

Il restauro della Limonaia Bernini

# VERSO UNA CONSERVAZIONE SOSTENIBILE

di **Anna Raimondi** Studio Feiffer & Raimondi  
anna.raimondi@studiofeiffer.com www.studiofeiffer.com

## [Towards a sustainable conservation]

The project moves on two different aims; on one side the conservation of the architectural ruins in a singular environment, next to the lake of Garda, and, on the other, the research for a new way of studying, in order to join conservation and sustainable architecture. In the field of historical buildings there are not yet any parametric guides to direct the different choices. This study, began since 2004, gets a check list obtained joining either sustainable themes, from new architectural studies in Leed NC and Royal Institute of British Architects, either conservation themes. The intent is to develop the historical and agricultural complex into a new residential use, maintaining the most of existing matter and traditional constructive systems, and, at the same time, introducing technologies and strategies to suite it to new energy saving requirements





## IL CANTIERE

Progetto Architettonico: Studio Feiffer & Raimondi, [www.studiofeiffer.com](http://www.studiofeiffer.com)

Progetto Strutturale: Ing. E. Gregorelli, Brescia    Progetto Impiantistico: Ing. Ziletti, Brescia

Impresa: F.lli Pace, Gargnano (BS)    Impianti idrotermici e sanitari: Idrotermica, Travagliato (Bs)

Impianti elettrici: Gival di Basseni, Brescia    Serramenti: Ferrart, Rovato (Bs)

Tempi di realizzazione: 2005 - 2010

## — il recupero della copertura

Analogamente alle strutture orizzontali, il sistema di copertura era praticamente ormai assente e non più funzionale, soprattutto per il casello e il corpo mediano, così anche in questo caso si sono ricercati i medesimi materiali costruttivi (orditura primaria e secondaria in legno di abete di recupero), migliorandone però le prestazioni in ter-

mini di isolamento e tenuta. Si è così effettuato un doppio tavolato in legno di abete incrociato, ciascuno di spessore 22 mm, sormontato da una barriera al vapore e da un pannello alto 5 cm in legno pressato, con la funzione di aumentare la massa e migliorare il comportamento di tenuta al caldo e al freddo. Il tipo di barriera al vapore pre-

scelto (tecnologia Tyvec®) aiuta a ridurre la condensa per proteggere la struttura dell'edificio, conserva l'integrità dell'isolante e quindi le sue prestazioni e fornisce un clima interno salubre (elevata permeabilità al vapore) grazie alla superficie metallizzata e traspirante che controlla il movimento di calore, aria e umidità nell'edificio contribuendo

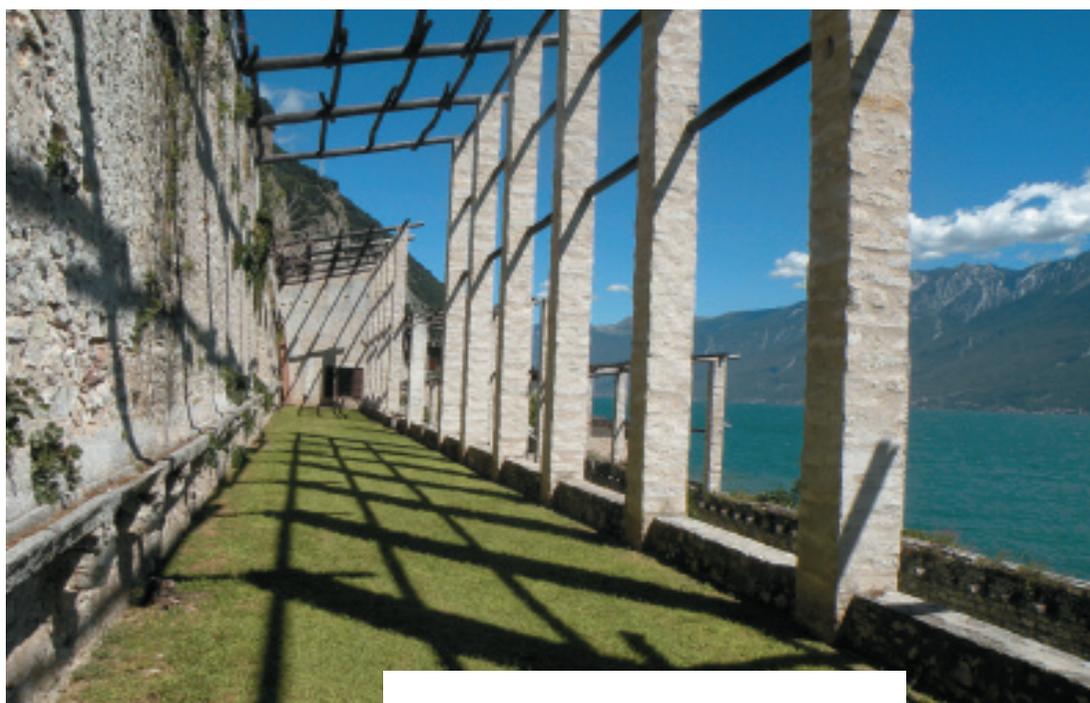
a ridurre le perdite che provocano disagio e dispersione di calore.

