Venezia altimetria

a cura di Leonardo Boato, Paolo Canestrelli, Luisa Facchin e Rudj Todaro

aggiornamento 2009

Da secoli la città di Venezia lotta contro il problema delle acque alte. In questo contesto è di fondamentale importanza conoscere adeguatamente il territorio per garantire la gestione e la fruibilità della città e delle sue infrastrutture.

Il Comune di Venezia ha da decenni a sua disposizione gli strumenti per conoscere l'andamento planoaltimetrico della pavimentazione, indispensabili in occasione delle alte maree, sia per garantire la transitabilità pedonale, sia per prevedere i danni derivanti dagli allagamenti.

Il modello delle pavimentazioni oggi utilizzato si basa su una banca dati continuamente aggiornata grazie ai rilievi eseguiti per elaborare i progetti integrati di manutenzione della città, un insieme di informazioni composite ed eterogenee per densità, precisione e affidabilità.

Nei prossimi mesi, grazie all'elaborazione dei rilievi topografici eseguiti durante il progetto Ramses di Insula, si avrà a disposizione un nuovo modello tridimensionale ancora più preciso, che consentirà di migliorare la conoscenza della transitabilità pedonale in funzione del livello di marea, della lunghezza dei percorsi dove è necessario predisporre le passerelle, della quota di esondazione delle soglie private.

Il nuovo modello è discretizzato a 1 cm: per una città che vive a pelo d'acqua, quel centimetro rappresenta la differenza tra rimanere bloccati a casa o riuscire a raggiungere il proprio posto di lavoro.

Comune di Venezia
Istituzione centro previsioni e segnalazioni maree
in collaborazione con **Insula** spa

Venezia altimetria

a cura di Leonardo Boato, Paolo Canestrelli, Luisa Facchin e Rudj Todaro

aggiornamento 2009

Comune di Venezia
Istituzione centro previsioni e segnalazioni maree
in collaborazione con Insula spa

Cenni storici

Uno dei fenomeni ambientali che hanno sempre accompagnato la storia di Venezia è la cosiddetta "acqua alta". Sin dai tempi della sua nascita infatti Venezia si è trovata a dover affrontare il problema di livelli estremi del mare; esempi di avvenimenti di acqua alta sono riportati in documenti storici sin dal VI secolo.

Le osservazioni sistematiche del livello marino cominciarono nel 1871, quando venne posizionata la prima stazione mareografica in campo Santo Stefano. Prima di quella data, molti documenti riportavano notizie di eventi di acqua alta, ma non esisteva una registrazione sistematica degli estremali del livello marino. Nel 1906 venne messo in funzione un altro mareografo a Punta della Salute sul lato del Canal Grande, che venne successivamente spostato sul lato del canale della Giudecca, nel 1923. Questa stazione registra gli estremali del livello marino ininterrottamente dal 1906, eccettuati brevi periodi in cui si verificarono guasti alla strumentazione, ed è stata convenzionalmente adottata come riferimento locale per la città di Venezia e l'intera laguna.

Una delle caratteristiche di questa lunga serie di osservazioni è rappresentata dal livello altimetrico di riferimento, lo zero mareografico di Punta della Salute (ZMPS) del 1897. Quando il primo mareografo divenne operativo, lo zero fu fissato a 1,50 m sotto il livello del Comune Marino calcolato per l'anno 1825 con il solo scopo di non dover trattare valori numerici negativi. Il Comune Marino è definito come la media delle alte maree. Dopo il 1909, il caposaldo venne posto a 1,50 m sotto il livello medio del mare dell'anno 1897. Tale livello fu calcolato come la media degli estremali nel periodo 1884-1909, e risultò essere 22,5 cm più basso del riferimento usato precedentemente. Le altezze riferite a questo caposaldo danno una misura della effettiva sommersione della città di Venezia, che attualmente risulta di circa 26 cm rispetto al 1897 (28 cm rispetto al 1872).

Tale riferimento posto uguale a zero (ZMPS) è considerato solidale alla città ed è tuttora utilizzato per definire il livello di marea a Venezia.

