

“STIMATISSIMO SIGNOR INGEGNERE...”
DA UNA LETTERA DEL 1867 DI PIETRO PALEOPACA
Prolusione ai corsi del prof. Enrico Marchi, Ordinario di Idraulica, Facoltà di Ingegneria

Esaminando vecchi e preziosi incartamenti di famiglia, l'amico professore Sergio Marsich ha trovato una lettera inviata al suo bisnonno, in data 27 agosto 1867, da Pietro Paleocapa, in risposta ad alcuni quesiti su possibili interramenti della laguna di Venezia. Questo scritto inedito, dettato da un ottantenne che stava diventando cieco, ma che era sorretto da una visione chiarissima dei compiti e dei doveri dell'ingegnere, mi ha suggerito qualche riflessione sulla professione, sull'insegnamento e sulla ricerca di ingegneria.

Pietro Paleocapa¹, nato nel 1788, aveva seguito studi di legge e di matematica all'Università di Padova e aveva poi frequentato l'Accademia Militare di Modena, proseguendo la carriera nel corpo del Genio durante il periodo napoleonico del regno italico. Dopo il 1808 si era stabilito a Venezia, dove svolse numerosi incarichi tecnici fino a raggiungere il grado di Direttore Generale delle pubbliche costruzioni. Ingegnere di grande fama e di indiscussa autorità, progettò lavori ferroviari in Boemia, sistemazioni idrauliche del Danubio a Vienna e del Tibisco in Ungheria, promosse la regolazione del Brenta, del Bacchiglione e dell'Adige; esperto conoscitore della laguna di Venezia progettò, tra l'altro, nel 1840 la prima diga di protezione dell'imboccatura di Malamocco. Autore di scritti interessanti² soprattutto di carattere tecnico-scientifico, fu anche uomo politico e patriota. Membro del governo provvisorio di Daniele Manin a Venezia nel 1848, fu poi esule in Piemonte. Eletto deputato, divenne ministro dei lavori pubblici nel ministero Casati e, successivamente, nei governi D'Azeglio e Cavour, con i quali promosse grandi lavori per il miglioramento delle vie di comunicazione, particolarmente di quelle ferroviarie. A causa di una progressiva cecità dovette abbandonare l'incarico nel 1857, ma rimase ministro senza portafoglio fino al 1859, quando si ritirò amareggiato per la fine della seconda guerra di indipendenza senza la liberazione di Venezia. Otto anni dopo, proprio da Venezia, dettò la lettera di risposta allo “stimatissimo Signor Ingegnere”.

¹ Per la biografia di P. Paleocapa cfr.:

CESSI, R., Studi sul Risorgimento veneto, Padova 1965.

COLABICH, G., Biografia di Pietro Paleocapa, Rassegna Nazionale, Anno V, Vol. XVII, 1884.

COLABICH, G., P. Paleocapa uomo di Stato ed economista, Padova 1924.

DI PRIMA, G., L'opera politica e tecnica di Pietro Paleocapa, Milano 1940.

TURAZZA, D., Commemorazione di Pietro Paleocapa, Atti dell'Istituto Veneto di S.L.A., s. III, t. 14, 1869.

² Per le indicazioni bibliografiche cfr.:

Elenco generale degli scritti editi ed inediti dell'illustre Pietro Paleocapa, Senatore del Regno, a cura di L. TORELLI, Venezia 1871.

Contributi su Pietro Paleocapa, 1788-1869, Archivio di Stato di Venezia, mostra documentaria a cura di M.F. TIEPOLO, Venezia 1988.

L'inizio della lettera è folgorante e rivela subito il carattere dell'uomo che la stava dettando e la fermezza delle sue convinzioni di strenuo difensore della "funzione" della laguna di Venezia quale polmone vitale della città con i suoi flussi e riflussi mareali:

"..., e ciò perché Ella dice "essere invalsa la massima che ogniqualevolta si dia o si voglia proporre una qualsiasi moltiplicazione alla laguna di Venezia si espone subito in verba Paleocapa che non si può assolutamente per nessuna ragione toccare la laguna di Venezia". Ora, siccome io non voglio essere responsabile delle stoltezze che ad altri piaccia attribuirmi così dovrei farle osservare che se, invece di dar peso a ciò che mi si fa dire, Ella avesse badato a ciò che ho chiaramente espresso in parecchie occasioni ed anche recentemente, avrebbe saputo quale sia nell'argomento di cui si tratta la mia opinione, e si sarebbe dispensato di ricorrere a me affinché gliela facessi esattamente conoscere."

