



**Comune di Lecco**

**PROTOCOLLO D'INTESA PER L'ATTIVITA' SPERIMENTALE DI RICERCA REALIZZATA DAL POLITECNICO DI MILANO – POLO TERRITORIALE DI LECCO, PROPEDEUTICA ALLA REDAZIONE DI LINEE GUIDA PER UN'ANALISI DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO DI UN TORRENTE MONTANO: IL CASO DEL TORRENTE CALDONE (LC)**

**PREMESSO CHE**

E' attiva dal 2004 tra il Comune di Lecco e il Politecnico di Milano – sede territoriale di Lecco, una convenzione finalizzata a:

- ✓ contribuire allo svolgimento di ricerche e studi volti ad applicare all'attività amministrativa, di progettazione, di pianificazione e di controllo del Comune le conoscenze innovative, tecnologiche e sperimentali detenute dal Politecnico;
- ✓ fornire contributi scientifici al personale comunale mirati all'ausilio e alla definizione di strategie socio-economiche, territoriali e ambientali anche mediante l'utilizzo di specifici strumenti quali i dottorati di ricerca;

Il Comune di Lecco e il Politecnico di Milano hanno già svolto in passato e con successo collaborazioni nell'ambito della realizzazione di attività tecnico-scientifiche relative a temi riguardanti la tutela del territorio;

1

---

L'attività di ricerca del Politecnico alla quale il Comune intende contribuire attraverso il presente accordo è finalizzata ad uno studio di rilevante interesse pubblico in quanto la ricostruzione e la caratterizzazione dell'assetto idrogeologico di un torrente montano che attraversa l'urbanizzato è fondamentale per garantire un'oculata gestione del territorio sia in termini di pianificazione che di tutela del territorio. Ovviamente avere a disposizione degli studi che consentano la redazione delle linee guida per affrontare tale aspetto è fondamentale in quanto applicabili anche a tutti quei torrenti nelle aree pedemontane che attraversano centri abitati.

Il territorio di Lecco si caratterizza per essere attraversato da 3 torrenti che in passato, in occasione di eventi meteorologici intensi, hanno dato problemi di esondazione. Tali fenomeni sono da mettere in relazione, oltre che alle piogge, anche ad altre cause connesse al dissesto idrogeologico che caratterizza il territorio comunale

Al Polo di Lecco, Politecnico di Milano, da parecchi anni lavora ed è attivo sul territorio comunale un gruppo di ricerca multidisciplinare che comprende geologi, ingegneri ambientali, geofisici, topografici, i quali, ciascuno per la propria competenza, si occupa di problematiche connesse al dissesto idrogeologico come testimoniato dalle numerose attività e pubblicazioni che caratterizza tale gruppo (vedi articolo 1 della presente convenzione).

**Tutto ciò premesso**

l'Ente **Comune di Lecco** (qui di seguito denominato COMUNE), con sede in Piazza Diaz n. 1 - 23900 Lecco, C.F. 00623530136 rappresentato \_\_\_\_\_ - dirigente del

## E

Il **Politecnico di Milano** - Polo territoriale di Lecco (c.f. 80057930150, P.IVA 04376620151), con sede in Piazza Leonardo da Vinci n. 32 c.a.p. 20133 Milano e sede operativa in Via Gaetano Prevati 1/c, 23900 Lecco, (in seguito indicato come Politecnico), rappresentato dal Prorettore Delegato di Polo Prof. Marco Bocciolone e dal Responsabile Gestionale dott.ssa Manuela Ghielmetti,

## SI DEFINISCE

Il presente atto al fine di regolare l'attività di ricerca del Politecnico alla quale il Comune intende contribuire quale strumento per un'azione mirata alla conoscenza del territorio ed in particolare di fenomeni di potenziale dissesto idrogeologico che possono interessare l'area su cui sorge la città dei Lecco.

### **Art. 1. Contenuti.**

L'attività di ricerca del Politecnico per la quale l'Ente Comune intende contribuire è propedeutica alla redazione di "**Linee guida per un'analisi del dissesto idrogeologico di un torrente montano: il caso del Torrente Caldone (Lc)**".

