

**Apollo Zero versus MUSE.
Paesaggi solari**

Adriano Venudo
Contributi di
Giovanni Fraziano
Vanni Lughi
Claudio Meninno
Mariacristina D'Oria



© EUT Edizioni Universitarie di Trieste
Piazzale Europa, 1 - 34127 Trieste
www.eut.units.it
1^ edizione - Copyright 2019
ISBN 978-88-5511-038-9
E-ISBN 978-88-5511-039-6

Stampa

EUT Edizioni Università Trieste, luglio 2019



La versione elettronica di questo volume
è liberamente accessibile su OpenstarTs,
l'archivio digitale dell'Università di Trieste,
al link: www.openstarts.units.it

Attribuzioni contenuti, testi e immagini

Capitolo 1 - Osservazione: *Cambiare rotta?*, Adriano Venudo; *Apollo versus MUSE*, Adriano Venudo; *Apollo 13*, Giovanni Fraziano; *Utilità e bellezza: Arte, Architettura e Tecnologia*, Claudio Meninno; *Il progetto MUSE*, Vanni Lughi; *Macchine e paesaggi solari*, Adriano Venudo; *A Trip to the Moon*, Mariacristina D'Oria.

Capitolo 2 - Galleria retroattiva, Adriano Venudo, Mariacristina D'Oria.

Capitolo 3 - Esplorazione, Adriano Venudo, Giovanni Fraziano, Mariacristina D'Oria

Capitolo 4 - Apparati, Adriano Venudo, Mariacristina D'Oria

Elaborazione grafica, impaginazione e copertina
Mariacristina D'Oria

Proprietà letteraria riservata. I diritti di traduzione, memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale e parziale di questa pubblicazione, con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm, le fotocopie, le scansioni digitali e altro) sono riservati per tutti i Paesi.

Il volume è stato realizzato con fondi di ricerca 5 - ResRIC - VENUDO - Dipartimento di Ingegneria e Architettura- Units - MUSE - Progetto Interreg ITA - SLO 2014-2020 - Collaborazione transfrontaliera per la mobilità universitaria sostenibile energeticamente efficiente -WP1-WP.

Il presente volume è il risultato conclusivo dell'attività di ricerca svolta all'interno del DIA - Units, tra il dicembre 2017 e il dicembre 2018 all'interno del Progetto Interreg Italia-Slovenija 2014-2020, Asse 2, Priorità 4e, *Progetto MUSE, Collaborazione Transfrontaliera per la Mobilità Universitaria Sostenibile Energeticamente Efficiente. Čezmejno sodelovanje za trajnostno in energetsko učinkovito mobilnost univerz Cross-border cooperation for the sustainable and energy-efficient mobility of universities.*

Codice progetto: 1471964642, CUP UniTrieste: J92F16001440005.

Si ringrazia la prof.ssa Lidia Martorana per la revisione dei testi.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE



Apollo Zero versus MUSE

Paesaggi solari

Adriano Venudo

Contributi di

Giovanni Fraziano

Vanni Lughi

Claudio Meninno

Mariacristina D'Oria

EUT EDIZIONI UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Indice

Osservazione

p.08

1

Cambiare rotta?

