

# Waterpower nella valle dei mulini

Luigi Centola

**Argento mondiale al progetto italiano per il recupero della Valle dei Mulini di Amalfi e Scala. Tre tipologie di ascensori ad energia idraulica per l'accessibilità pedonale**



**R**ealizzato in un sito Unesco, il masterplan del progetto territoriale per il recupero turistico-culturale della Valle dei Mulini "Waterpower"- firmato dallo studio salernitano Centola & Associati e da Mariagiovanna Riitano, in collaborazione con un team interdisciplinare costituito da un centinaio di professionisti tra architetti, geografi, ingegneri e paesaggisti - si sviluppa lungo una superficie di circa 10 kmq e recupera oltre 20.000 mq di spazi coperti, distribuiti su 15 opifici proto-industriali che costituiscono un importante patrimonio storico in stato di abban-

do e degrado, e rappresentano, inoltre, l'unica risorsa disponibile per lo sviluppo turistico, culturale ed economico della costiera amalfitana.

Il progetto, commissionato dall'Università e dalla Provincia di Salerno, del valore di oltre 120 milioni di euro, fa rivivere il sistema di captazione delle acque del torrente Canneto - di origine araba - per riutilizzare la potenza idrica come già avveniva in passato; sin dal XIII secolo, infatti, più di 2 km di canali fornivano l'acqua che serviva ad attivare il movimento delle macchine che producevano la carta di Amalfi. Waterpower attualizza l'uso dell'acqua

e dei canali proponendo un'accessibilità esclusivamente pedonale, funzionale al riuso attraverso tecnologie originali quali ascensori e funicolari a potenza idraulica.

Gli opifici sono stati recuperati e resi attuali nell'utilizzo (alberghi, centri benessere, ostelli, musei, ristoranti, negozi e parcheggi) attraverso l'architettura e i materiali contemporanei sviluppati nei singoli progetti di 11 studi di fama internazionale: sette italiani (King Roselli, Labics, Marano, n!Studio, Nemesi, Sud'Arc-h e Tecla), due spagnoli (A+aa e Embt), uno inglese (Ufo) e uno nordamericano (Roto).