I torrenti che attraversano aree urbanizzate sono spesso soggetti a fenomeni di esondazione responsabili di numerosi danni sulle strutture ed infrastrutture. Tali fenomeni di esondazione sono da mettere in relazione a numerose cause tra cui riveste un'importanza notevole il trasporto solido che si muove all'interno di un corso d'acqua. Tale materiale solido che si muove sul fondo di un torrente è da imputare al materiale proveniente sia da frane che si muovono lungo i versanti dei bacini idrografici sottesi dal corso d'acqua che da fenomeni di erosione diffusi lungo i versanti stessi. La produzione di materiale solido in un bacino è un processo naturale che dipende dalle caratteristiche geologiche del bacino stesso, dalla vegetazione presente e dal clima. Tale processo può essere tuttavia modificato dagli effetti dell'antropizzazione quali costruzioni, opere di mitigazione nei corsi d'acqua, ecc. E' per tutte queste ragioni che quando si ha a che fare con un corso d'acqua che scorre in un'area urbana occorre studiare da un punto di vista geologico e geomorfologico il bacino idrografico nella sua interezza valutando le possibili sorgenti di materiale solido e la presenza di opere di regimazione dei corsi d'acqua, nonché la localizzazione dell'urbanizzato che in qualche modo interferisce con il corso d'acqua stesso (presenza di edifici all'interno delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, restringimenti dovuti a ponti, ecc).

Non esiste ad oggi una metodologia standardizzata per studiare la complessità dei fenomeni che avvengono in un corso d'acqua montano che attraversa una città in quanto le competenze che vengono coinvolte sono molteplici (geologi, ingegneri ambientali, ingegneri idraulici, geofisici, topografi, ecc.) e il problema deve essere affrontato in maniera multidisciplinare e poi successivamente integrato per avere uno strumento utile ai fini di una pianificazione territoriale ottimale e ad una gestione in termini di previsione, prevenzione e gestione del rischio idrogeologico.

Per tale ragione il Comune di Lecco intende affidare al Politecnico di Milano, Polo di Lecco, la messa a punto di elementi propedeutici alla redazione di Linee guida per lo studio delle problematiche in termini idrogeologici dei corsi d'acqua che attraversano la città di Lecco, in quanto in tale Polo sono presenti tutte le competenze scientifiche necessarie per affrontare tale studio. Per il compimento di dette attività infatti lo studio, coordinato dalla Prof.ssa Papini e dalla prof.ssa Longoni (rispettivamente Geologa ed Ingegnere ambientale del Polo di Lecco) coinvolgerà altri docenti dello stesso Ateneo esperti di Geofisica applicata, topografia, idraulica per affrontare il problema nella sua globalità.

Le linee guida che verranno poi redatte potranno essere applicate dapprima al Torrente Caldone e successivamente potranno interessare anche agli altri torrenti della città. Il Caldone, che si estende per circa 8 km, scende dalla zona montuosa della Grigna e del Resegone fino ad arrivare nel centro urbano della città di Lecco dove per un lungo tratto è interrato.

Lo studio si articolerà nelle seguenti fasi:

**FASE 1:** Inquadramento geologico e morfologico dell'intero bacino

**FASE 2:** Censimento dei punti di criticità relativi ai dissesti idrogeologici, dell'erosione spondale riguardanti il letto del fiume e i rilievi montuosi circostanti. In particolare per i dissesti idrogeologici si rileveranno e si cartograferanno le frane attive e le zone di potenziale instabilità, individuando le tipologie di frane e il loro cinematisimo secondo la Classificazione di Varnes (crolli, ribaltamenti, scivolamenti rotazionali e planari, frane complesse, colate, espandimenti laterali). Per l'erosione spondale verranno analizzati i tratti in cui il torrente è in erosione e i tratti di sponda soggetti ad instabilità. Per questi tratti critici verrà rilevata la forma della sponda (curva o rettilinea), la lunghezza del tratto, l'altezza da terra e la sua tipologia (in roccia, in terra, mista o altro). Questa fase porterà alla redazione di schede di facile lettura strutturate secondo un determinato criterio: istantanea, coordinate in metri nel sistema di riferimento WGS84/UTM 32N, quota, estratti di mappa e descrizione dettagliata.

**FASE 3:** Censimento delle opere di mitigazione presenti lungo il torrente. In particolare verranno rilevate e cartografate le varie opere strutturali attualmente presenti lungo il torrente volti a mitigare il regime di moto dell'acqua al fine di ridurre i fenomeni di erosione in alveo e lungo i versanti, riducendo la probabilità del verificarsi di esondazioni e modificando il regime del trasporto solido. Si tratta cioè di individuare e localizzare la presenza di briglie, vasche di espansione, cunette di fondo, opere longitudinali (scogliere), muri in gabbioni, opere di drenaggio, soglie, sbancamenti, ecc. Anche per le opere di mitigazione verranno redatte delle schede analoghe a quelle effettuate per il censimento dei dissesti.