A questo punto viene spontanea una domanda: chi erano gli ingegneri di quell'epoca? Credo che per comprenderlo meglio occorra risalire al secolo precedente, al '700, quando i Matematici, i cultori del sapere scientifico del tempo, venivano chiamati ad offrire la loro opera, potremmo dire la loro "consulenza", alla ricerca delle soluzioni di rilevanti problemi tecnici, soprattutto idraulici. Ricordo due casi emblematici: quello di Iacopo Francesco Riccati (1676-1754), che lasciò il suo nome legato ad una famosa equazione differenziale³ ma che, su richiesta del Senato Veneto, progettò anche diverse regolazioni di fiumi e di canali, e quello di Bernardino Zendrini (1679-1747), Matematico della Serenissima⁴, che deve invece la sua fama ad un'opera di ingegneria, il disegno dei "murazzi", l'imponente difesa marittima del litorale della laguna realizzata dalla Repubblica di Venezia pochi decenni prima della sua caduta: affinché fossero "conservati in perpetuo i sacri estuari della città e le sedi della libertà" (come si legge nella lapide infissa nel 1751 sul muro di Pellestrina all'inaugurazione del primo tronco dell'opera).

L'insegnamento ingegneristico ha ricevuto una configurazione autonoma per la prima volta in Francia verso la metà del '700, con la fondazione dell'École des Ponts et Chaussées e dell'École des Ingenieurs del Mezières. Ma è soprattutto sotto la spinta delle nuove idee portate dalla Rivoluzione Francese che nasce l'École Polytechnique, con la guida del matematico Lazare Nicolas Carnot⁵ e con l'impulso datole particolarmente da Gaspard Monge⁶, l'inventore della geometria descrittiva.

Come osserva Giancarlo Calcagno⁷, il modello della scuola d'ingegneria francese si differenzia profondamente da quello quasi contemporaneo inglese. Mentre quest'ultimo deriva da una tradizione privatistica, individualistica, con una decisa autonomia del settore civile e con un forte predominio del sapere pratico-empirico, la scuola francese appare caratterizzata da un centralismo statale, con un'organizzazione collettiva che risente dell'origine militare e con una forte accentuazione del sapere teorico-scientifico. La struttura dell'insegnamento della scuola francese, basata su un biennio fisico-matematico di preparazione seguito da differenti "scuole di applicazione", è in sostanza il modello vigente anche in Italia. Qui, tuttavia, il primo inquadramento delle Scuole di Ingegneria a livello universitario si trova solo nella legge Casati, che è del 13 novembre 1859 e che unificò l'insegnamento nelle Università un anno prima della realizzazione dell'unità d'Italia. L'art. 53 della legge recita:

"Alla Facoltà di Scienze Fisiche e Matematiche dell'Università di Torino sarà annessa una Scuola d'applicazione in surrogazione dell'attuale Regio Istituto Tecnico, in cui si daranno i seguenti insegnamenti: 1. Meccanica applicata alle macchine ed Idraulica pratica; 2. Macchine a vapore e ferrovie; 3. Costruzioni civili, idrauliche e stradali; 4. Geodesia pratica; 5. Disegno di Macchine; 6. Architettura; 7. Mineralogia e chimica docimastica; 8. Agraria ed Economia rurale." Poi, nel titolo IV che disciplina l'istruzione tecnica, si conferma l'istituzione della Scuola di applicazione per gli Ingegneri a Torino e si stabilisce, nell'art.

³ RICCATI, I. F., *Opere* in quattro volumi, Lucca 1761-65.

⁴ ZENDRINI, B., *Memorie storiche dello stato antico e moderno della Laguna di Venezia*, pubblicate postume nel 1811.

⁵ CARNOT, H. (figlio), *Memoires sur Carnot*, Parigi 1861-64.

⁶ MONGE, G., *Leçon de géométrie descriptive*, Parigi 1794.

⁷ CALCAGNO, G.C., *La figura dell'ingegnere tra sette e ottocento*, Atti del Convegno "Ingegneria e politica nell'Italia dell'ottocento: Pietro Paleocapa", Istituto Veneto di S.L.A, Venezia 1988, p. 463-476.

310, che: *“In Milano a spese dello Stato verrà eretto un Regio Istituto Tecnico superiore cui sarà unita una Scuola d'applicazione per gli Ingegneri civili la cui indole e composizione sarà determinata con apposito R. Decreto.”*

Verso la fine dell'800 il progresso tecnico e scientifico diventa sempre più rapido insieme con l'espandersi della rivoluzione industriale. Così sorgono numerose le Scuole di Ingegneria e in esse l'insegnamento tende a differenziarsi per consentire varie specializzazioni, pur essendo forzato a conservare una preparazione comune di fondamento.