Il concetto di acqua alta

Il fenomeno dell'alta marea a Venezia è noto sia agli abitanti, che vivono nel timore di una nuova possibile tragedia come quella del 4 novembre 1966 (l'acqua raggiunse il livello di +194 cm sullo ZMPS), sia ai visitatori abituali e occasionali che scorgono in essa un ulteriore motivo per ammirare la città in una atmosfera inconsueta.
Venezia è situata pressoché al centro della Laguna di Venezia. La laguna comunica con il mare Adriatico attraverso tre bocche di porto: Lido, Malamocco e Chioggia. L'onda di marea si propaga dall'Adriatico alla Laguna attraverso tali bocche e raggiunge la città di Venezia.
La marea che supera a Venezia la soglia di attenzione di +80 cm sopra lo ZMPS viene comunemente indicata come "acqua alta": a questa quota sorgono i primi problemi di trasporto e di viabilità pedonale nei punti più bassi della città (piazza San Marco).
Al fenomeno acqua alta contribuiscono subsidenza ed eustatismo. La subsidenza, cioè lo sprofondamento del suolo per cause naturali e antropiche, è dovuta principalmente all'emungimento delle falde acquifere che in passato è stato cospicuo, specie nella zona industriale di Marghera.
La valutazione complessiva porta a una perdita altimetrica media della città di Venezia nei confronti del livello medio del mare di circa 28 cm negli ultimi 137 anni. L'eustatismo, cioè l'innalzamento o l'abbassamento del livello del mare, è invece un fenomeno globale che ha diversi fattori di condizionamento tra i quali lo scioglimento dei ghiacci.
Dal 1872 fino a circa il 1950, si è avuto un andamento pressoché stazionario delle alte maree ≥ +110 cm sullo ZMPS, mentre negli ultimi decenni la frequenza è molto aumentata, fino a raggiungere i 44 eventi negli anni 1990-99. Lo stesso comportamento si osserva per gli eventi ≥ +120 cm sullo ZMPS, che sono arrivati, nell'ultimo decennio, a una frequenza di 14 eventi. Al contrario, le basse maree, inferiori a -50 cm sono sensibilmente diminuite nel corso dell'ultimo secolo, arrivando a verificarsi meno di 20 volte all'anno.

Valutazione degli effetti della subsidenza e dell'eustatismo.

1872 - 1900	+2 cm
1901 - 2000 *(cause naturali eustatismo +9 cm,* *cause antropiche subsidenza +13 cm;* *subsidenza +3 cm; recupero elastico -2 cm)*	+23 cm
2001 - 2007	+3 cm
totale 1872 - 2008	**+28 cm**

variazione del livello medio del mare a Venezia dal 1872 al 2008

distribuzione annuale delle alte maree ≥ +110 cm registrate a Venezia dal 1872 al 2008

Fenomenologia

La marea osservata a Venezia può essere pensata come la somma di due componenti: la marea astronomica correlata al moto dei corpi celesti, principalmente luna e sole (calcolabile con discreta precisione e con anticipo anche di molti anni) e il contributo meteorologico dovuto allo stato dell'atmosfera.
In condizioni normali il contributo meteorologico è piccolo e il livello che si osserva coincide approssimativamente con la marea astronomica, cioè un'oscillazione armonica di periodo prevalentemente semidiurno; da qui deriva l'adagio veneziano: *la marea sie ore crese e sie ore cala*.
Una sorta di respiro, che risale l'Adriatico lungo la costa orientale, entra in laguna attraverso le bocche portuali, esce dalle medesime operando la pulizia della laguna e discende l'Adriatico lungo la costa occidentale. In caso di condizioni meteorologiche sfavorevoli, tipicamente bassa pressione e forti venti di scirocco, il contributo meteorologico diventa importante e, se si verifica in fase con la marea astronomica, esso produce il fenomeno dell'acqua alta. È come se durante l'armonico respiro del mare intervenisse un burrascoso e forte colpo di tosse.
Il contributo meteorologico può essere anche negativo, a seguito di un'alta pressione, e determinare così notevoli basse maree.