**FASE 4:** analisi delle cartografie esistenti in termini di sistema ambientale e del paesaggio (es. carta della sensibilità paesistica) e analisi dei vincoli e tutele attorno al torrente (vincolo idrogeologico, fasce di rispetto, vincoli di inedificabilità, zone di rispetto da sorgenti captate ad uso idropotabile, ecc.). Questa fase è molto importante anche in un'ottica di eventuali ambiti di trasformazione urbana.

Queste prime quattro fasi hanno lo scopo di fare una fotografia a 360° della situazione in cui attualmente si trova il torrente Caldone e l'area sottesa.

Si passerà poi ad una FASE 5 che è una fase di ricerca che riguarderà lo studio delle possibili evoluzioni morfologiche dell'area in concomitanza di eventi climatici di una certa rilevanza critica. Per fare questo sarà necessario fare innanzitutto una valutazione dei fenomeni erosivi che derivano dai versanti e confluiscono nell'alveo dando origine al trasporto solido: occorrerà determinare quali siano le zone sorgenti e quantificare il volume dei sedimenti potenzialmente instabili. Tale valutazione è piuttosto complessa in quanto esiste una grande variabilità spaziale degli eventi stessi. Ovviamente i processi di trasporto dei sedimenti hanno un impatto negativo sulle condizioni e sulla sicurezza del bacino. Negli ultimi 50 anni, viste le notevoli implicazioni sui

corsi d'acqua soprattutto quelli che scorrono in aree urbane, si sono sviluppati modelli matematici per il calcolo dell'erosione del suolo, ma nessuno singolarmente soddisfa l'intero range di casi spazio-temporali possibili. Si tratta di modelli empirici, fisici e concettuali che vengono applicati per valutare la volumetria di materiale potenzialmente movimentabile da un pendio: sono capaci di valutare la produzione media di sedimenti su un bacino. Per tale ragione nel presente studio verrà effettuata per il bacino del Caldone una modellazione numerica ad hoc in cui verranno generati scenari di rischio quantitativi che saranno utili per gli strumenti di pianificazione, previsione, prevenzione e gestione del rischio (Piani di emergenza) in funzione anche dei cambiamenti climatici a cui stiamo assistendo negli ultimi anni. Per fare questa modellazione numerica e avere risultati attendibili da un punto di vista scientifico e utilizzabili concretamente, nonché avere un'idea delle zone più critiche che necessitano di interventi a breve, medio e lungo termine, occorre avere informazioni che si ricavano in base a studi che utilizzano metodi innovativi nel campo della topografia (ad esempio laser scanner), della geofisica (ad esempio geoelettrica, georadar, ecc.), dell'idraulica. Si sottolinea che tali scenari verranno di volta in volta ricalibrati e validati nel tempo in funzione della risposta del sistema.

Data la complessità intrinseca del problema, dovuta proprio alla costruzione degli scenari di rischio quantitativi legati a eventi meteo intensi, occorre una multidisciplinarietà di competenze che sono presenti nel Polo di Lecco.

**FASE 6:** Dal momento che in aree urbane spesso i torrenti sono interrati, tutto il trasporto solido che arriva da monte può creare ulteriori problemi da un lato legati a fenomeni di esondazione del corso d'acqua (laddove il corso d'acqua passa dallo scorrere in superficie alla zona interrata) dall'altro a fenomeni di ammaloramento dell'opera di tombinatura del torrente stesso causati da fenomeni di sotto escavazione, di erosione ecc. che potrebbero provocare danni notevoli (fino al cedimento in casi estremi) agli edifici che si trovano nelle immediate vicinanze dell'area tombinata e alle infrastrutture viarie che scorrono al di sopra del torrente tombinato. Il torrente Caldone nel suo tratto urbano presenta un lungo tratto tombinato. In passato la zona in cui il torrente inizia a scorrere in sotterraneo è stata sede di significative esondazioni con gravi ripercussioni sulle strutture ed infrastrutture limitrofe, nonché disagi alla popolazione. Nel novembre del 2014 il torrente Caldone ha tracimato con veemenza e si è dovuta attivare la barriera in ferro presente con relativa chiusura del passaggio pedonale. Per proteggere i garage sotterranei e l'ingresso di esercizi commerciali si è dovuti intervenire con sacchi di sabbia. Come detto in precedenza per ridurre il rischio legato a questi fenomeni occorre uno studio generalizzato del trasporto solido del torrente secondo le modalità descritte precedentemente. Per una valutazione invece della situazione e dell'eventuale degrado della struttura di tombinatura di un corso d'acqua in città verrà effettuata un'indagine geofisica da eseguirsi dall'interno del tunnel utilizzando la tecnica del GPR in grado di rilevare ammaloramenti del cemento, cedimenti, ecc.