I pannelli isolanti in Celenit, composti da fibra di legno (65% fibre di abete) pressato e cemento Portland (35% leganti minerali), contribuiscono all'isolamento termico e acustico, apportando inoltre ottime garanzie in tema di sostenibilità. Le fibre del legno, infatti, sono sottoposte ad un processo mineralizzante che, pur mantenendo inalterate le proprietà meccaniche, ne annulla i processi di deterioramento biologico, rendendo le fibre inerti e aumentandone la resistenza al fuoco.

Il comfort ambientale è ottimizzato (isolamento termico e acustico, assorbimento di umidità in eccesso e relativa cessione solo in condizioni ristabilite senza deformazioni) e l'ambiente è rispettato in quanto i componenti sono completamente naturali (il legno è proveniente da foreste gestite in modo sostenibile) e non producono inquinamento né in fase di produzione né di applicazione né di smaltimento.

La ventilazione è assicurata dalla posa del pannello preformato alto 8 cm in schiuma poliuretanicamente espansa e impermeabilizzato superficialmente con lamina in alluminio goffrato.

La scelta di questo tipo di sistema di ventilazione (Isotec) in luogo di uno più tradizionale con travetti e tavolato, deriva da una comparazione prestazionale a parità di spessore con conseguente minor impatto estetico. La struttura del pannello ha un profilo per assicurare una ventilazione pari a oltre 200 cm<sup>2</sup>/m di gronda.



1

2 3

1-3. Per la struttura della limonaia si sono ripristinati ed in alcuni casi reintegrati, alcuni sistemi caratteristici come i doccioni nelle murature ad archi realizzati in coppi capovolti piuttosto che il convogliamento su canaline in pietra funzionali all'irrigazione.

## — l'impermeabilizzazione delle strutture interrato

I terrazzamenti suddividono il forte dislivello del terreno dalla strada al lago. La quota del livello inferiore del fabbricato si trova attualmente al di sopra del livello del lago, ma dovendo effettuare uno scavo all'interno, per recuperare gli ambienti seminterrati sotto il livello medio, si è dovuto operare attuando tutte le precauzioni per rendere i locali impermeabili rispetto ad un eventuale esondazione. Innanzitutto si è mantenuto il terreno naturalmente drenante nelle parti contro terra, riscontrato durante le fasi di consolidamento delle fondazioni del fabbricato. Tale terreno, costituito da ghiaione di diversa granulometria, è diretta testimonianza della natura di riporto dello stesso, dovuto sia a smottamenti sia ai diversi cambi di quota subiti dai terrazzamenti nei secoli scorsi. I plinti in cls, di consolidamento delle fondazioni, sono quindi circondati per tutta la loro altezza di circa 50 cm, da questo ghiaione drenante; successivamente si è



4



5



6

effettuato un getto armato in cls e si sono posti in opera dei casseri modulari di altezza 25 cm che assicurino una camera d'aria di ventilazione, resa funzionale da camini di diversa altezza e collocati a nord, in posizione non visibile. Il sistema prescelto per eliminare la creazione di pericolosi fenomeni di infiltrazione d'acqua nelle strutture in calcestruzzo controterra ha previsto l'utilizzo di fogli di bentonite stesi su tutte le superfici interne.

