperimentali da valutare in base al territorio analizzato, seguendo la procedura:

- Analisi pluviometrica locale (GEV, TCEV);
- Analisi regionale rapporto VAPI;
- Confronto tra le analisi precipitate;
- Dimostrare una significatività della ipotesi non stazionarietà (se esistente);
- Costruzione degli Ietogrammi di Progetto (metodo Chicago utilizzato in ambito urbano);
- Applicazione del modello di infiltrazione Curve Number distribuito, tenendo conto del consumo di suolo allo stato attuale;

Tutta l'analisi idrologica sarà supportata da software GIS e software per la modellazione idrologica.

4. Analisi Idraulica (5-6 mesi)

L'analisi idraulica sarà supportata da un modello idraulico bidimensionale, tale da simulare la propagazione di piena in condizioni di moto vario per i diversi input di pioggia o portata assegnati.

In particolare, nel modello idraulico saranno importati:

- I modelli digitali del terreno, tenendo conto di tutte le superfici/vincoli antropici;
- La mappa delle scabrezze di Manning, utile per tener conto dell'effetto uso del suolo sui fenomeni di propagazione;
- La mappa del Curve Number, funzione del gruppo idrologico dei suoli (HSG) e della copertura degli stessi.

A valle delle simulazioni sarà possibile mappare la pericolosità idraulica in funzione della compatibilità della piena con i territori urbanizzati utilizzando i Diagrammi delle vulnerabilità rilasciati in diversi studi dell'AdB del Tevere e dell'Adige, oltre che della Protezione civile della Puglia.

Successivamente si individuano le aree critiche secondo cui sarà mappato anche il Rischio Idraulico funzione della pericolosità idraulica, dei danni attesi e della esposizione di beni (Vulnerabilità).

Al contempo sarà possibile, dati storici permettendo, ricostruire un evento storico osservato così da poter procedere alla calibrazione e validazione degli input applicati sul modello di calcolo idraulico.

5. Riqualficazione e sistemazione idraulica (7-8 mesi)

Note le aree a diversa pericolosità idraulica e mappato il rischio idraulico nella zona indagata, sarà effettuato uno studio per la mitigazione delle criticità con un insieme di provvedimenti, di tipo strutturale e non, atti a ridurre la frequenza e l'impatto degli eventi alluvionali a limiti compatibili con le caratteristiche socio-economiche dei territori da difendere, incentivando l'individuazione di:

- Soluzioni di ingegneria naturalistica (Nature Based Solutions)
- Aree sacrificali interne al territorio urbano

Per concludere l'analisi, verrà verificata con software specifici di ultima generazione (SWMM, InfoWorks ICM), la compatibilità del sistema fognario con lo smaltimento del deflusso a fronte di eventi alluvionali episodici, evidenziando le eventuali criticità e miglioramenti da effettuare.

✓ Prospettive future

La proposta di ricerca presentata si rivolge a un settore che richiede un progresso tecnologico che permetta la riduzione del numero di disastri ambientali, come anche richiesto dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) della pandemia di SARS-CoV-2.

I modelli numerici di simulazione dei processi idrologico-idraulici sono nel tempo evoluti e supportano oggi efficacemente le procedure di gestione e mitigazione del rischio idraulico. Tuttavia, l'aumentata completezza e potenziale accuratezza dei modelli ha determinato diverse complessità legate all'incertezza dei dati, dei parametri e delle ipotesi di lavoro dei modelli. Tale aspetto suggerisce la necessità di sviluppare approcci innovativi in cui il sistema modellistico integri componenti e processi di acquisizione di informazioni da e verso i cittadini.

Con questo progetto si vogliono analizzare nel dettaglio le criticità urbane con modelli di simulazione numerica avanzata, proponendo una soluzione efficace che possa apportare un contributo significativo alla comunità e un notevole contributo alla resilienza urbana a supporto dei processi decisionali per la gestione del rischio alluvioni in ambiente urbano.

✓ **Bibliografia**

- Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC, 2018)
- Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia (Ministero Ambiente, 2014)
- Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali, ISPRA
- Relazione di Piano, Piano di assetto Idrogeologico (PAI)
- Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC, 2014)
- Assessing the relative effectiveness of statistical downscaling and distribution mapping in reproducing rainfall statistics based on climate model results (A. Langousis, 2015)
- Il consumo di suolo in Italia, ISPRA edizione 2014
- Drenaggio urbano sostenibile: nuovi approcci per gestire le acque di pioggia in città. (Giulio Conte, Anacleto Rizzo; 2020)
- Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology (2003)
- Modelli innovativi 1D-2D di idraulica urbana per la gestione efficace del rischio idraulico. Il caso di studio di Palermo (F. Peña, A. Annis, G. Freni, F. Nardi; 2019)

Data

Firma

20/10/2021

Paolo Bruni