Una marea è considerata normale quando rimane al di sotto di +80 cm. Una marea viene definita "sostenuta" quando rimane compresa fra +80 cm e +109 cm. Il livello di +80 cm viene raggiunto mediamente 54 volte all'anno e allaga solo lo 0,1 % dei percorsi pubblici. Tra questi vi è piazza San Marco che si trova a una quota molto bassa, in alcuni punti appena +70 cm (punto più basso di Venezia: +63 cm davanti all'ingresso della Basilica).

Un tempo veniva definita “alta marea eccezionale” la marea che raggiungeva o superava il valore di +110 cm rilevato a Punta della Salute. L’aggettivo “eccezionale”, adeguato in passato, oggi non lo è più dal momento che si verifica in media quasi 4 volte l’anno e allaga, secondo il presente studio, il 14% dei percorsi pubblici. Un’alta marea è definita oggi “eccezionale” quando supera o raggiunge i +140 cm e allaga il 55% dei percorsi pubblici.
La percorribilità pedonale è garantita mediante 4 km di passerelle, che l’amministrazione comunale posa nei punti più depressi della viabilità principale.

A Venezia (e solo a Venezia) viene preso come riferimento il livello del medio mare misurato nel 1897. Ciò al fine di poter seguire l’andamento delle rive e degli edifici in rapporto alla marea sempre rispetto allo stesso riferimento, noto come zero mareografico di Punta della Salute (ZMPS), dove si trova una stazione di rilevamento. Nel resto del territorio nazionale si usa il livello del medio mare (IGM) riferito a quello di Genova del 1942, risultato circa +23 cm più alto a seguito di una rilevazione del 1968.

L'Istituzione centro previsioni e segnalazioni maree

All'inizio degli anni settanta, il Comune di Venezia istituì il primo servizio di osservazione delle maree, per segnalare, con una sirena posta sul campanile di San Marco, l'avvicinarsi di gravi eventi. Dopo l'inondazione del 1979 fu istituito un nuovo servizio, il Centro previsioni e segnalazioni maree, con il compito di garantire alla cittadinanza la massima informazione sulla marea e un efficace e tempestivo servizio di allarme in caso di acqua alta eccezionale. Per assolvere tali compiti il Centro si è progressivamente arricchito di sistemi sempre più perfezionati, raggiungendo un notevole livello di prestazione nel monitoraggio, nella previsione e nell'informazione alla città. Durante il 2003 con deliberazione CC n. 154 del 13 ottobre è stata costituita l'Istituzione centro previsioni e segnalazioni maree, attribuendo quindi al servizio una maggior autonomia economica e decisionale. L'Istituzione è stata quindi arricchita in personale e in risorse economiche, rendendo possibile un rinnovamento tecnologico e un salto di qualità nell'affidabilità delle previsioni del livello di marea. Per l'acquisizione dei dati vengono utilizzati: una rete telemareografica formata da una stazione centrale e 14 stazioni periferiche per la misura del livello del mare e di alcuni parametri meteorologici; le stazioni sono collocate nel centro storico, all'interno della laguna, alle tre bocche di porto e alla piattaforma CNR, in mare aperto; inoltre sono attivi sistemi per la ricezione di dati meteorologici forniti dal Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare, carte di analisi e previsione generate da modelli di circolazione atmosferica e immagini del satellite Meteosat. Per la previsione del livello di marea in città sono operativi numerosi modelli numerici, sia di tipo statistico, calibrati attraverso estese serie storiche di dati osservati, sia di tipo deterministico idrodinamico, capaci di simulare il comportamento delle masse d'acqua nell'intero mare Adriatico oppure nel Mediterraneo. La previsione dei modelli numerici viene sempre interpretata dai tecnici di sala operativa, che la confrontano con i numerosi dati osservati e, attraverso l'esperienza maturata negli anni di servizio, formulano la previsione ufficiale di livello estesa ad almeno 72 ore.