I risultati delle 6 fasi saranno sintetizzati in un documento (con i relativi allegati) dove verranno forniti elementi che consentiranno al Comune di Lecco di tracciare le linee guida per lo studio di un torrente montano che attraversa un'area urbanizzata e tali linee guida potranno essere concretamente applicate al caso del Torrente Caldone. Ovviamente tali linee guida potranno successivamente essere applicate anche agli altri torrenti che scorrono nel Comune di Lecco per avere una fotografia della situazione complessiva a livello comunale.

Si fa presente che il lavoro avrà un risvolto anche scientifico e verrà redatto da un team che già da tempo collabora su queste problematiche come testimoniano le seguenti pubblicazioni redatte su riviste internazionale di rilevanza scientifica e accademica:

### **Tematica del Trasporto solido**

- Brambilla D., Longoni L., Papini M., Giorgetti E., Radice A. (2011). On analysis of sediment sources towards proper characterization of hydro-geological risk for mountain environments. *International Journal of Safety and Security Engineering*, Vol. 1, No. 4 424–438
- Radice A., Giorgetti E., Brambilla D., Longoni L., Papini M. (2012). On integrated sediment transport modelling for flash events in mountain environments. *Acta Geophysica*, 60, 191-213, doi: 10.2478/s11600-011-0063-8.

### **Tematica dell'erosione dei tratti tombinati**

- Arosio D., Munda S., Zanzi L., Longoni L., Papini M. (2012). GPR investigations in adverse conditions to assess the state of damage of a water tunnel - *Journal of environmental and engineering geophysics* 17, 159–169.

### **Tematica del monitoraggio dissesto idrogeologico**

- Longoni L., Arosio D., Scaioni M., Papini M., Zanzi L., Roncella R., Brambilla D. (2012). Surface and subsurface non-invasive investigations to improve the characterization of a fractured rock mass. *Journal of Geophysics and Engineering*, 9, 1-12.
- Scaioni, M.; Longoni, L.; Melillo, V.; Papini, M.(2014). Remote sensing for landslide investigations: An overview of recent achievements and perspectives. *Remote Sens.* 6, 9600–9652.
- Arosio, D., Longoni, L., Papini, M., Scaioni, M., Zanzi, L. and Alba, M. (2009). Towards rockfall forecasting through observing deformations and listening to microseismic emissions. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1119-1131.

### **Tematica degli scenari di rischio**

- Ozturk, U., Tarakegn, Y.A., Longoni, L., Brambilla, D., Papini, M., Jensen, J., 2015. A simplified early-warning system for imminent landslide prediction based on failure index fragility curves developed through numerical analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, IN PRESS.
- Longoni L., Papini M., Arosio D., Zanzi L. (2014) A new geological model for Spriana landslide *Bulletin of Engineering Geology and the Environment: Volume 73, Issue 4 (2014), Page 959-970*

Alla luce di quanto detto sopra, il Comune di Lecco individua nel Politecnico, quale istituto universitario che opera con finalità scientifiche e socio-istituzionali, il partner che condivide nella realizzazione dell'obiettivo un comune interesse mettendo a disposizione risorse umane, strumentali e culturali, e rendendo disponibili in modo unitario competenze complesse, per la massima razionalizzazione e sinergia delle diverse componenti specialistiche necessarie al raggiungimento dell'obiettivo.

Il Politecnico quale istituzione pubblica ha tra i propri fini primari l'elaborazione e la trasmissione di conoscenze scientifiche e tecnologiche, nonché la promozione e l'organizzazione della ricerca e pertanto la collaborazione con il Comune è necessaria per valutare e definire le specifiche problematiche oggetto dei presenti temi di ricerca.