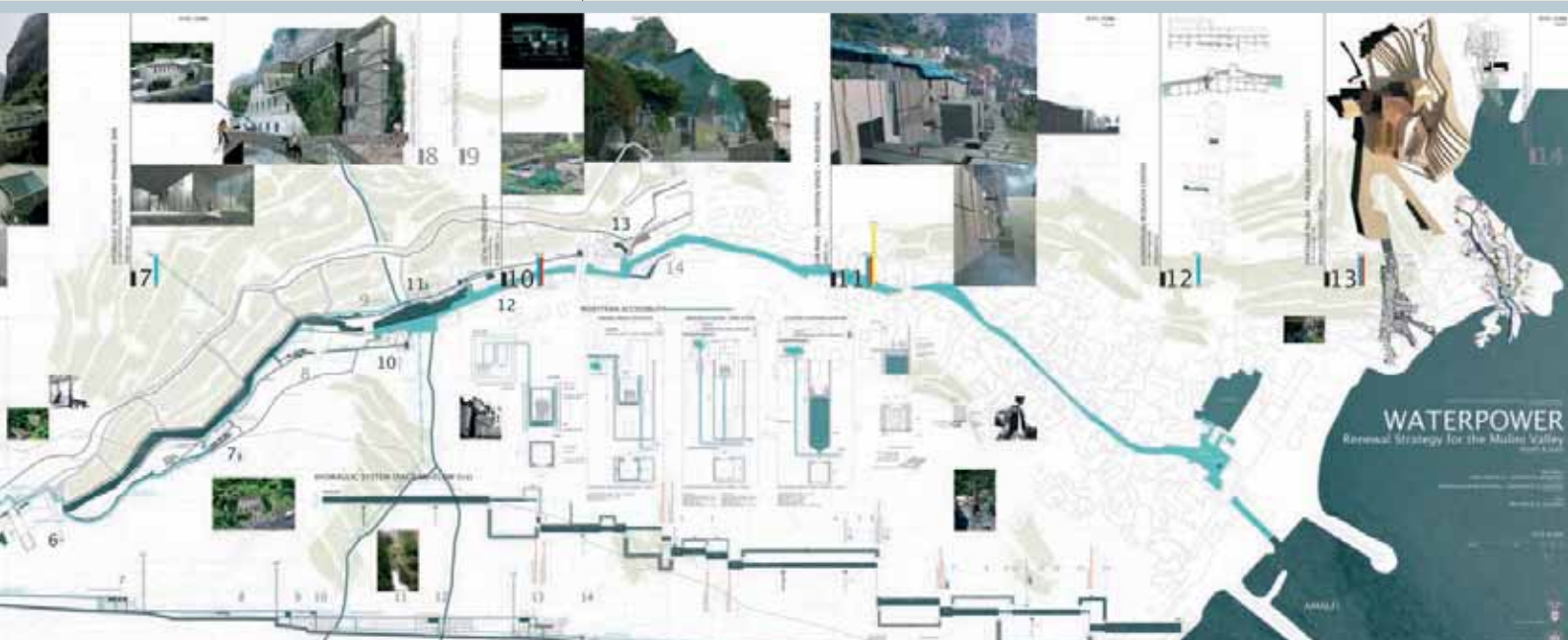
Per 20 dei complessivi 700 ettari di terrazzamenti della costiera sono state previste 11 funicolari attivate da motori idraulici. Esse forniscono una possibile strategia a impatto zero per la manutenzione dei muri a secco e per la coltivazione dei limoneti, supporti fondamentali per luoghi altrimenti destinati al definitivo abbandono, con il rischio annunciato di un pericoloso dissesto idrogeologico. A sostegno del messaggio di auto-sostenibilità energetica della Valle il sistema

tre continenti, dall'Asia la tecnica di produzione della carta e la coltivazione del limone, dall'Africa le tecniche di captazione e distribuzione dell'acqua, riassunti nelle conoscenze della Repubblica marinara di Amalfi e la riempie di significati contemporanei.

#### Sistemazione dei canali storici

Il sistema storico di canalizzazioni di origine araba, ormai in disuso ma ancora perfettamente visibile, serviva a derivare una quota parte delle por-

nica si riempivano le cisterne per utilizzare l'acqua durante le giornate lavorative. Il restauro del sistema idraulico originale consente di recuperare un'opera di ingegneria idraulica unica al mondo nonché di ripristinare il funzionamento di alcune macchine per la produzione della carta a scopo dimostrativo, produrre energia elettrica, utilizzare l'acqua per la climatizzazione degli edifici, irrigare i limoneti ed alimentare una serie di ascensori e funicolari. La portata media del fiume



di produzione di energia idroelettrica (integrata con sistemi di fotovoltaico, solare, geotermico e idrogeno), realizzato con una serie di microturbine che sfruttano i salti di quota principali, rende energeticamente autosufficiente il complesso degli edifici e degli spazi pubblici fornendo un esempio replicabile ed esportabile. "Con il progetto Waterpower – commenta l'architetto Luigi Centola - ancora oggi Amalfi cerca l'integrazione di culture e conoscenze diverse adattando l'architettura, l'ingegneria e la tecnologia al paesaggio per dare al mondo un messaggio concreto di sostenibilità. L'intervento recupera la storia millenaria di

tate fluenti nell'alveo del torrente Canneto per porle a servizio delle varie attività produttive (cartiere, ferriere, mulini...) opportunamente distanziate lungo il bacino in modo da non interferire tra loro. Secondo orari e turni prestabiliti la notte e la dome-