Adriano Venudo

p.08

Apollo versus MUSE

Adriano Venudo

p.11

Apollo 13

Giovanni Fraziano

p.21

Utilità e bellezza: Arte, Architettura e Tecnologia

Claudio Meninno

p.29

Il progetto MUSE

Vanni Lughi

p.37

Macchine e paesaggi solari

Adriano Venudo

p.45

A trip to the Moon

Mariacristina D'Oria

p.61

Galleria retroattiva

Adriano Venudo, Mariacristina D'Oria

p.71

2

3 Esplorazione

Adriano Venudo, Giovanni Fraziano, Mariacristina D'Oria
p.82

p.83 **Lancio [inserimento]**

p.99 **Raggiungimento dell'orbita [concept]**

p.107 **Fase di crociera [composizione]**

p.115 **Manovre orbitali [funzionamento]**

p.119 **Atterraggio [tecnica]**

p.125 **Apollo Zero [progetto]**

4 Apparati

p.128

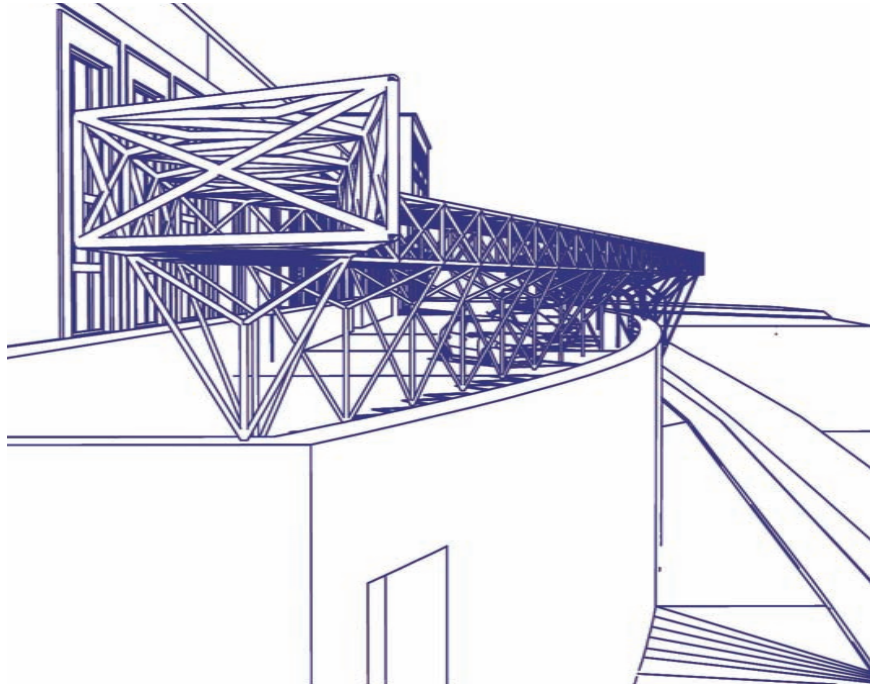
p.128 **Bibliografia generale**

p.131 **Fonti delle immagini**

p.134 **Autore e contributi**

Apollo versus MUSE

Adriano Venudo

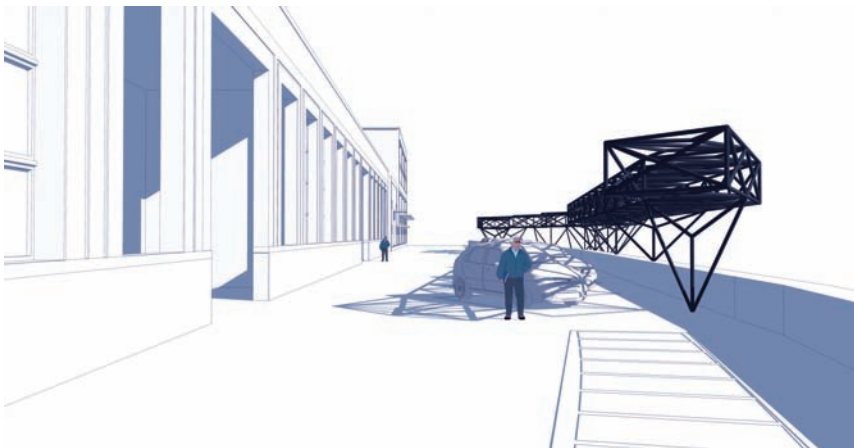


Vista prospettica da sud-est del traliccio solare: inserimento e interazione con il muro di contenimento su via Valerio e con la cortina costituita dai padiglioni del Campus.

Il progetto Interreg MUSE ha molteplici obiettivi scientifici che diversi partner hanno sviluppato, in maniera coordinata e interdisciplinare, con numerose progettualità. Tutto però è gravitato attorno a un'ipotesi principale: elaborare soluzioni e dispositivi per produrre energia “pulita”, a basso impatto ambientale, da utilizzarsi per un nuovo sistema di mobilità urbana, anch'essa a basso impatto: la mobilità elettrica.

Il progetto di ricerca Interreg MUSE ha trovato una prima sintesi nello sviluppo di un'applicazione sperimentale, Apollo Zero, una macchina solare, ma anche una macchina urbana, perché pensata sia come dispositivo tecnologico per la produzione di energia solare, sia come primo spazio urbano attrezzato di una rete più ampia, a servizio della mobilità legata ai flussi (interni ed esterni) del campus universitario di Trieste.

Apollo Zero racchiude diversi aspetti di un percorso di ricerca multidisciplinare: matematico-ingegneristico, urbanistico-funzionale, tecnologico, strutturale, economico, paesaggistico e architettonico.



Macchina solare e paesaggio urbano

Le prime macchine complesse furono quelle realizzate per sfruttare il vento e l'acqua dei fiumi: mulini a vento e mulini ad acqua (figg. 1-3), macchine che divennero fin da subito anche delle architetture con spazi abitabili. Nasceva così il paradigma delle “macchine architettoniche”. Le ibridazioni tra macchina e architettura si sono susseguite con gli sviluppi legati alla tecnica e alle invenzioni di navi, aerei, treni, dirigibili, fino poi alle stazioni orbitali, alle piattaforme petrolifere e alle basi sottomarine o tra i ghiacciai polari, segnando lo sviluppo di un filone di “architetture utilitarie” (figg. 8-10), congegnate per particolari condizioni climatiche, spesso estreme, quindi pensate per specifici ambienti e soprattutto in relazione al “lavoro”¹ da sviluppare e da cui trarre energia o risorse di funzionamento. Sono architetture che pur essendo “tecnologicamente autoreferenziali” in quanto fortemente artificiali e con altissimi contenuti tecnologici (macchine per l'appunto) rispetto a quelli architettonici o paesaggistici, instaurano (nella forma e nella struttura) sempre e comunque uno strettissimo legame con l'ambiente, generalmente di tipo utilitaristico, motivo di numerose invenzioni formali e strutturali sia per l'architettura che per l'ingegneria. Si tratta di gusci, membrane, capsule e tralicci (figg. 8-13) in acciaio, in leghe e, in generale, in materiali leggeri ma prestanti che declinano il linguaggio funzionalista con l'estetica high-tech in strانيanti “corpi tecnologici”.