Per l'informazione e la segnalazione degli eventi di marea l'Istituzione si avvale di sistemi in gran parte automatizzati: una segreteria telefonica automatica (24 ore) con 120 linee (capacità di circa 10 mila utenti/ora); un servizio sms gratuito attivo nelle 24 ore, con campagne di informazione ogni qualvolta si prevede il superamento in città di +110 cm (circa 22 mila utenti iscritti); un servizio di segnalazione in centro storico attraverso 15 diffusori acustici (con possibilità di messaggio vocale) e otto sirene elettromeccaniche nelle isole e litorale.

Impatto sulle attività umane delle acque alte

L'impatto delle alte maree sulla città è molto legato alla distribuzione temporale del fenomeno. La frequenza massima degli eventi si osserva a novembre, seguito da dicembre e ottobre: in questi tre mesi si concentra circa il 75% degli eventi. Nei rimanenti mesi la frequenza è molto bassa e nessun evento si è registrato nei mesi di luglio e agosto.

Il mese di giugno che, da quando si osservano regolarmente le maree, non aveva mai presentato fenomeni di acqua alta, ha visto nel 2002 il verificarsi di un evento particolarmente importante (6 giugno, +121 cm).

La distribuzione oraria delle alte maree mette in evidenza come gli eventi di acqua alta siano molto più frequenti durante la mattinata, mentre nessun evento si è mai verificato nel primo pomeriggio.

La causa di ciò è il concentrarsi dei massimi giornalieri di marea astronomica nella mattinata durante i mesi autunnali, nei quali è più probabile il verificarsi di un elevato contributo meteorologico.

Le alte maree esercitano il loro impatto su una molteplicità di attività e di settori e di norma l'influenza è tanto più grave quanto più alto è il livello raggiunto dalla marea.

La **viabilità pedonale** subisce limitazioni modeste per valori di marea inferiori a +100 cm, per l'esigua parte di territorio interessato. Da 110 cm in su il disagio raggiunge progressivamente livelli critici. I primi a soffrire sono gli uffici e i servizi aperti al pubblico, per lo più collocati in zone centrali, dove i livelli altimetrici sono modesti. Le limitazioni alla viabilità pedonale vengono in parte ridotte attraverso la posa di passerelle lungo i tratti stradali di quota meno elevata, per garantire l'accesso alle principali sedi pubbliche del centro storico e il raggiungimento dei terminal per l'uscita verso la terraferma, le isole e il litorale. Il servizio è inserito nel Piano di viabilità pedonale attivato dall'Istituzione centro previsioni e segnalazioni maree nel periodo 15 settembre-30 aprile. La gestione e la posa delle passerelle è affidata alla società Veritas spa. I percorsi attrezzati sono stati studiati e ottimizzati in modo da assicurare la viabilità pedonale fino a una quota di marea di +120 cm.

La **viabilità acquea** è condizionata nel centro storico poiché il rialzo di marea riduce progressivamente la luce tra ponti e superficie acquea, fino a interdire la navigazione nei canali interni con pregiudizio per la mobilità di mezzi privati e pubblici, con conseguenti ripercussioni economiche e di sicurezza. Per quest'ultimo aspetto può essere estremamente difficile gestire una emergenza che richieda l'intervento di mezzi acquei (vigili del fuoco, trasporto malati, pubblica sicurezza ecc.).

L'**attività portuale** non è in genere direttamente penalizzata, se non nei casi di grave inondazione con livelli di marea simili a quelli dei massimi storici, durante i quali le condizioni meteorologiche di vento e moto ondoso sono particolarmente severe per la sicurezza della navigazione in alcuni canali.

La **popolazione residente** più esposta è quella che abita a piano terra, anche se attualmente si contano poche centinaia di famiglie. I locali più a basso livello e irrecuperabili con le normali tecniche edilizie, sono stati spontaneamente declassati ad attività commerciali e/o a magazzini, mentre gli altri sono stati rialzati e portati a quote di sicurezza dalle inondazioni.

L'**attività economica** può essere penalizzata in forma diretta a causa dell'ubicazione degli esercizi. Oltre all'allagamento esistono danni indiretti. Si va dal mancato approvvigionamento delle merci per via acquea, all'aggravio di lavoro per salvaguardare la merce e per il ripristino dell'esercizio, alla mancata redditività per la chiusura o fermo per inagibilità, specie considerando che le alte maree si verificano prevalentemente nella fascia diurna.