Canneto, alimentato da varie sorgenti fino alla quota di 900 m s.l.m., è di circa 60 l/s. La sezione trasversale dei canali rettangolari è costante con una base pari ad 1.00 m ed una altezza di 0.5 m. La massima portata transitante nel canale tipo è pari a 47 l/s alla quale

#### Riqualificazione della Valle dei Mulini

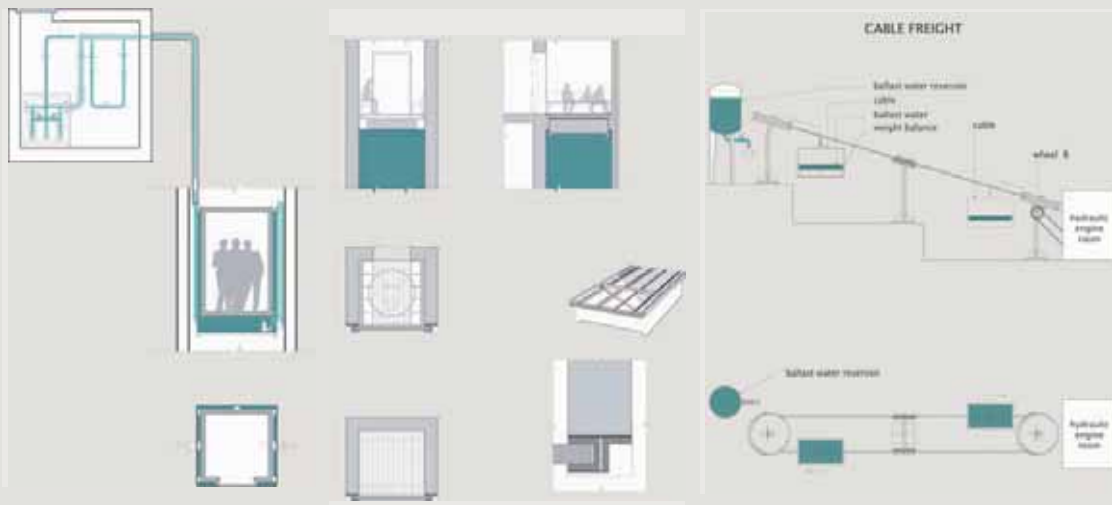
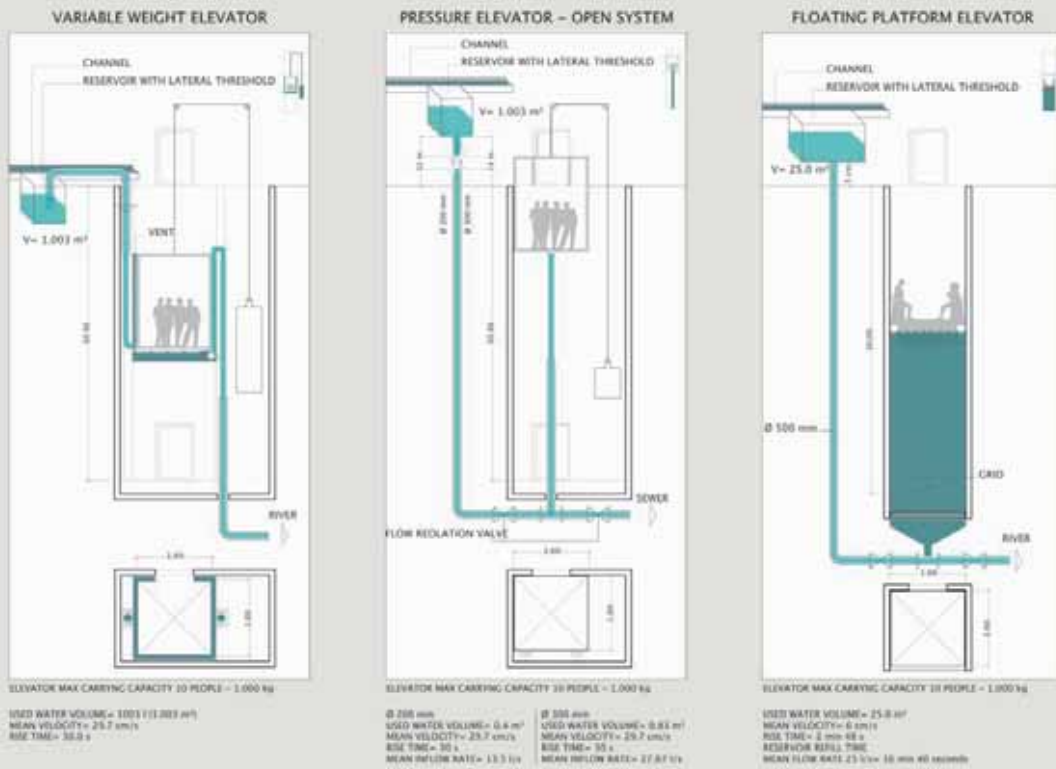
Obiettivi di progetto	Elementi per il progetto sostenibile
Recupero delle 14 cartiere	Ascensori con motore a potenza idraulica per favorire l'accessibilità pedonale agli edifici
Recupero dei terrazzamenti	Funicolari con motore a potenza idraulica per riqualificare i terrazzamenti
Riuso e riqualificazione dello spazio idraulico	Microturbine per la produzione di energia installate ai salti di quota