La bentonite è un'argilla naturale derivata dall'alterazione di rocce effusive vetrose. Il materiale è composto, quasi interamente, da un minerale dotato di una particolare struttura cristallina lamellare, non tossica e chimicamente inerte. Ma è con la presenza dell'acqua che la bentonite si trasforma. In questo caso, infatti, il materiale diventa un gel impermeabile ed idrorepellente. Il fenomeno è accompagnato da un consistente aumento di volume (15-20 volte

superiore a quello iniziale) e da un assorbimento tale da far raggiungere alla massa un peso cinque volte superiore a quello di un'uguale quantità di materiale secco. L'incremento dimensionale consente di bloccare il passaggio di acqua per capillarità lungo la struttura. La bentonite espansa occlude eventuali cavità e satura fessure ampie sino a 3 mm dovute al ritiro igrometrico o all'assettamento in fase iniziale del getto di calcestruzzo.

4,5. L'impermeabilizzazione dei locali seminterrati attraverso l'utilizzo di fogli di bentonite. Il fenomeno di espansione della bentonite in presenza di acqua è contrastato dai due getti in cls in cui la bentonite è interposta; in questo modo l'incremento dimensionale consente di bloccare il passaggio di acqua per capillarità lungo la struttura.

6. Le antiche strutture in sasso di contenimento esterne risultano indipendenti dal nuovo sistema strutturale costituito da una doppia gabbia in cls con interposta lastra in bentonite.

### PARAMETRI ARCHITETTURA SOSTENIBILE VERIFICATI

PARAMETRI ARCHITETTURA SOSTENIBILE VERIFICATI		
SALUTE	Comfort per gli abitanti	controllo umidità di risalita e di condensa, isolamento acustico
MATERIALI	Conservazione delle risorse naturali ed esistenti	conservazione di tutti le strutture e degli elementi esistenti, diversificazione dell'aggiunta
	Materiali con un basso consumo di energia grigia	predilezione per materiali locali: pietre, calci, legnami di recupero
	Materiali rinnovabili di fonti rintracciabili	predilezione per materiali locali: pietre, calci, legnami di recupero
	Materiali privi di composti organici volatili	protettivi per legno di origine naturale (sali di boro), uso di celenit e fogli di bentonite
	Materiali compatibili con gli esistenti	calci e intonaci eseguiti su campione, legnami tradizionali
	Sistemi costruttivi tradizionali	adeguamento delle strutture utilizzando tecnologie non invasive per le strutture in opera; ripristino di alcune campate di limonaia crollate
ENERGIA	Standard elevati di efficienza energetica	copertura ventilata, celenit
ACQUA	Raccolta delle acque piovane e grigie	sistema di irrigazione con le canaline tradizionali nella limonaia

## Le aggiunte tecniche funzionali tra conservazione e sostenibilità

*Rientrano in questo settore tutti quegli elementi necessari per rendere funzionale al nuovo uso i fabbricati esistenti, nell'ottica congiunta di elevati livelli di qualità prestazionale e di compatibilità con la particolare architettura ed il paesaggio in cui si inserisce.*

PARAMETRI ARCHITETTURA SOSTENIBILE VERIFICATI		
SALUTE	Comfort per gli abitanti	diminuzione vortici d'aria dovuti ad energia convettiva sostituita da energia di irraggiamento sensazione di calore diffusa mediante pannelli radianti a pavimento e a parete
MATERIALI	Conservazione delle risorse naturali ed esistenti Materiali privi di composti organici volatili Materiali compatibili con gli esistenti	conservazione di tutti le strutture e degli elementi esistenti isolamenti naturali (cannucciato)
ENERGIA	Standard elevati di efficienza energetica Impiego di risorse energetiche rinnovabili	isolamenti perimetrali, domotica geotermia

### — impianti tecnologici

Le richieste da soddisfare per il fabbisogno di funzionamento interno sono molteplici: garantire un microclima ottimale in ogni periodo dell'anno, assicurare un'equa illuminazione, offrire adeguate soluzioni di sicurezza antintrusione e di sicurezza antincendio. A fronte di queste esigenze, i problemi da risolvere sono essenzialmente di tre tipi: quali tipi di

impianto, come distribuire il passaggio dei cavi all'interno e come alloggiare le apparecchiature finali. Da non tralasciare, tutte le relative apparecchiature di funzionamento degli impianti non devono precludere la fruizione degli ambienti o la compromissione delle finiture.