A Genova, nel 1871, viene fondata la Regia Scuola Superiore Navale ad opera della Provincia, del Comune, della Camera di Commercio e con il concorso dello Stato. L'obiettivo è specificatamente quello di preparare gli *“ingegneri delle costruzioni navali e delle macchine a vapore per servizio della marineria mercantile e del commercio.”*

Da notare che, mentre tutti gli indirizzi degli studi di ingegneria hanno continuato a crescere e a suddividersi in ulteriori specializzazioni - dalla meccanica all'aeronautica, dalla chimica alla bioingegneria, dall'elettronica all'informatica, dall'ingegneria civile a quella per l'ambiente e il territorio - un settore, quello dell'ingegneria agricola, che pure esisteva nei primi ordinamenti, è scomparso.

Nella prima metà del '900 lo sviluppo della matematica applicata, della fisica e della chimica, il progresso delle tecnologie e l'avvento dei nuovi materiali portano ad una enorme diffusione delle opere e dei prodotti ingegneristici. Interventi sempre più massicci si realizzano anche nel campo più tradizionale dell'ingegneria, quello dell'ingegneria civile-idraulica al quale sono naturalmente più vicino. Grandi opere di imbrigliamento e di canalizzazione dei corsi d'acqua, bacini artificiali per la produzione di energia elettrica, dighe marittime a protezione dei bacini portuali si progettano e si costruiscono con un'assoluta fiducia nella tecnica e nelle sue capacità di dominare gli eventi naturali e di realizzare qualunque condizione desiderata. Una presuntuosa valutazione dell'opera del progettista, sulla quale vale la pena di ritornare alla lettera di Paleocapa:

“... condizioni che si pensa abbiano a modificarsi ad un tratto e propriamente in quei modi che si attagliano ai concetti dei progettisti; i quali persistono nel divisamento di attuare immediatamente i loro piani perché confidano che lo sviluppo dell'industria, l'aumento della popolazione, la prosperità del paese, l'agiatezza degli abitanti dei vari quartieri, tutto abbia a venire come conseguenza di codesti loro piani, anziché siano i piani stessi che deggiono estendersi e maturarsi acconciandoli alle suddette migliorate condizioni del paese mano a mano che lo sviluppo di queste lo esige.”

Come ho detto, quando dettava questa lettera Paleocapa era quasi ottantenne e, infatti, lui stesso aggiunge nelle conclusioni:

“So che questi miei consigli saranno giudicati da molti come il portato di una mente affievolita dall'età o forse peggio traviata da grette idee che mi facciano avverso al progresso; per incitare al quale si crede che giovi grandemente l'ingolfarsi in imprese di cui poco importa pesare maturamente il grado di utilità...”

Paleocapa a quell'epoca era già stato, oltre che ministro, il primo presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, era senatore da oltre dieci anni, e aveva sicuramente seguito i disastrosi avvenimenti della guerra del 1866. La fiducia negli uomini - tecnici o politici - non era tale da lasciarlo morire tranquillo!

Dagli anni '50 di questo secolo una serie di eventi disastrosi si è abbattuta sul nostro paese: dalla rotta del Po del 1951, con l'inondazione del Polesine, allo sfondamento e alla caduta di un tronco della diga foranea del porto di Genova nel 1955, dalla tragedia del Vajont del 1963 alle inondazioni di Venezia e di Firenze nel 1966 fino all'allagamento di vaste aree di Genova nel 1970. Sono eventi che non si verificavano da secoli e che hanno scosso la fiducia incondizionata di cui parlavo prima.

La seconda metà del nostro secolo si sta concludendo con i suggestivi e stimolanti risultati dovuti alla rivoluzione informatica. L'avvento dei calcolatori, consentendo straordinarie

modellazioni numeriche delle leggi che governano i fenomeni fisici, ha portato un profondo cambiamento nei modi della progettazione di tutti i settori dell'ingegneria. Nell'ingegneria idraulica e ambientale i mutamenti, tuttavia, non sono stati solo quelli dei mezzi di calcolo e di comunicazione: l'autentica "crisi" provocata dai disastrosi insuccessi che ho ricordato prima ha portato ad una revisione dei criteri stessi di intervento ed ha suscitato negli ingegneri una coscienza più critica nei confronti della loro opera; si potrebbe dire, una maggiore umiltà. La difesa del territorio e la protezione civile non si fondano più soltanto sull'azione di salvaguardia esercitata dagli interventi strutturali, di cui si valuta oggi realisticamente il grado di rischio; l'attuale strategia difensiva impone di perseguire anche altre vie, non sempre strutturali.