## Accedere alle cartiere, ai terrazzamenti e ai limoneti

La forza dell'acqua, usata da quasi mille anni per la produzione della famosa carta d'Amalfi e per l'irrigazione dei limoneti, è reinterpretata attraverso l'introduzione di tecnologie che risolvono i problemi attuali: il miglioramento dell'accessibilità e la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Sono stati sviluppati, in quest'ottica:

- ascensori a potenza idraulica che scavalcano i salti di quota principali e rendono accessibili le cartiere;
- funicolari con motore a potenza idraulica che rendono accessibili i terrazzamenti ed i limoneti;



corrisponde un tirante pari a circa 41 cm ed una velocità della corrente pari a circa 0.11 m/s per il canale tipo in calcestruzzo su scavi in roccia, mentre per il canale tipo in calcestruzzo rivestito in gunite alla massima portata corrisponde un tirante pari a circa 32 cm ed una velocità della corrente pari a circa 0.14 m/s.

Le canalizzazioni esistenti sono risistemate in modo tale da derivare la massima portata (in misura compatibile con il naturale equilibrio ambientale) in corrispondenza dei salti di quota maggiori dove collocare le micro-turbine e di restituirla in alveo immediatamente a valle degli stessi per non alterare il naturale regime idrologico del corso d'acqua.

Il funzionamento degli ascensori e del-

le teleferiche a potenza idraulica è basato sullo sfruttamento delle masse d'acqua, sempre disponibili in sito grazie alla fitta rete di canali artificiali e di serbatoi di accumulo, secondo tre principi fisici: il galleggiamento (spinta di Archimede), l'equilibrio tra la spinta idraulica del fluido in pressione e la forza peso ed il bilanciamento variabile tra due forze peso opposte.

#### *Ascensore a galleggiamento*

Nei punti in cui si vuole evidenziare il valore simbolico dell'acqua, viene realizzato un ascensore a colonna d'acqua, un vano in calcestruzzo con la parete frontale in lastra unica di polimero trasparente altamente resistente. Il vano ascensore è allagabile ed al suo interno scorre una piattaforma in grado di sostenere per galleggiamento

fino a 10 persone. In particolari situazioni si utilizza un vano cilindrico realizzato completamente in polimero trasparente.

Grazie ad organi di regolazione idraulici, capaci di variare opportunamente la portata in entrata nella torre o in uscita dalla stessa, per un ascensore con capacità di carico di 10 persone, è possibile superare un dislivello di 10m in circa 3 minuti, utilizzando un volume di acqua circa pari a 25 m<sup>3</sup> già immagazzinato nell'apposito serbatoio. Nella fase di svuotamento, al fine di minimizzare l'impatto sull'ecosistema fluviale, legato alla variazione repentina di portata fluente (stimabile in circa dieci volte quella naturale), prevediamo una vasca di laminazione.