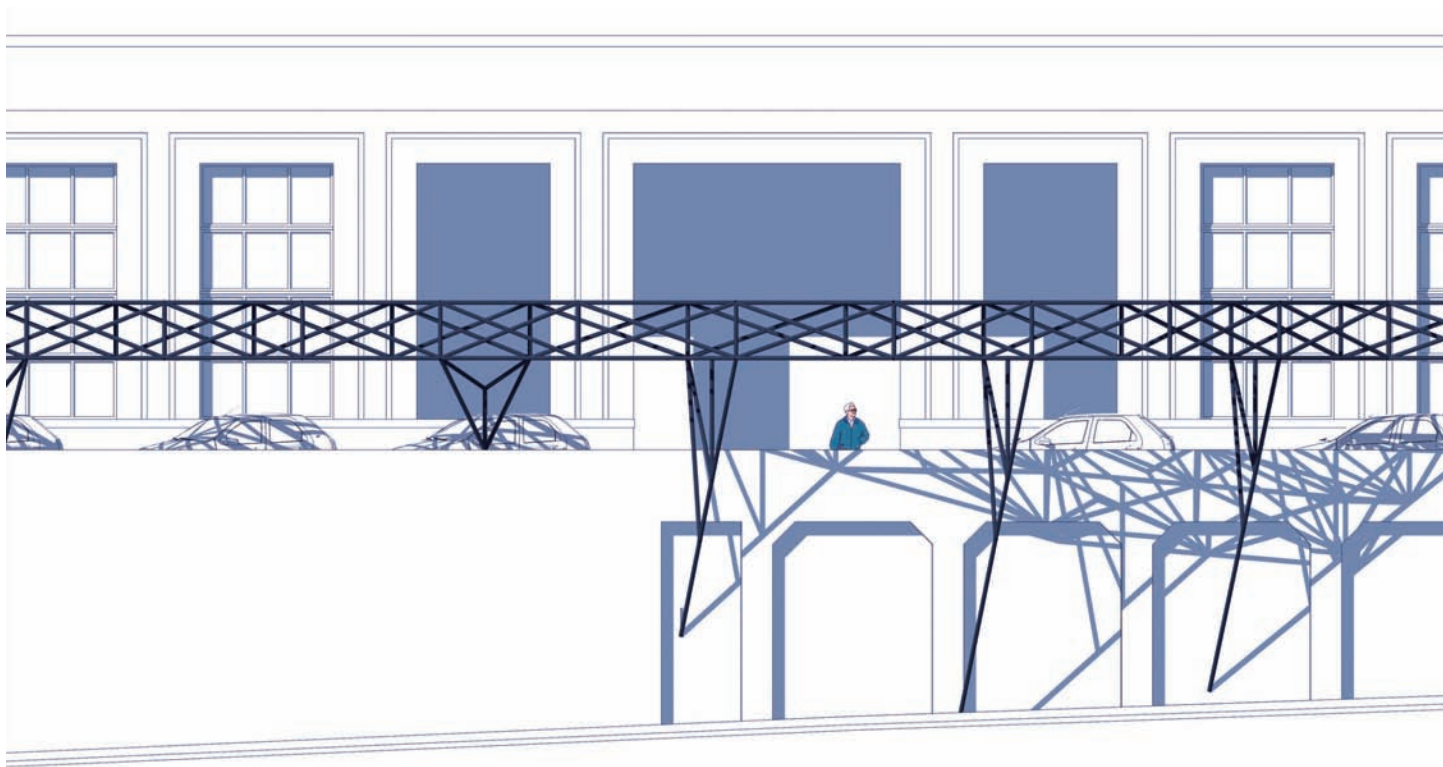
Queste architetture utilitarie o macchine architettoniche, anche se inizialmente relegate agli ambienti estremi o agli ambienti di “lavoro”, hanno avuto un ruolo dirompente nel corso della storia dell'architettura e nell'invenzione di sperimentali paesaggi urbani² ispirando una nuova architettura³ e continue ricerche in campo spaziale e artistico⁴, sempre tese verso quelle che Banham definiva “utopie neotecnologiche”⁵. Ed è proprio da questo filone che riparte la ricerca di Apollo Zero:

[...] Sono strutture abitative poggiate su otto gambe, che ne permettono gli spostamenti. Le immagini proposte da Herron fanno scalpore. Le enormi macchine mobili di Walking-City che sbarcano davanti a Manhattan, che campeggiano nel deserto o che sbucano dal mare di fronte a una Algeri in cui è stato realizzato il piano Obus di Le Corbusier indicano però che la ricerca architettonica non può fermarsi, limitandosi alla gestione dell'ordinario e del fattibile; e anticipano la speranza, che sarà fatto proprio dagli studenti del Sessantotto, ovvero che la professione possa finalmente proiettarsi verso l'utopia [...]⁶