Le **reti di distribuzione dei servizi**. Luce, acqua e gas sono in condizioni di sicurezza fino alla quota raggiunta dall'acqua nel novembre 1966: le parti delle reti "sensibili" all'acqua alta (quadri elettrici, computer ecc.) sono state poste ad una quota superiore a + 194 cm sullo zmps. Per quanto riguarda la raccolta dei rifiuti solidi urbani, va tenuto presente che in molte zone del centro storico viene ancora effettuato il servizio del tipo "porta a porta"; solo le aree periferiche sono dotate di contenitori di raccolta.

Il trasporto dei rifiuti in entrambi i casi avviene tramite apposite imbarcazioni. In concomitanza di acqua alta è fatto divieto di collocare i rifiuti all'esterno delle abitazioni, per evitare che esse galleggino e si disperdano per la città; inoltre l'azienda concessionaria deve sospendere il servizio per l'impossibilità di accedere ai punti di raccolta a causa della mancanza di altezza sufficiente a transitare sotto i ponti con le imbarcazioni.

Altimetria del centro storico

Per comprendere il significato dei dati appena esposti, in modo da avere una chiara visione dell'impatto sulla città, si deve prendere in considerazione l'altimetria del territorio veneziano. Una prima valutazione era stata effettuata nel periodo compreso tra la fine degli anni sessanta e gli inizi degli anni settanta (R. Frassetto, *Altimetria del centro storico di Venezia. Implicazioni urbanistiche e di difesa dall'acqua alta e dalla subsidenza*, CNR-UNESCO, settembre 1976). Utilizzando i lavori del Magistrato alle acque (1968) e avvalendosi di dati ricavati dalle livellazioni geometriche di alta precisione (effettuate dal 1970 al 1974 per conto del Laboratorio per lo studio della dinamica delle grandi masse del CNR e verificate dall'Istituto di geodesia dell'Università di Bologna) era stata realizzata una carta altimetrica di Venezia col patrocinio dell'UNESCO. Per questa carta era stato scelto come piano di riferimento delle quote quello dello zero mareografico di Punta della Salute (ZMPS).
Nel tracciare le isoipse (linee di uguale quota riferita allo ZMPS) erano stati usati intervalli di 10 cm ed erano state successivamente calcolate con semplice metodo grafico le superfici in ettari comprese fra quote, sempre per intervallo pari a 10 cm, da +80 a +190 cm per la zona del centro storico.
Venivano escluse da questo calcolo Sant'Elena, la Marittima, le isole di Giudecca e San Giorgio; la mappa rappresentava il 71% di tutta l'area di Venezia che è pari a 551.8136 ettari (pubblic. 134 bis, 1939 Magistrato alle acque).
Il territorio di Venezia, come si può evincere dalla seguente tabella adottata sino ad ora dall'Istituzione centro previsioni e segnalazioni maree come indicazione delle percentuali di allagamento alle varie quote in città, si collocava pressoché interamente (circa il 90%), tra le quote altimetriche di +90 e +140 cm sullo ZMPS.
Da una lettura comparata delle superfici di allagamento della città e delle maree per soglie di altezza, rispettivamente, si deduceva che un'acqua alta minore o uguale a +90 cm interessava un territorio del tutto trascurabile, inferiore allo 0,3%, mentre un'alta marea eccezionale di +110 cm interessava l'11,74% del territorio, quantità non certo elevata, ma che vedeva comunque coinvolte le aree centrali e più antiche del centro storico ove, oltre alla residenza abitativa, sono insediate numerose attività economiche. Ancora, un'inondazione di +120 cm coinvolgeva una parte rilevante della città, circa il 35%; infine un'alta marea di +140 cm inondava la quasi totalità del territorio urbano.
Nel 2002 SMU per Insula spa pubblica il Venice Gis portal (http://gisportal.insula.it), un portale webgis che rende disponibile a tutta la cittadinanza una serie di informazioni sempre aggiornate con cui è possibile analizzare, comprendere e approfondire diversi aspetti della città di Venezia.
Preliminarmente alla pubblicazione del modulo Altimetria, SMU ha ritenuto quindi importante aggiornare i risultati dello studio di Frassetto, cambiando anche le metodologie di calcolo e rappresentazione, con un conseguente incremento in qualità del risultato. Le superfici calcolate sulla cartografia di Insula differiscono da quelle di Frassetto e del Magistrato, com'era prevedibile.