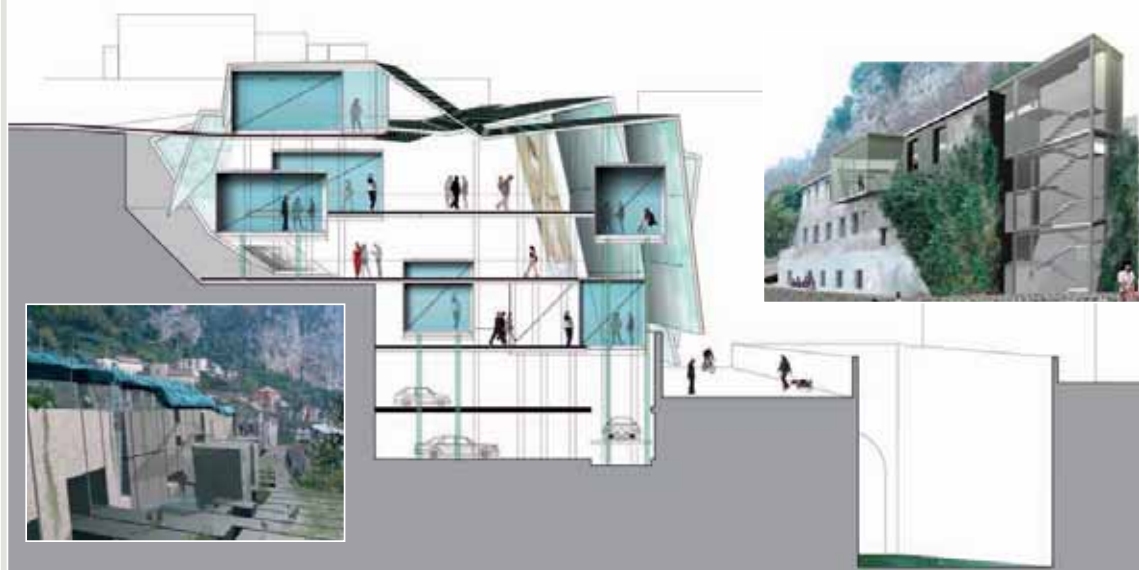
L'efficienza energetica di tale sistema è



## Il recupero delle cartiere

Sin dal XIII secolo, infatti, la sofisticata rete di canali e cisterne raccoglieva l'acqua per fornire energia alle macchine che producevano la carta di Amalfi. Waterpower attualizza l'uso della potenza idrica sia per risolvere le difficoltà di accesso che hanno portato alla crisi della proto-industria e all'abbandono del territorio che per la produzione di energia.

Attraverso la tutela attiva del territorio e delle architetture monumentali il masterplan ricerca l'integrazione di storie e conoscenze complementari adattando in maniera contemporanea l'architettura, l'ingegneria idraulica e la tecnologia allo straordinario paesaggio antropizzato per fornire un messaggio replicabile di sostenibilità. Nelle immagini, rendering di progetto delle antiche cartiere riqualificate con destinazioni d'uso diverse.



legata alla bassa frequenza di utilizzazione, un ciclo completo di salita e discesa ogni mezz'ora, intervallo sufficiente a rendere disponibile l'energia potenziale necessaria alla successiva salita della cabina galleggiante.

Questo sistema, a meno della potenza necessaria alla movimentazione degli organi di regolazione e all'alimentazione del sistema automatico di misura e controllo (completamente fornita dal fotovoltaico), utilizza solamente energia meccanica rinnovabile.

In tal modo, comprimendo le esigenze di utilizzazione si ottiene la massima efficienza energetica, con il minimo impatto sull'uso del territorio.