7

7-9. Le pompe di calore sono state alloggiate al di fuori dei fabbricati, in posizione non visibile dall'esterno ma facilmente accessibile. Per far fronte alle prestazioni in condizioni estive il sistema di climatizzazione è stato implementato con l'installazione di deumidificatori che sono stati tutti alloggiati in nuove pareti attrezzate piuttosto che in elementi di arredo o scale in legno.

8 9





## a. impianti MECCANICI

Il sistema prescelto coniuga la conservazione delle strutture murarie con la riduzione di interferenze negli ambienti interni e, non da ultimo, con la massima prestazione legata a fonti di energia rinnovabili, senza per questo imporre un impatto visivo sul paesaggio. Scartati quindi per ovvi motivi di interferenza sia i pannelli solari che i fotovoltaici, si è preferito un impianto di tipo geotermico con la realizzazione di n. 6 pozzi (uno per ciascuna unità residenziale) di altezza variabile tra i 20 e i 30 metri, in modo da riscontrare una temperatura costante dell'acqua pari a circa 14 °C. Per ottimizzare tale fonte di energia si è optato per un sistema di riscaldamento a superficie radiante, che funziona con una temperatura di esercizio pari a 35-40°C; le pompe di calore hanno la funzione di innalzare la temperatura dai 14 °C dell'acqua di ogni pozzo fino al valore impostato. Il sistema funziona tramite irraggiamento, con installazioni, sia a parete che a pavimento, di

sistema di canalizzazioni che distribuiscono energia che, grazie alle basse temperature della superficie e alla distribuzione interna della temperatura, risulta mite e confortevole. Contrariamente ai sistemi di riscaldamento statici si ottiene l'equilibrio termico fra il corpo umano e l'ambiente e quindi una sensazione di benessere ottimale. Inoltre, la sensazione di benessere arriva già a temperature d'ambiente molto più basse del consueto, grazie all'alta quota di energia d'irradiazione trasmessa su ampie superfici, permettendo di abbassare la temperatura di ambiente di 1°C o 2°C e consentendo un ulteriore risparmio di energia che va dal 6% al 12% annuo. Da non tralasciare la conseguente diminuzione della quota di energia convettiva, fonte di polvere e vortici d'aria, principali fattori di allergie alle vie respiratorie. Il sistema di climatizzazione è stato ulteriormente implementato e integrato con l'architettura storica attraverso uno specifico approfondimen-

to dei materiali a contatto tra gli apparati di irraggiamento e le strutture storiche. Gli studi comparativi effettuati hanno portato a prediligere materiali della più antica tradizione per quelli a contatto con le strutture verticali, mentre si sono scelti materiali altamente innovativi e tecnologici per quelli a contatto con le strutture orizzontali. Sulle murature in pietra a sasso, fine di assicurare un benessere termico igrometrico ed abbassare i consumi energetici, si è prediletto un isolamento a cappotto interno realizzato con materiali completamente naturali. Dapprima le strutture murarie sono state rivestite con un primo strato di rinzaffo in intonaco a base di cocchiopesto, successivamente si è steso un intonaco termico, infine uno strato di pannelli in incannucciato naturale per poi terminare con il rivestimento finale di intonaco per interni. Il sistema, utilizzato fin dall'antichità, consente un'elevata coibenza termica, garantisce prestazioni ottimali di fonos-

sonanza, traspirabilità e massima eco sostenibilità. Diversamente, a contatto con le strutture orizzontali, realizzate tutte ex novo stante la loro inesistenza, si è optato per un materiale isolante e impermeabile all'avanguardia, costituito da una guaina in polietilene (sistema Schlüter-DITRA) rivestita sul retro con tessuto in fibra per facilitare l'ancoraggio al collante sottostante. Il sistema garantisce una perfetta impermeabilizzazione, una separazione tra rivestimento e pannelli di riscaldamento nonché lo sfogo del vapore. La trasmissione delle tensioni sottostanti al sottofondo, in cui sono collocate le serpentine di riscaldamento/raffrescamento, sono neutralizzate da questa particolare guaina che le assorbe totalmente senza trasmetterle alla pavimentazione. I vantaggi sono evidenti anche dal punto di vista estetico dall'assenza di giunti di dilatazione in tutte le pavimentazioni sia in pietra che in legno.