Altimetria Frassetto
adottata fino al 2008

intervallo di quota (ZMPS)	area [mq]	%
minore di 90 cm	11.135	0,29
tra 91 e 100 cm	127.628	3,27
tra 101 e 110 cm	319.254	8,18
tra 111 e 120 cm	915.527	23,44
tra 121 e 130 cm	1.311.158	33,57
tra 131 e 140 cm	837.408	21,44
tra 141 e 150 cm	239.524	6,14
tra 151 e 160 cm	114.864	2,94
tra 161 e 170 cm	18.125	0,47
tra 171 e 180 cm	4.438	0,12
maggiore di 181 cm	5.250	0,14
totale	**3.904.311**	**100**

Altimetria Insula
oggi operativa

intervallo di quota (ZMPS)	area [mq]	%
minore di 90 cm	17.712	1,84
tra 91 e 100 cm	32.158	3,33
tra 101 e 110 cm	85.662	8,88
tra 111 e 120 cm	141.949	14,71
tra 121 e 130 cm	138.936	14,4
tra 131 e 140 cm	108.446	11,24
tra 141 e 150 cm	82.913	8,59
tra 151 e 160 cm	62.207	6,45
tra 161 e 170 cm	46.048	4,77
tra 171 e 180 cm	37.764	3,91
tra 181 e 190 cm	41.267	4,28
tra 191 e 200 cm	38.671	4,01
maggiore di 200 cm	131.267	13,6
totale	**965.006**	**100**

D'altronde le finalità operative di Insula hanno portato ad affrontare il problema da un punto di vista completamente diverso da quello che aveva motivato il precedente studio. Ne consegue che per le finalità legate all'informazione e ai servizi offerti alla cittadinanza, sia risultato più interessante legare il fenomeno acqua alta percentualmente alle superfici di pavimentazione pedonale pubblica, piuttosto che all'intera area emersa.
Insula negli interventi eseguiti ha "sollevato" gran parte dei percorsi pubblici pedonali. Gli interventi di rialzo hanno cambiato sostanzialmente il panorama delle acque alte, quindi il cambiamento fisico della città va fedelmente ricostruito. A questo fine concorrono i rilievi topografici eseguiti al termine degli interventi.

Principali migliorie nella valutazione del problema altimetria-allagamenti

- la pubblicazione del Cnr è ottenuta manualmente con metodo grafico ed è statica. Le mappe di Insula vengono continuamente aggiornate ed estratte in maniera automatizzata: in quest'ottica cambia continuamente anche il denominatore delle percentuali nelle statistiche;
- i rilievi topografici eseguiti a lavori ultimati sono più fedeli rappresentazioni della realtà attuale, modificata nella sua fisicità dai lavori di Insula, e sono stati eseguiti in anni più recenti;
- è stata utilizzata della strumentazione topografica più precisa e dei software di compensazione con metodologie di calcolo più aggiornate;
- sono stati testati vari software e varie metodologie di interpolazione per ottenere il risultato visibile nel portale;
- si è ritenuto più aderente alla realtà riportare il "problema" acqua alta riferendolo percentualmente alla superfici di pavimentazione pedonale pubblica, piuttosto che all'intera area emersa. Questo sia perché non conosciamo le aree private con lo stesso dettaglio di quelle pubbliche, ma anche perché il fenomeno, pur riguardando ad esempio le aree verdi, non influenza il servizio fornito al cittadino di percorribilità della pavimentazione e collegamento della varie parti della città;
- sempre in questa logica, si è ritenuto più opportuno suddividere gli intervalli di marea dettagliando maggiormente il range in cui le maree si verificano più spesso.