*Ascensore a pressione*

L'ascensore che utilizza il principio dell'equilibrio tra la spinta idraulica del fluido in pressione e la forza peso è diffusamente utilizzato nelle abitazioni civili, grazie ad una tecnologia da anni consolidata.

Uno dei primi esempi fu realizzato dall'ingegnere Leone Edoux nel Cristal Palace per l'Expo Universale di Londra 1851.

Questo tipo di ascensore utilizza un sistema di tubi telescopici in polimero trasparente azionati da un fluido con pressione sufficiente a sollevare una

tanto generalmente si ricorre ad un sistema chiuso servito da un idoneo sistema di pressurizzazione meccanico.

*Ascensore a bilanciamento variabile*

Il sistema ideato per il terzo tipo di ascensore è basato sul bilanciamento variabile tra due forze peso opposte: un elemento compensatore con mas-

sa assegnata contrasta il carico costituito dagli utenti, dalla cabina e da una zavorra d'acqua di volume variabile. Il volume di fluido deve essere opportunamente variato durante la corsa in modo tale da far prima accelerare, poi muovere a velocità costante ed infine decelerare la cabina dell'ascensore. Le

Tipologie di apparecchio	Sistema d'impianto
Ascensore a galleggiamento	Ascensore a colonna d'acqua con parete frontale in materiale trasparente; vano ascensore allagabile; piattaforma per 10 persone. Si può restituire al fiume l'acqua utilizzata.
Ascensore a pressione	Sistema di tubi telescopici in polimero trasparente azionati da un fluido con pressione sufficiente a sollevare la cabina.
Ascensore a bilanciamento variabile	Bilanciamento variabile tra due forze peso opposte. Un elemento compensatore contrasta il carico costituito da utenti + cabina + zavorra d'acqua variabile. Si può restituire al fiume l'acqua utilizzata.

cabina che è vincolata a scorrere lungo delle guide. Il fluido può essere mandato in pressione sia mediante l'utilizzo di una macchina idraulica (pompa di sollevamento), sia posizionando un serbatoio alla quota adeguata.

Per un ascensore con capacità di carico di 10 persone (equivalente ad un carico pari a 1000 kgp = 9806 N), in grado di superare un dislivello di 10m,

i volumi di fluido necessari alla movimentazione delle aste telescopiche sono modesti, pari a circa 0,4 m<sup>3</sup> (con diametro medio dei tubi = 20cm) o 0,8 m<sup>3</sup> (con diametro medio dei tubi = 30cm).

Il dislivello necessario a portare la pressione del fluido al valore di utilizzo risulta tuttavia elevato (15-30m a seconda del diametro dei tubi); per-

**I premi internazionali**

Due gli importanti riconoscimenti ottenuti dal progetto: il Global Holcim Awards per la costruzione sostenibile, assegnato a Ginevra allo studio Centola & Associati, tra oltre 3.000 progetti presentati da 118 nazioni. La Holcim Foundation promuove il più importante riconoscimento mondiale per l'architettura attenta all'ambiente con un monte-

premi di due milioni di dollari. In giuria cinque tra le più prestigiose università internazionali: Swiss Federal Institute of Technology (ETH) di Zurigo, Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston, Tongji University (TJU) di Shanghai, University of San Paolo (USP) di San Paolo, University of the Witwatersrand (WITS) di Johannesburg che hanno premiato "una strategia di intervento innovativa

fondata su un approccio sistemico dove la sostenibilità si configura come l'elemento centrale di una necessaria ed oramai indispensabile riunificazione tra pianificazione, architettura e paesaggio".