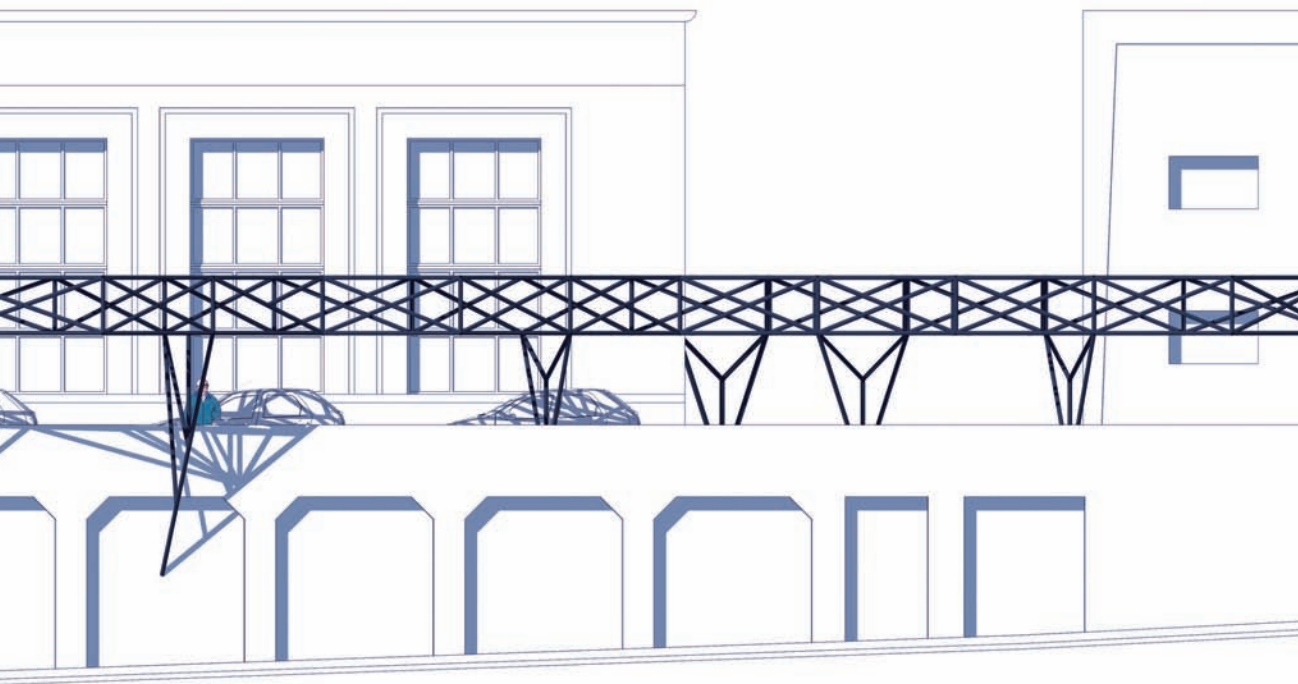
La ricerca di forze nell'ambiente e la possibilità di sfruttare dinamiche della natura che sopperissero alla limitatezza della forza umana per “svolgere un lavoro” e trasformare l'energia, ha caratterizzato l'evoluzione storica delle macchine⁷ e di conseguenza anche dell'architettura⁸, come aveva intuito Giedion già nei primi anni del secolo scorso: un'evoluzione che con il *technological utopianism*⁹ arriva fino ai giorni nostri. C'è un legame diretto tra uomo, natura ed evoluzione tecnica che si estrinseca proprio nell'invenzione della macchina e nello sviluppo del rapporto “forma e struttura” derivante dalle macchine stesse ed in particolare da quelle complesse¹⁰. Apollo Zero nasce da questi presupposti, e anche se a differenza della definizione stretta di macchina, non prevede un moto fisico, questo traliccio solare è sicuramente identificabile come una macchina¹¹ poiché è costituito da componentistica che potremmo assimilare al “motore” (aste e nodi del telaio strutturale, celle e teli fotovoltaici, trasformatori, alternatori, accumulatori, cablature, ecc.) e che risponde a standard e requisiti tecnologici per svolgere “un lavoro” ciclico: captare e poi trasformare l'energia solare in energia elettrica e immetterla costantemente nella micro-grid urbana di Trieste. Se poi conside-

Viste prospettiche da sud-est e da nord-est del traliccio solare: rapporto e interazione con quinta urbana del Campus e il muro di contenimento su via Valerio. Definizione di un nuovo spazio centrale attrezzato per la sosta, la ricarica dei mezzi elettrici e la viabilità del Campus.





riamo la geometria complessiva, l'insieme e la natura delle sue parti costitutive, il funzionamento interno (ovvero il “lavoro” che compie), e non da ultimo la funzione esterna, quella urbana, potremmo sicuramente annoverare Apollo Zero tra le “macchine complesse”. E proprio in quanto macchina, il sistema di congegni e di tutte le componenti tecnologiche che trasformano l'energia solare in energia elettrica, sono assemblati in un'armatura tridimensionale, geometricamente modulata sulla figura primaria e indeformabile del triangolo, che poi spazialmente diventa tetraedro, per costruire un telaio essenziale su cui spiegare teli e membrane solari (fig. 8) e appendere o incastonare microcelle fotovoltaiche stampate. Il risultato è una struttura portante, libera nell'aria alla ricerca del sole, che ricorda un'ossatura ridotta al minimo necessaria per svolgere la funzione di supporto e di tensore (variabile in relazione alla posizione e all'esposizione solare), con una logica analoga a quella degli alberi navali che sorreggono le vele o delle strutture alari dei biplani o, ancora, degli esili e altissimi tralicci dell'alta tensione (figg. 4-6). La forma che ne risulta coincide con la razionalità geometrica e l'economicità della struttura a telaio (fig.7), la quale integra le funzioni produttive, i dispositivi tecnologici, ma anche i servizi e le attrezzature per lo spazio urbano su cui si inserisce. Ed è proprio qui, nell'interazione con il contesto urbano che la “macchina solare”, Apollo Zero, diventa un'architettura: articolandosi nello spazio e tra gli edifici ridisegna il suolo e la viabilità del campus triestino,