È stato invece mantenuta la distinzione tra il piano di riferimento per le quote di livellazione (Genova 1942) da quello per le quote di marea (ZMPS).

Il Progetto integrato rii e Insula

Nel corso degli anni si è svolto un vivace dibattito sulla possibilità di intervenire per proteggere Venezia dalle acque alte. Dopo l'evento del 4 novembre 1966, in cui si è verificato l'evento mareografico più elevato che la storia recente ricordi con una marea di +194 cm sullo ZMPS, la consapevolezza del valore di Venezia per l'Italia e per il mondo è stata alla base, più di trentacinque fa, della nascita di una Legge speciale per la città. Le prime due versioni, del 1973 e del 1984, erano fortemente indirizzate a bloccare ogni azione che potesse ulteriormente aggravare la subsidenza, cioè lo sprofondamento del suolo per cause naturali e antropiche, prescrivendo in modo sempre più preciso gli interventi per il riequilibrio idraulico e fisico.

Soltanto con la legge n. 139 del 5 febbraio 1992, quando ormai le condizioni di degrado di Venezia si manifestavano nella loro drammaticità, venne finalmente dato risalto all'importante obiettivo della manutenzione ordinaria e straordinaria della città legando quindi la salvaguardia dalle acque alte al risanamento urbano della città. Con questa legge venivano infatti resi strutturali gli interventi di manutenzione della città e veniva stabilito che le opere dovevano garantire omogeneità tecnica nella fase progettuale, coordinamento durante la fase realizzativa e integrazione delle risorse finanziarie.

Conseguenza di questa legge fu l'accordo di programma del 3 agosto 1993 sottoscritto da Comune di Venezia, Magistrato alle acque e Regione Veneto, che individuava nel Comune il soggetto istituzionale attuatore del programma di manutenzione e indicava la necessità di procedere in modo coordinato da parte dei diversi enti amministrativi.

Come previsto in tale accordo, nell'ottobre del 1994, venne redatto dal Comune di Venezia, con il Magistrato alle acque di Venezia e la Regione Veneto, il *Piano programma degli interventi integrati per il risanamento igienico ed edilizio della città di Venezia* (più in breve Progetto integrato rii, perché aveva nello scavo dei rii e nel risanamento delle loro sponde gli interventi più urgenti). Il Progetto aveva e continua ad avere l'obiettivo di fornire un quadro programmatico preciso degli interventi di manutenzione urbana straordinaria della città e di definire gli indirizzi per il rinnovo della fognatura di Venezia e delle isole lagunari.

Le aree interessate dal Progetto integrato rii sono il centro storico di Venezia, gli abitati di Murano, Burano, Mazzorbo, Pellestrina e alcune zone urbane delimitate da canali al Lido. Il piano prevede: lo scavo dei fanghi; il restauro di sponde, fondazioni e ponti; il risanamento igienico-sanitario del sistema fognario; la protezione della città dalle maree medio-alte; il riassetto del sottosuolo; la riattivazione dei *rii terà*; l'allontanamento e il recapito dei reflui delle aree marginali; interventi di illuminazione pubblica, verde e arredo urbano; il monitoraggio del degrado e la costituzione di un sistema informativo per la manutenzione urbana.

Per far fronte alle esigenze di salvaguardia della città, nel 1997 l'Amministrazione comunale costituiva Insula spa.

Gli interventi di rialzo della pavimentazione

Una delle operazioni rientranti nel Progetto integrato rii in corso di attuazione da parte di Insula riguarda i cosiddetti "rialzi" della pavimentazione pubblica. Come è noto, il Progetto integrato rii comprende lo scavo dei rii, il risanamento dei muri di sponda, delle fondamente e delle rive, dei ponti e del sottosuolo in generale. Poiché questi interventi richiedono generalmente la manomissione e il rifacimento della pavimentazione pubblica, si crea l'opportunità e la convenienza di inserire tra i vari lavori anche quello di recupero altimetrico del piano di calpestio, al fine di una difesa dalle acque medio-alte.