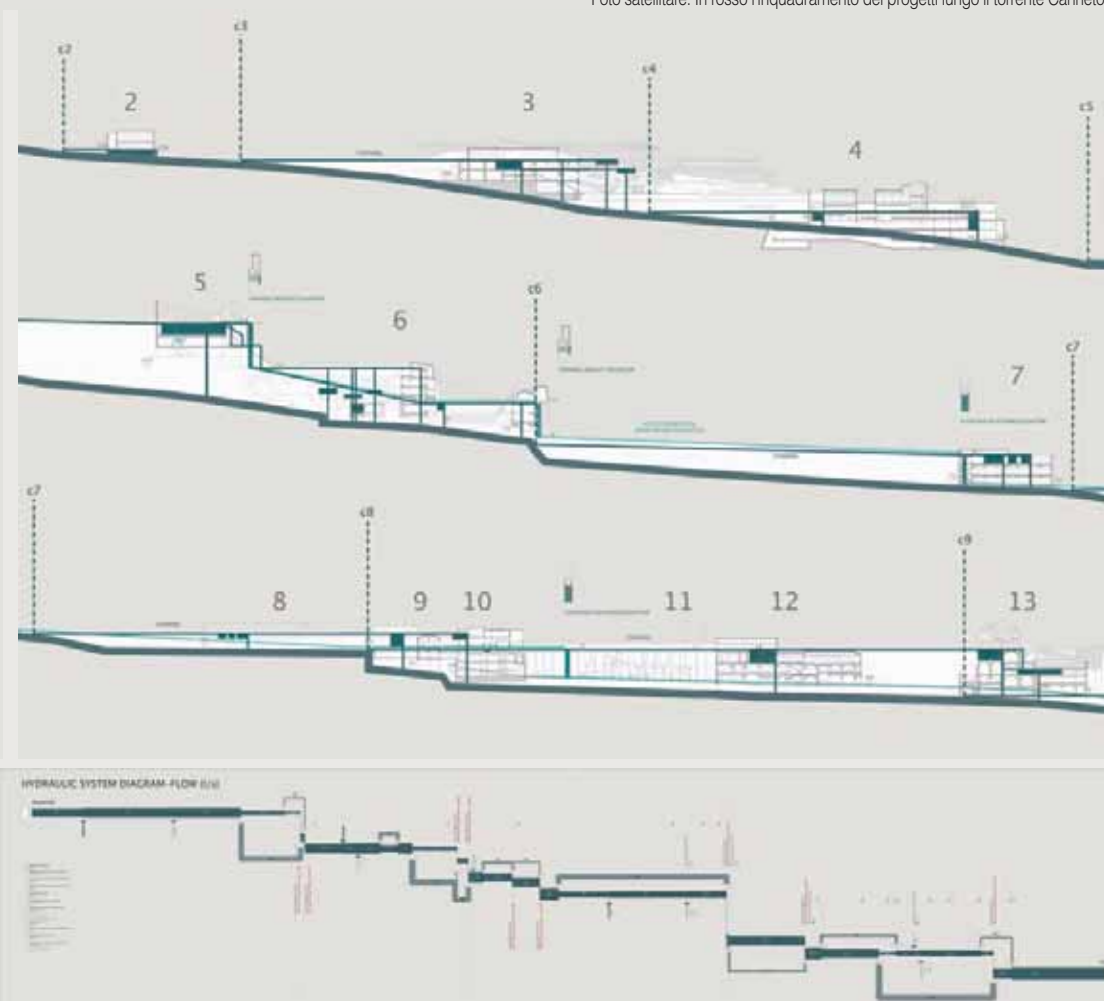
Dopo la vittoria di Ginevra il progetto di Centola ha ottenuto anche l'"oscar della sostenibilità" dal Global Awards di Bangkok, questa volta si è trattato di un "assegno" di 250.000 mila dollari.