Il primo passo da fare è quello di utilizzare il miglioramento di affidabilità delle previsioni meteorologiche, miglioramento che deriva dalla recente capacità di risolvere le equazioni della dinamica della troposfera. Occorre quindi, da una parte, adattare gli strumenti idrologici al funzionamento in tempo reale usando come variabili di ingresso non soltanto le tradizionali osservazioni al suolo, ma anche le previsioni meteorologiche, e dall'altra distribuire sul territorio, o potenziare dove già esistono, reti di monitoraggio che consentano di ottenere dati affidabili sullo stato del suolo e sugli eventi idrogeologici. La conoscenza degli stati atmosferici e dei loro effetti al suolo deve avvalersi anche delle nuove informazioni offerte dalle immagini da satellite e da radar meteo.

La difesa del territorio non può ovviamente ridursi alla sola attività di protezione civile: tuttavia, la mappatura delle aree vulnerabili e il miglioramento della capacità predittiva possono stimolare un efficace intervento sia nel ridisegno delle aree urbane a rischio sia nella scelta delle opere di difesa che meglio utilizzino le limitate risorse disponibili⁸.

L'altro passo, nel campo dell'ingegneria idraulica, consiste nel passare dalla attuale ampia conoscenza teorica e sperimentale dell'idrodinamica a fondo fisso - correnti e onde entro contorni inamovibili - alla rappresentazione dei moti su fondi mobili, accoppiando la meccanica dei sedimenti a quella delle correnti e dei moti ondosi che li trasportano e facendo ricorso anche alle interpretazioni probabilistiche dei processi⁹. Si tratta di studiare le configurazioni spaziali e temporali che derivano dalla mobilità del fondo e che conducono alla formazione e alla evoluzione di dune, di barre, di meandri, ai movimenti del litorale, etc. e alla realizzazione di possibili stati di equilibrio¹⁰.

Si pensi, per fare un esempio vicino a noi, alla situazione ligure dove i corsi d'acqua hanno percorsi brevi dalla sorgente al mare. Le piene più frequenti modellano il fondo dell'asta terminale in modo da imporgli una pendenza vicina a quella che viene definita "critica" e che si può intendere come la pendenza che consente alle portate più frequenti di defluire con la minima energia specifica. In questi alvei le correnti sono di tipo "fluviale" nelle condizioni di magra e "torrentizie" nelle condizioni di piena. Durante il deflusso in queste ultime condizioni bastano modeste ostruzioni dell'alveo, un piccolo restringimento come quello prodotto dalla presenza di una pila o dalle spalle di un ponte, o di una copertura, per provocare a monte la trasformazione della corrente da torrentizia a fluviale con la formazione di un marcato rialzo della superficie libera (di ordine di grandezza paragonabile alla profondità della corrente). Sono le situazioni più temibili per l'esondazione del corso d'acqua ed esse sono state studiate e sono ben conosciute nel caso di fondo fisso, cioè di fondo piano plateato per proteggere, come si usa normalmente, le fondazioni delle strutture in alveo.

⁸ SICCARDI, F., *Rainstorm Hazards and Related Disasters in the North Western Mediterranean Region*, Remote Sensing Reviews, 14, 1996.

⁹ SCARSI, G., REBAUDENGO LANDO', L., *Directional Random wave Kinematics: Third Order of Approximation*, Proc. Fifth Int. Offshore and Polar Engineering Conference, The Hague, The Netherlands, Giugno 1995.

¹⁰ SEMINARA, G., *Invitation to river morphodynamics*, Inv. Lect. at "Int. Conference on nonlinear dynamics and pattern formation in natural environment (ICPF '94)", Noordwijkerhout, NL, Luglio 1994.

Ebbene, se invece il deflusso avviene in presenza di un fondo mobile, si osserva che la stessa forma di erosione del fondo prodotta dalla corrente tende in gran parte a compensare l'effetto del restringimento laterale, così che la superficie libera finisce con il mantenere un assetto quasi inalterato anche passando attraverso l'ostruzione. La forza erosiva della corrente - che di norma è considerata un pericolo - può esercitare, al contrario, un effetto benefico dal punto di vista idraulico. La sicurezza delle strutture, d'altra parte, può essere assicurata, senza rivestire l'alveo, radicando le fondazioni molto in profondità, come oggi è possibile fare con le pile circolari, oppure ricorrendo ancora a plateazioni, se è necessario, ma imponendo opportune sagomature e abbassamenti del fondo in corrispondenza del restringimento.