10-13. Pannelli in cannucciato preformati e legati con fil di ferro di misure facilmente gestibili dagli operatori (misure pannelli standard in cannucciato palustre da 80 x 120 cm max circa e di spessore da 2, 5 cm a 10 cm). I pannelli una volta fissati con appositi sistemi (chiodi atti a garantire lo sforzo a taglio previsto) subiscono la successiva applicazione di malte speciali traspiranti per almeno 2 cm di spessore. Il pacchetto isolante si differenzia da altri sistemi termoisolanti, a pari trasmittanza termica, per le caratteristiche uniche di traspirabilità permettendo di bilanciare e compensare gli eccessi di umidità del manufatto nel suo complesso. Prove di laboratorio hanno confermato la validità di tale peculiarità e caratteristiche. Conduttività termica = 0,045 – 0,056 W/mK.



11



12



13



14



15

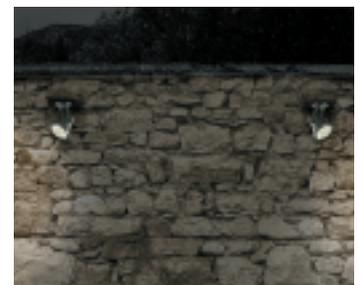
14,15. I pannelli dell'impianto di climatizzazione sono rivestiti dalla sola guaina sistema Schlüter-DITRA e la pavimentazione stesa a colla senza sottofondi.

## b. impianti ELETTRICI

L'impianto elettrico si basa sulla tecnologia a Bus digitale che permette di collegare i vari dispositivi (automazione luci e scenari; anti-furto; impianti di regolazione climatica; impianti di irrigazione; videocitofonia; controllo remoto) e di generare delle sinergie secondo le scelte operate dal singolo. Questo ha permesso di concentrare i vari segnali all'interno di un unico

cavo di cablaggio che ha trovato alloggio in apposite canalizzazioni all'interno di pareti attrezzate; inoltre la programmazione controllata permette di ottimizzare le risorse energetiche azionando i vari dispositivi con le opportune tempistiche, permettendo, tra l'altro, di modificare in ogni momento, anche tramite connessione remota, qualsiasi predisposizione.

Questo accorgimento, nel caso specifico di abitazioni destinate ad uso saltuario, è sicuramente un vantaggio imprescindibile per mantenere in efficienza il complesso e per ottimizzarne le tecnologie adottate. Il sistema di climatizzazione a pannelli ha infatti dei tempi di messa in regime piuttosto lunghi e risulta fondamentale programmarne per tempo il funzionamento.



## — partizioni verticali

Le superfici da chiudere con serramenti rivestono buona parte dei prospetti esterni dei fabbricati, soprattutto su tutto il retro del casello principale.

La scelta progettuale ha cercato di coniugare la compatibilità con i serramenti tipologici di chiusura dei caselli tradizionali, con le necessità legate al nuovo utilizzo abitativo ed i requisiti in merito alla sicurezza e tenuta delle ampie

strutture vetrate.

Il disegno prescelto richiama quindi la tipologia con la suddivisione in riquadri, mentre i materiali costitutivi non lasciano dubbi sulla natura contemporanea delle nuove strutture. In considerazione delle ampie altezze (più di 3 m al piano intermedio) e alla necessità di aprire l'intera superficie, si è optato per un sistema in profilo di acciaio a taglio termico e brevettato

appositamente per questa soluzione (profilo Foster Therm).

Questo ha permesso di ridurre le sezioni, che in caso di strutture in legno sarebbero dovute essere ben superiori, e ha consentito un elevato grado di sicurezza senza l'utilizzo di ulteriori rinforzi.

Le prestazioni sono state incrementate dall'utilizzo di vetri basso emissivi per le superfici rivolte a

sud sud-est. Una speciale pellicola posizionata all'interno del vetrocamera (film Heat Mirror) rifrange esternamente la maggior parte delle radiazioni solari incidenti, filtrando quindi la giusta quantità di energia e permettendo un sufficiente passaggio di luce negli ambienti interni. In questo modo la struttura accumula poco calore, mantenendo d'altro canto un microclima interno favorevole al benessere degli abitanti. A differenza di altri sistemi di vetri isolanti, non solo provvede a proteggere esternamente dalle perdite di calore durante il periodo invernale, ma è anche un sistema molto efficiente per il controllo del calore solare estivo.