## Il dislivello e la forza dell'acqua

La portata media del fiume Canneto, alimentato da varie sorgenti fino alla quota di 900 m s.l.m., è di circa 60 l/s. La sezione trasversale dei canali rettangolari è costante con una base pari ad 1.00 m ed una altezza di 0.5 m. La massima portata transitante nel canale tipo è pari a 47 l/s alla quale corrisponde un tirante pari a circa 41 cm ed una velocità della corrente pari a circa 0.11 m/s per il canale tipo in calcestruzzo su scavi in roccia, mentre per il canale tipo in calcestruzzo rivestito in gunite alla massima portata corrisponde un tirante pari a circa 32 cm ed una velocità della corrente pari a circa 0.14 m/s. Le canalizzazioni esistenti sono risistemate in modo tale da derivare la massima portata (in misura compatibile con il naturale equilibrio ambientale) in corrispondenza dei salti di quota maggiori dove collochiamo le micro-turbine e di restituirla in alveo immediatamente a valle degli stessi per non alterare il naturale regime idrologico del corso d'acqua.



Foto satellitare. In rosso l'inquadramento dei progetti lungo il torrente Canneto.



portate di acqua in entrata e in uscita sono regolate da appositi dispositivi meccanici comandati da un sistema automatizzato di misura, controllo ed azione.

Nel caso in cui il sistema sia dimensionato per un ascensore con capacità di carico di 10 persone (equivalente ad un carico pari a 1000 kgp = 9806 N), in grado di superare un dislivello di 10m in circa 30 secondi, il volume di fluido necessario per il funzionamento in tutte le possibili condizioni risulta pari a circa 1 m<sup>3</sup>.

Per equilibrare il sistema prevediamo un contrappeso con massa pari a 1520 kg.

Anche qui come nel caso dell'ascensore a galleggiamento è sempre possibile reimmettere nel fiume l'acqua temporaneamente utilizzata.

*Teleferica con motore idraulico*

L'impianto teleferico è costituito da due carrelli sospesi e vincolati a una fune chiusa ad anello che scorre tra due pulegge.

Il peso dei carrelli che contengono le merci o i materiali è equilibrato facendo ricorso a delle zavorre d'acqua posizionate all'interno dei car-

relli. Il controllo del perfetto bilanciamento dei pesi è attuabile predisponendo una bilancia all'interno di ciascun carrello, in grado di misurare il peso complessivo delle merci ed (eventualmente) quello della zavorra d'acqua. Il moto della teleferica è affidato ad una macchina idraulica che avvia la ruota motrice, che agisce sulla puleggia. I carrelli possono accogliere fino a 560 kg di limoni, equivalenti a circa 10 casse da 56 kg. La macchina idraulica che aziona la teleferica è costituita da un pistone oscillante cavo con una camera di riempimento, collegato ad un una biella e a una ruota dentata.

Il movimento in discesa del pistone lungo la guida è innescato dal riempimento della camera con un adeguato volume d'acqua, necessario a vincere gli attriti del sistema; al contrario, il movimento in salita del pistone è assicurato da un contrappeso e dallo svuotamento della sua camera.

L'oscillazione in salita ed in discesa del pistone avvia la rotazione delle ruote motrici che azionano l'impianto.

#### SCHEDA DELL'INTERVENTO

• *Masterplan e Coordinamento Generale:*

**Luigi Centola**

**Studio Centola & Associati con:**

**Michele Albanelli, Eliana**

**Cangelli, Raffaele**

**Gambardella,**

**Monica Giannattasio, Roberta**

**Mansi, Valentina Piscitelli,**

**Arabella Rocca**

**info@centolaassociati.com**

**Università di Salerno**

**(Dipartimento di geografia) -**

**Mariagiovanna Riitano,**

**Teresa Amodio**

• *Sistemi idraulici:*

**Acquatecno Srl Roma**

**Paolo Turbolente,**

**Rodolfo Piscopia**

• *Energie rinnovabili:*

**Resit Srl Roma**

**Ugo Rocca, Sanni Rocca**

**A+AA, Embt, Kingroselli,**

**Labics, Marano, Nemesi,**

**N!Studio, Roto, Sud'Arc-H,**

**Tecla, Ufo (Progetti**

**architettonici)**

Foto satellitare. In evidenza i siti della costiera dove si trovano le principali architetture industriali.