In dettaglio l'attività di ricerca sarà così articolata:

- Entro 2 mesi dalla stipula del presente atto comunicazione al Comune di Lecco circa il censimento dei punti di criticità relativi ai dissesti idrogeologici, dell'erosione spondale riguardanti il letto del Torrente Caldone e i rilievi montuosi circostanti. Questa fase porterà alla redazione di schede di facile lettura strutturate secondo criteri preconcordati.
- Entro 3 mesi dalla stipula comunicazione al Comune di Lecco circa il censimento delle opere di mitigazione presenti lungo il torrente con redazione di schede analoghe a quelle del punto precedente. Seguirà un'analisi dei vincoli e tutele attorno al torrente Caldone al fine di avere una fotografia a 360° della situazione in cui attualmente si trova il torrente in esame e l'area sottesa.
- Entro 4 mesi dalla stipula comunicazione al Comune di Lecco circa le possibili evoluzioni morfologiche dell'area in concomitanza di eventi meteo critici con modellazione numeriche in cui verranno generati scenari di rischio quantitativi utili per la pianificazione, previsione e prevenzione del rischio.
- Entro 5 mesi dalla stipula comunicazione al Comune di Lecco circa i risultati dello studio del trasporto solido effettuato e indagine geofisica all'interno del tratto tombinato del Torrente utilizzando la tecnica del GPR per il rilievo di zone ammalorate. Verrà presentato infine al Comune un report scientifico dove verranno tracciate gli elementi delle linee guida per lo studio di un torrente montano che attraversa un'area urbanizzata.

I Responsabili Scientifici della ricerca sono la Prof.ssa Monica Papini e la Prof.ssa Laura Longoni che controfirmano per accettazione il presente atto.

## **Art. 2. Durata.**

Il presente accordo avrà effetto dalla data di sottoscrizione dello stesso e durata fino a maggio 2016, con possibilità di proroga su richiesta motivata di entrambe i soggetti.

Il Comune di Lecco erogherà al Politecnico un contributo di complessivi Euro 80.000 (ai sensi dell'art. 2 comma 3 del DPR 633/72), secondo le modalità previste di seguito.

## **Art. 3. Modalità di pagamento.**

Il Comune di Lecco erogherà l'importo di Euro 80.000, con le seguenti modalità:

- Euro 48.000, pari al 60 % dell'importo totale, a titolo di anticipazione entro trenta giorni dalla sottoscrizione del presente accordo;
- Euro 32.000, pari al 40% a saldo, al termine dell'attività e comunque non oltre il 30/11/2006;

Il Politecnico predisporrà periodicamente lo stato di avanzamento delle attività corredato dalla necessaria documentazione oggetto del presente atto come ai punti precedenti (cfr. Art.1).

## **Art. 4. Pubblicazioni**

Il Politecnico, così come il Comune di Lecco, potrà liberamente utilizzare i risultati ottenuti, allo scopo di ricavarne pubblicazioni di carattere scientifico.

Documenti forniti dal Comune, studi ed esiti riservati, possono essere utilizzati quali materiali per sviluppare tesi di laurea solo previa autorizzazione specifica e scritta da parte dello stesso Ente.

Nel caso di pubblicazione in ambito tecnico-scientifico dei risultati che non siano sottoposti a riservatezza/segretezza, il Politecnico si impegna a citare espressamente il Comune.

**Art. 5. Controversie.**

Per qualsiasi controversia che dovesse insorgere tra le parti in relazione all'interpretazione, all'esecuzione e/o alla validità del presente accordo, il Foro competente esclusivo è quello di Milano.

**Art. 6. Trattamento dei dati personali.**

Le Parti dichiarano reciprocamente di essere informate (e, per quanto di ragione, espressamente acconsentire) che i “dati personali” forniti, anche verbalmente per l’attività preaccorduale o comunque raccolti in conseguenza e nel corso dell’esecuzione del presente accordo, vengano trattati esclusivamente per le finalità dell’accordo, mediante consultazione, elaborazione, interconnessione, raffronto con altri dati e/o ogni ulteriore elaborazione manuale e/o automatizzata e inoltre, per fini statistici, con esclusivo trattamento dei dati in forma anonima, mediante comunicazione a soggetti pubblici, quando ne facciano richiesta per il perseguimento dei propri fini istituzionali, nonchè a soggetti privati, quando lo scopo della richiesta sia compatibile con i fini istituzionali dell’Ateneo, consapevoli che il mancato conferimento può comportare la mancata o la parziale esecuzione del contratto.

Titolari per quanto concerne il presente articolo sono le Parti come sopra individuate, denominate e domiciliate. Le Parti dichiarano infine di essere informate sui diritti sanciti dall’art. 7 del D.Lgs. 30/6/2003 n. 196.

Lecco, .....

**Politecnico di Milano – Polo territoriale di Lecco**

**Comune di Lecco**

Il Prorettore Delegato di Polo

Il dirigente

*Prof. Marco Bocciolone*

.....

.....

Il Responsabile Gestionale  
(*dott.ssa Manuela Ghielmetti*)

.....

Il Responsabile Scientifico

.....