Profilo della nuova quinta urbana del Campus su salto di quota su via Valerio costituita dal basamento esistente, dai fronti dei padiglioni per la didattica e dal traliccio solare.

reinventa un nuovo rapporto e significato per il terrapieno¹² sul salto di quota e ridefinisce le qualità e l'articolazione dello spazio aperto (ai bordi e al centro) dell'intero terrazzamento (tra il campus e via Valerio), conferendogli il ruolo di una vera e propria piazza spalancata sulla città, con nuove inquadrature e sequenze di spazi. Se letto in questi termini, Apollo Zero da macchina solare assume la connotazione di un'architettura del paesaggio, che non soltanto ridisegna i piazzali del campus, ma diventa anche dispositivo di fruizione e quindi di valorizzazione dell'intero paesaggio urbano, affacciato sul golfo.

Paesaggio solare e macchina urbana

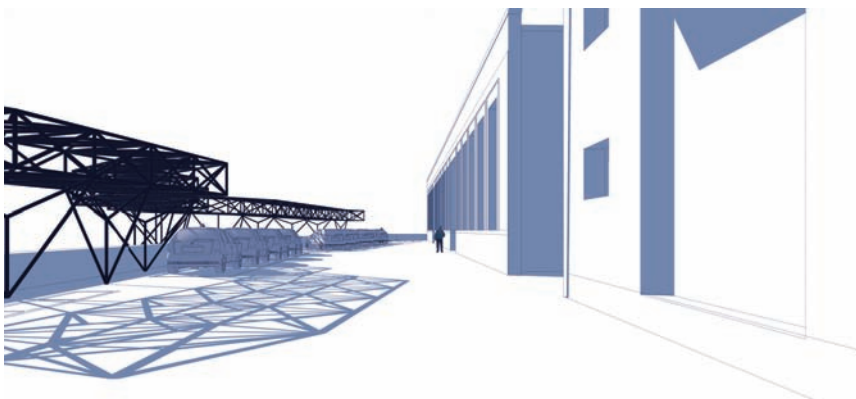
Apollo Zero è un traliccio solare che utilizza le più avanzate tecnologie per la captazione (teli e membrane combinate con microcelle stampate), oltre che un innovativo sistema automatizzato di immissione dell'energia nella micro-grid urbana, gestito da un algoritmo elaborato appositamente dal gruppo di ricerca. A questa avanzata componente tecnologica si è cercato di far corrispondere un layout architettonico altrettanto articolato: quello di una macchina urbana, che mira a ricucire il tessuto dello spazio aperto interno ed esterno al campus, dei percorsi pedonali, delle aree di sosta, della viabilità carrabile e in generale del funzionamento dell'intera cittadella universitaria. Per queste ragioni e nella ricerca della migliore esposizione, il traliccio solare si articola su vari livelli, componendo as-

sieme ai padiglioni esistenti, una inedita quinta urbana su via Valerio. La quinta, così ricomposta tridimensionalmente, diventa anche matrice per la riorganizzazione dell'intero piazzale sud-est del campus e contemporaneamente di tutti posteggi di ricarica elettrica. Apollo Zero ridisegna in un tecnologico e insieme simbolico paesaggio solare tutto il fronte urbano del campus, segnalando come un landmark, oltre che l'ingresso alla città, la nuova stazione solare.

Forma e struttura. Esperimento con-testo per un design solare

Una macchina solare di per sé è un oggetto molto semplice, un supporto che sorregge moduli fotovoltaici per captare l'energia solare e una serie di dispositivi per convertirla in energia elettrica. Di per sé potrebbe essere semplicemente un "impianto" e non necessariamente uno spazio. Abbiamo ripercorso fin qui però l'evoluzione delle macchine in relazione all'architettura e alla caratterizzazione dello spazio (dell'uomo), ma anche al ruolo assunto dalle macchine nella costruzione della città e oggi del paesaggio. Ne sono un eclatante esempio il mastodontico campo solare "Crescent Dunes" di *SolarReserve* (fig. 14) o il "Floating photovoltaic" in Cina (fig. 17), tra i più grandi al mondo, o il super-edificio della Tesla, il "Gigafactory" (fig. 15), o, ancora, l'intero quartiere urbano della "Copenhagen International School" (fig. 16). Questi sono casi emblematici che ci mostrano come la frontiera del design solare non sia soltanto efficiente o mimetica applicazione architettonica, o al massimo ricerca dei termini formali di integrazione, i quali per lo più, seppur costituiscano importanti punti di arrivo nelle ricerche "sul fotovoltaico integrato - BiPV", non sono ancora vera elaborazione di un filone architettonico specifico. Il design solare dovrebbe generare nuove e paradigmatiche combinazioni del rapporto forma-struttura-tecnologia.