Questo è solo un esempio molto semplice per comprendere come, prendendo in considerazione anche il trasporto solido e i movimenti del fondo, si stiano affermando nuovi criteri per guidare gli interventi di ingegneria fluviale; e altrettanto può dirsi nei confronti di quelli di ingegneria costiera. Il fiume torna ad essere considerato un elemento costitutivo fondamentale del territorio, un bene da proteggere e non solo un pericolo da cui difendersi. Al tradizionale rialzo di argini o di sponde artificiali, a quegli interventi locali di difesa che spesso comportano ricadute negative, perché incrementano i valori delle piene alla foce, si cerca di sostituire soluzioni alternative (sia pure con l'estrema lentezza con cui si passa oggi dalla fase progettuale a quella operativa): canali scolmatori o deviatori, serbatoi di raccolta delle acque ad uso multiplo, sistemazioni dei versanti, utilizzazione più razionale delle aree golenali, casse o bacini di espansione. Sono opere la cui progettazione si basa sulla conoscenza della morfodinamica fluviale, e sono il frutto di studi ai quali contribuiscono gli specialisti di geomorfologia, di sedimentologia, di idrologia tecnica, di meccanica dei fluidi, ma che richiedono una sintesi ingegneristica¹¹.

I problemi territoriali e ambientali, che derivano da situazioni fortemente compromesse o si riferiscono a sistemi spesso artificialmente modificati, possono essere affrontati anche modificando l'obiettivo dell'intervento: da quello della difesa passiva dagli eventi eccezionali a quello del controllo della loro azione. Si pensi, per esempio, alla situazione di Venezia, soggetta ad alternanze di maree che ordinariamente assicurano il rinnovo delle acque nei canali interni con i loro flussi e reflussi semidiurni; d'altra parte, la città può essere sommersa, parzialmente o totalmente, come accadde nel 1966, da alte maree eccezionali dovute alla concomitanza di fattori astronomici e meteorici. Un progetto di salvaguardia prevede l'installazione alle bocche della laguna non di opere di restringimento fisse, che modificherebbero i normali ritmi mareali peggiorando la qualità delle acque, ma di sbarramenti mobili, incernierati sul fondo e sollevabili utilizzando la spinta di galleggiamento, capaci di "controllare" il flusso delle "acque alte" interrompendolo solo quando il loro livello sta per superare quello massimo ritenuto accettabile¹².

Sono scelte di grande responsabilità, perché esigono l'impiego di tecnologie sofisticate i cui risultati sono tanto più affidabili quanto più accurata è la conoscenza teorica e la verifica sperimentale dei fenomeni in esame. Per raggiungere questi risultati una società avanzata pretende un sempre maggiore impegno creativo. Per questo la ricerca scientifica è diventata un'attività di primaria importanza nel mondo produttivo e richiede un concorso di addetti sempre più largo.

L'Università - e la Facoltà di Ingegneria in particolare - per conservare il primato scientifico che certamente le è riconosciuto deve investire soprattutto nella ricerca potenziando massicciamente il ruolo dei "ricercatori". L'autonomia universitaria può consentire, con una scelta oculata degli obiettivi, di aumentare fortemente il numero dei ricercatori, sia attraverso i nuovi contratti di ricerca sia attraverso l'incremento dei posti di ruolo. Ed occorre che gli studiosi, i ricercatori, trovino

¹¹ PARKER, G., *Interaction between Basic Research and Applied Engineering: A Personal Perspective*, J. of Hydraulic Research, V. 34, No. 3, 1996.

¹² MARCHI, E., *Coastal Engineering in Venice*, Gen. Lect. at "23rd Int. Conference on Coastal Engineering", Venezia, Ottobre 1992.

nell'Università non soltanto spazi per il loro lavoro ma anche il sostegno di prospettive più ampie, non vincolate sempre e necessariamente alla carriera didattica.

Pietro Paleocapa chiudeva la sua lettera dicendo:

“... e quantunque io sia sempre avverso a polemiche che non tornano a nessun giovamento, perché d'ordinario ognuno resta nella propria opinione, tuttavia tengo in gran conto e credo meritevoli di incoraggiamento quei valentuomini che dedicano i loro studi al bene del loro paese”.

Sono parole di un'altra epoca, che suonano un po' fra il retorico e il romantico! Ma penso di essere capito se a queste parole attribuisco ancora un significato che vorrei saper trasmettere ai giovani.