### PARAMETRI ARCHITETTURA SOSTENIBILE VERIFICATI

SALUTE	Comfort per gli abitanti	uso di vetri basso emissivi verso sud/est; abbattimento calore durante periodo estivo; tenuta serramenti come partizioni verticali
	Massimo sfruttamento della luce naturale	
ENERGIA	Standard elevati di efficienza energetica	taglio termico, heat mirror

17,18,20. I nuovi serramenti a taglio termico costituiscono le principali chiusure dei volumi architettonici. La scelta di questa tipologia consente di adeguarsi al disegno costruttivo locale e alla percezione di spazi non definiti e chiusi, garantendo sicurezza e contenimento energetico.

16,19. Il film HEAT MIRROR è un composto da un film polimerico (PET) sul quale sono stati depositati ossidi di metalli nobili (argento, indio 203 ed altri) in un impianto sottovuoto con tecniche di sputtering. La deposizione sul PET è costituita da un multistrato dielettrico/metallo/dielettrico (DMD) variabile di quantità e metalli nobili.



16

17

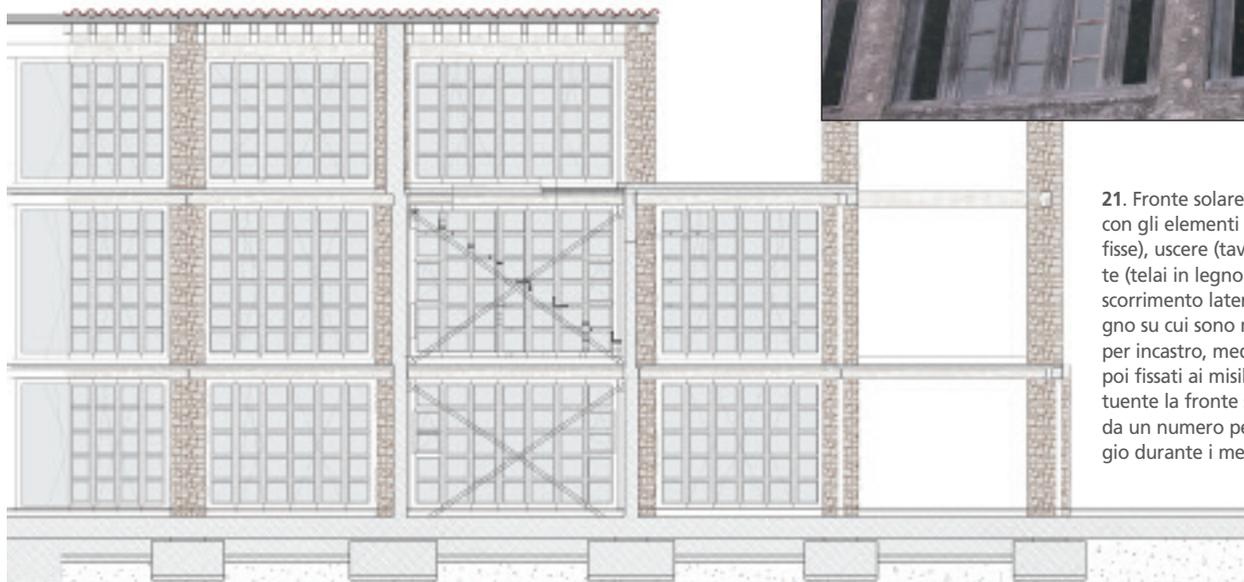
18



19

20

21



21. Fronte solare di una limonaia chiusa con gli elementi verticali: misili (tavole fisse), uscere (tavole incardinate), vetriate (telai in legno in cui si inseriscono per scorrimento laterale i vetri). I telai in legno su cui sono montati i vetri sono uniti per incastro, mediante piolini in legno e poi fissati ai misili. Ogni elemento costituente la fronte solare è contraddistinto da un numero per facilitarne il montaggio durante i mesi invernali.

## — spazi di servizio: piattaforme

Per accedere alla proprietà vi è un unico ingresso carrabile posto all'estremità nord, mentre tutto il restante complesso non risulta accessibile, se non modificando in modo molto invasivo l'orografia del terreno, attraverso la creazione di nuove rampe, la conseguente demolizione di parte dei muri di sostegno e dei relativi archi di scarico esistenti. Pertanto, le uniche due balze consone, senza l'ausilio di opere aggiuntive, al transito e stazionamento di automobili risultano le prime due a ridosso della strada comunale.