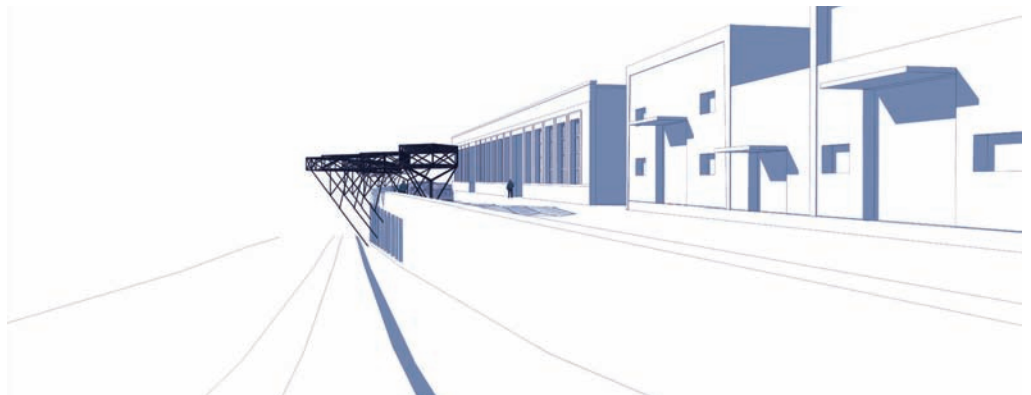
Non è ancora stato fatto il salto di qualità architettonica e paesaggistica, che invece la pura tecnologia solare ha già fatto. I tentativi di integrazione sono stati realizzati sempre impiegando il modulo (applicazioni). Non è stato mai messo in discussione il componente standard, salvo alcuni rarissimi esempi (quelli citati),

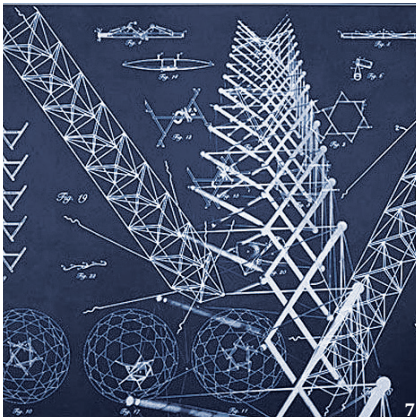
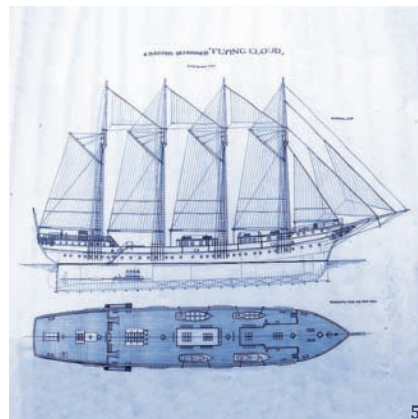
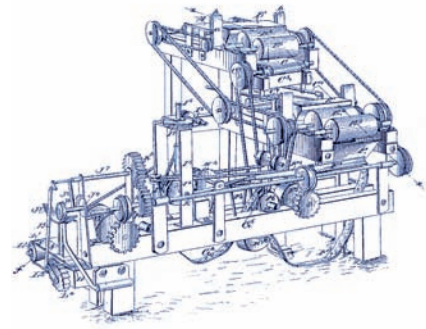
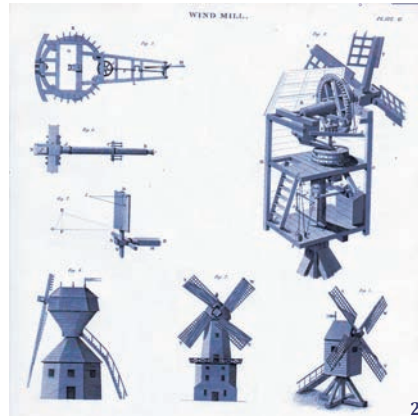
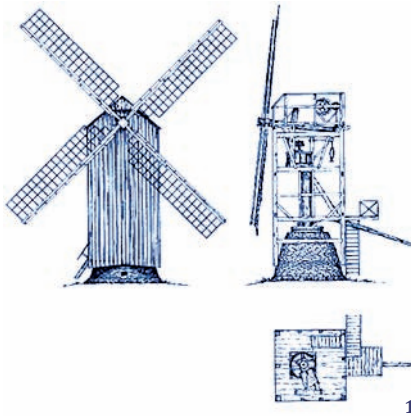


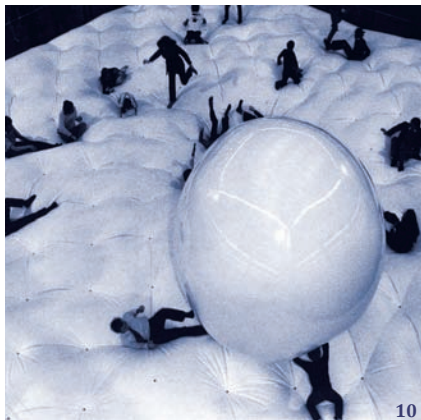
Viste prospettiche del traliccio solare: la nuova piazza sul terrazzamento del Campus e l'articolazione della struttura reticolare con il basamento esistente.