Questo tipo di intervento, previsto fin dall'inizio del progetto, è stato particolarmente sviluppato nel momento in cui il Comitato di indirizzo e coordinamento ex legge 798/84 (il cosiddetto "Comitatone") ha esplicitamente indicato quale difesa dei centri abitati dalle acque medio-alte il rialzo della pavimentazione "tendente a quota +120 cm sul livello del medio mare". Sono stati in proposito svolti due studi durante il 1999, uno da Insula e Coses per conto del Comune di Venezia, e uno svolto dall'Isp (Iuav) per conto del Consorzio Venezia Nuova.

In effetti, nel passato, i veneziani hanno sempre adottato il sistema di elevare le fondazioni e i selciati per far fronte all'aumento del medio marino, ma un tempo la città si modificava continuamente e non vi erano gli attuali vincoli architettonici. Infatti, i progetti di rialzo di Insula sono ovviamente soggetti al controllo e alle prescrizioni della Soprintendenza, che deve tutelare il rispetto della *facies* architettonica della città.

Va, peraltro, subito precisato che gli obiettivi di Insula negli interventi di rialzo sono essenzialmente volti a mitigare i disagi della popolazione con particolare riferimento alla mobilità. In altri termini tali interventi riguardano essenzialmente i percorsi pedonali più frequentati della viabilità pubblica, con lo scopo anche di ridurre l'uso di passerelle. Da ciò si deduce che la difesa dalle acque alte il più spesso è parziale e limitata alla viabilità principale, rimanendo a carico dei privati gli adeguamenti dei piani terra e delle soglie prospicienti le vie.

Smu, il sistema informativo per la manutenzione urbana

Il contratto di servizio tra Comune di Venezia e Insula prevede lo sviluppo del Sistema per la manutenzione urbana (SMU), quale supporto per il coordinamento degli interventi e la loro programmazione.

Compiti che il sistema informativo territoriale deve presiedere

- organizzare la banca dati territoriale (dataset): si tratta di un insieme di metodi e strumenti che consentono di garantire la correttezza e la tracciabilità delle informazioni nel tempo;
- sviluppare soluzioni applicative di gestione dei dati territoriali che si integrino con gli applicativi dedicati ai processi operativi dei diversi uffici.

Vantaggi di un tale modello organizzativo

- una banca dati territoriali certificabile nei processi e nei contenuti;
- omogeneizzazione delle procedure di trattamento dati territoriali;
- erogazione di servizi avanzati verso gli enti, le società e i professionisti operanti sul territorio;
- erogazione di servizi avanzati e integrati verso il cittadino.

http://gisportal.insula.it/

Gli sviluppi futuri: Ramses

Dall'elaborazione della banca dati altimetrica è stato generato un modello tridimensionale a curve di livello, discretizzate a 10 cm. L'attendibilità di tale modello è influenzata dalla qualità della base dati attuale. La maglia di rilievo è eterogenea (in molti casi arriva fino a 8 m) e spesso la precisione dei dati è irreperibile. Inoltre è trascorso ormai quasi un ventennio dall'ultima campagna di rilievo completa. Analizzando il modello, ci si accorge che esso è spesso impreciso, a causa della scarsa densità dei dati di origine, e a volte poco significativo, per l'ampio intervallo di discretizzazione. Non avrebbe, tuttavia, avuto significato discretizzarlo a intervalli di quota minori di 10 cm, sull'attuale base dati.

È però possibile generare un modello tridimensionale a curve di livello più preciso, avendo a disposizione un rilievo topografico caratterizzato da:

- omogeneità nella precisione e modalità di esecuzione
- una maglia molto più fitta (di almeno 1×1 m).

Così si riducono considerevolmente i possibili errori di valutazione, in funzione del livello di marea, su:

- transitabilità delle pavimentazioni;
- stima dei percorsi delle passerelle;
- quota di esondazione delle soglie.

Si può inoltre simulare il processo di allagamento della città, calcolando, per ciascun livello di marea (anche a intervalli di 1 cm), la superficie di pavimentazione esondata. Queste sono le ragioni per cui è stato proposto all'amministrazione comunale di intraprendere il progetto Ramses.