Nella scelta di dislocazione dei nuovi parcheggi si sono seguiti i seguenti obiettivi: rispetto dell'orografia del terreno e dei terrazzamenti

storici; mantenimento delle rampe e degli accessi esistenti; conservazione dei muri di sostegno esistenti e loro consolidamento in opera; mantenimento delle scale in pietra esistenti e dei collegamenti verticali tra le balze; rispetto delle condizioni ambientali legate al particolare luogo all'interno del complesso Limonaia Bernini; esecuzione di interventi in prossimità di operazioni di consolidamento ritenute necessarie al contenimento stradale.

Per ovviare al problema dello stazionamento, si è prevista la realizzazione di parcheggi esclusivamente interrati, evitando la sosta dei veicoli anche a breve termine,



mentre per ovviare all'esigua dimensione in larghezza di ogni balza (circa 4 m), si è previsto un sistema a piattaforme mobili su due livelli.

Le nuove piattaforme sono dislocate lungo la balza superiore, usufruendo dell'accesso esistente da strada. Si sono realizzate n. 4 piattaforme interrate, per una capienza complessiva di n. 8 auto e n. 4 motociclette. La superficie utilizzata è di circa 85 mq per livello, per complessivi 170 mq circa. Gli impianti montauto consentono di

evitare la convenzionale rampa di accesso ai garage interrati, trasportando le auto ai livelli utilizzando una superficie di soli 15 mq per posto auto. La copertura dell'impianto montauto è allo stesso livello del terrazzamento e può essere transitata, per accedere ai successivi montauto. La finitura di ogni copertura è stata realizzata in legno teak, così come i rivestimenti degli spazi di collegamento delle balze inferiori.

Per supplire all'esiguo spazio di manovra, una volta estratto il veicolo, si è inoltre realizzata, prima della rampa verso strada, una pedana rotante automatizzata che permette al veicolo di ruotare in modo agevole.

### PARAMETRI ARCHITETTURA SOSTENIBILE VERIFICATI

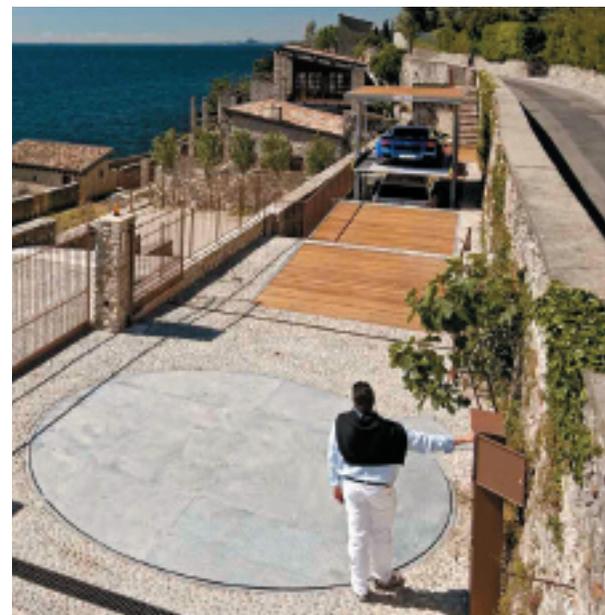
USO DI SUOLO ED ECOLOGIA	Utilizzo di aree dismesse	parcheggio interrato senza impatto su paesaggio; assenza di rampe e mantenimento livelli terreno
SOCIETÀ	Cura estetica del paesaggio	assenza di rampe utilizzo di materiali naturali (legno e pietra)

22-24. La balza superiore prima e al termine della realizzazione delle piattaforme di parcheggio. 25. Il sistema automatizzato di parcheggio (sistema Ideal Park) consente di disporre le auto su due livelli interrati e di operare manovre in luoghi anche angusti.

23



24 25





## ***In conclusione***

- rapportando gli esiti del progetto e del cantiere con i principi sostenibili e conservativi esposti, si può verificare come gli scopi principali siano stati raggiunti:*
- a. ridurre la pressione ambientale diminuendo l'impatto che comporta la costruzione, l'utilizzo e la dismissione degli edifici***
  - b. contribuire positivamente al benessere della comunità, cercando di rispondere sia ai bisogni pratici delle persone sia a migliorare il contesto, nella salvaguardia dell'ambiente e dell'architettura storica***