in cui si è lavorato sulla cella e non sul modulo, benché considerare la cella alla stregua di un pixel sarebbe un passaggio rapido e semplice che forse potrebbe far fare un primo vero e importante scarto culturale, oltre che applicativo. Sono stati elaborati vari morfotipi come le serre solari, i camini solari, la colonna solare, le membrane fotovoltaiche, le pareti fotovoltaiche trasparenti, le celle stampabili fotovoltaiche e gli impianti gonfiabili fotovoltaici, ma forse il più rivoluzionario è il fotovoltaico organico. Ora grazie a quest'ultimo, che rende "più libera" l'applicazione e di conseguenza la composizione, è arrivato il momento di sperimentare nuove forme e strutture architettoniche che nascano dalla disposizione, dall'orientamento, dall'inclinazione dei moduli, dall'andamento delle stagioni, dai climi, dalle necessità tecniche, ma anche dalle ragioni dell'architettura, insomma dall'intero "contesto solare", matrice di un vero e proprio design del sole in grado di integrare storia (mito), ambiente, architettura, struttura e tecnologia. Questo punto introduce un'ultima riflessione a proposito del trasferimento tecnologico del fotovoltaico in architettura, che come è sempre stato nel corso della storia sia per i nuovi materiali che per le macchine, ora deve essere riletto tramite un lento e fisiologico processo di progressiva innovazione compositiva e costruttiva dell'edificio. Con le seguenti parole Rafael Moneo, nel discorso alla Harvard University, illustrava il paradosso insito nel contesto della disponibilità tecnologica contemporanea:

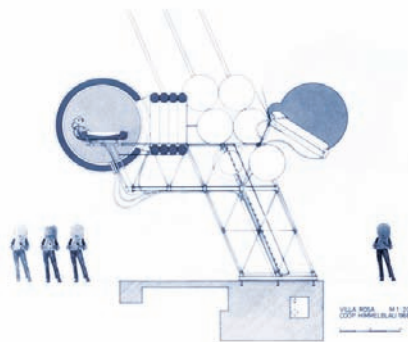
[...] un tempo, essere architetto comportava il fatto d'essere costruttore [...]. La conoscenza dei principi costruttivi doveva essere così profonda, da consentire all'architetto quell'invenzione formale che sempre precede il fatto costruttivo in sé [...]. Paradossalmente, è la flessibilità tecnica ciò che dà agli architetti la possibilità di dimenticare la presenza della tecnica. Oggi alle tecniche, grazie alla loro flessibilità, è consentito di scomparire [...] ciò rappresenta qualcosa di nuovo [...]. Ma quando l'arbitrarietà diviene così chiaramente visibile negli edifici, l'architettura è morta [...].¹³



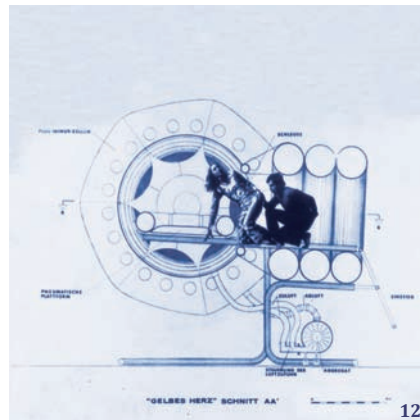




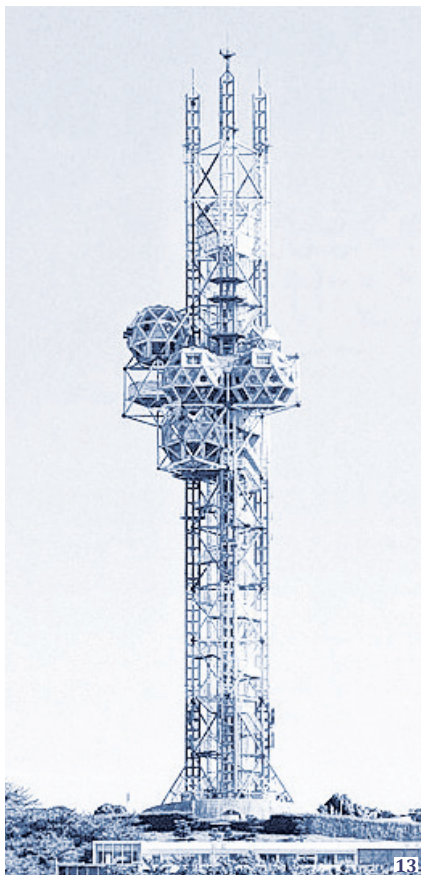
10



11



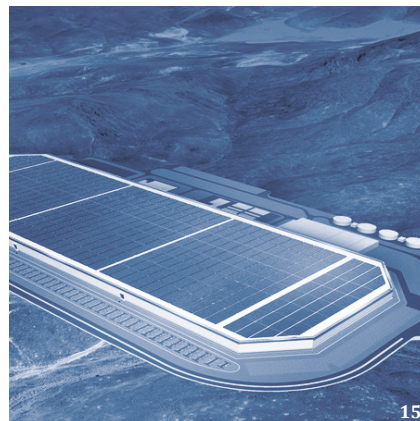
12



13



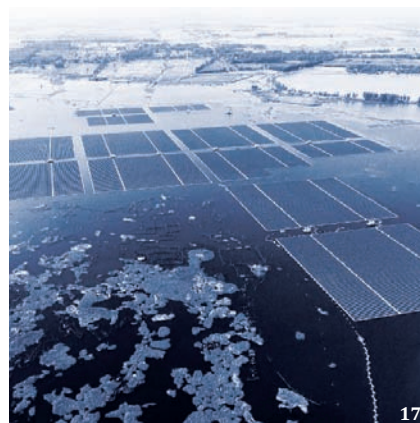
14



15



16



17

Note

1. Qui lavoro è inteso secondo la definizione fisica, ovvero (dal vocabolario Treccani): *“Nel linguaggio comune, la parola “lavoro” è applicata a qualsiasi forma di attività, fisica o mentale, che sia in grado di produrre un risultato. In fisica la parola “lavoro” ha un significato che comporta l’uso di due concetti: il concetto di forza e il concetto di spostamento. In fisica il lavoro si definisce come la forza che agisce su un oggetto e ne causa lo spostamento. In questa definizione del lavoro ci sono tre parole chiave: la forza, lo spostamento e la causa dello spostamento. In altri termini una forza, perché compia un lavoro su un oggetto, deve essere lei la causa dello spostamento dell’oggetto”.*
2. Si pensi alle “sperimentazioni neotecnologiche” di Archigram, ma alle megastrutture di Paul Rudolph e John Johansen, alle biosfere di Richard Buckminster Fuller, ai padiglioni metabolisti di Kisho Kurokawa o ai tralicci di Kiyonari Kuikutake.
3. G. Pettena, *Radicals. Architettura e design 1960/75*, Firenze, Il Ventilabro, 1996, p.26, 28, 29.
4. R. Banham, (edizione italiana a cura di M. Biraghi) *Architettura della prima età della macchina*, Milano, Christian Marinotti editore, 2005 (titolo originale: *Theory and Design in the First Machine Age*).
5. R. Banham nel 1956 collabora con l’*Indipendet Group* per l’allestimento della mostra “This is tomorrow show” che aprì una nuova stagione tra arte e architettura, con la nascita della pop art, ma fu anche l’inizio di sperimentazioni che declinavano corpo, tecnologia, ambiente. La rivista Archigram n.7 profilava un cambiamento di rotta con l’abbandono del tema delle macrostrutture al posto di unità abitative minime, capsule tecnologiche, altamente flessibili, mobili e che potessero funzionare indipendentemente su qualsiasi supporto o struttura.
6. L. P. Puglisi, *La storia dell’architettura. 1905-2018*, Milano, Luca Sossella Editore, 2019, pp.376-377.
7. V. Marchis, *Storia delle macchine. Tre millenni di cultura tecnologica*, Roma-Bari, Laterza, 2005, p.39.
8. S. Giedion, *Spazio, tempo, architettura*, Milano, Hoepli, 1954, pp.203-206.
9. H.P. Segal, *Technological utopianism in American culture*, Chicago, University of Chicago Press, 1985.
10. R. De Fusco, *Storia del design*, Roma-Bari, Laterza, 1985, p.24.
11. Dal vocabolario Treccani, definizione di macchina: *“In senso storico e antropologico, qualsiasi dispositivo o apparecchio costruito collegando opportunamente due o più elementi in modo che il moto relativo di questi trasmetta o anche amplifichi la forza umana o animale o forze naturali (come quelle prodotte dall’acqua e dal vento), e capace di compiere operazioni predeterminate con risparmio di fatica o di tempo. Rispetto agli strumenti più semplici costituisce uno sviluppo in quanto sistema complesso che consente un impiego più razionale della forza e realizza, nell’ambito delle attività umane (caccia, agricoltura, navigazione, produzione di manufatti, ecc.), procedimenti caratterizzati da uniformità, regolarità, ciclicità, i quali riproducono, su scala diversa, modelli costituiti da capacità umane o da eventi naturali, incorporando innumerevoli osservazioni collettive e perfezionamenti tecnici, a loro volta socializzati e (in contesti culturali omogenei) trasmessi grazie alla macchina stessa”.*
12. Il terrapieno esistente, realizzato in blocchi sbazzati di arenaria, assume il ruolo di basamento per la nuova struttura reticolare metallica posta sopra, andando così a configurare una nuova quinta urbana.
13. R. Moneo, *La solitudine degli edifici e altri scritti*. Sugli architetti e il loro lavoro, Torino, Umberto Alemani & C, 1999, p.49.

Fig. 1 - 2 disegni delle “macchine architettoniche”: mulini a vento.

Fig. 3 macchina a vapore.

Fig. 4 prototipo di biplano.

Fig. 5 l’architettura dei velieri: protostuttura che sfrutta il principio della tensegrity.

Fig. 6 traliccio per l’alta tensione.

Fig. 7 abaco di strutture a Tensegrity di Buckminster Fuller.

Fig. 9 Haus-Rucker, Co.’s Oase No. 7, Fridericianum, documenta 5, Kassel 1972.

Fig. 10 Riesenbillard, Haus-Rucker-Co, Hoehenrausch 1967.

Fig. 11 Coop Himmelb(l)au, Villa Rosa, Vienna, 1968.

Fig. 12 Haus Rucker Co, YellowHeart, 1969.

Fig. 13 Kiyonari Kikutake, Landmark Tower, Osaka Expo, 1970.

Fig. 14 parco solare Crescent Dunes di SolarReserve nel deserto del Nevada (2008).

Fig. 15 Gigafactory di Tesla realizzato nel Nevada nel 2014 è il più grande insediamento industriale al mondo (500.000 mq) interamente alimentato dall’energia solare.

Fig. 16 la Copenhagen International School realizzata tra il 2013 e il 2017 da Møller Architects a Copenhagen è un campus scolastico per 1200 studenti energeticamente autonomo grazie al solare integrato nelle coperture e facciate.

Fig. 17 in Cina, nella provincia di Anhui è stato realizzato dalla China Three Gorges Corp (2018) il più grande impianto fotovoltaico galleggiante al mondo (floating photovoltaic).