



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura - DICATeA
Corso di Laurea Magistrale in Architettura

**PROGETTO DI UN EDIFICIO IN TERRA CRUDA E PNEUMATICI
RICICLATI (EARTHSHIP): ASPETTI STRUTTURALI**

Relatore:

Prof. Daniele Ferretti

Correlatori:

Prof.ssa Sara Rainieri

Ing. Carlo Ferrari

Laureanda:

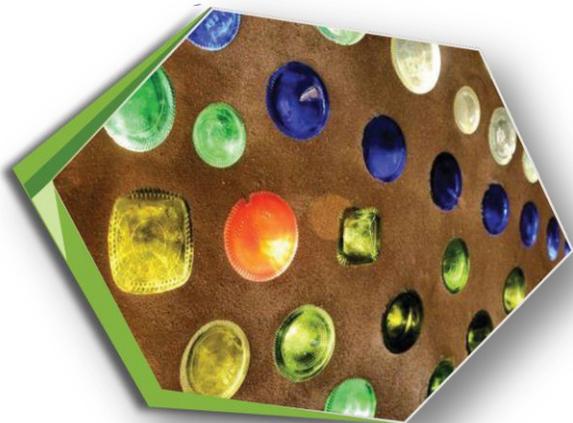
Valentina Pocaforza

Anno Accademico 2014-2015

COS'È UNA EARTHSHIP

Le Earthship sono delle abitazioni totalmente sostenibili, progettate e costruite da Michael Reynolds negli anni '70 e hanno un impatto ambientale minimo.

EARTHSHIP



È COSTRUITA CON MATERIALI DI RICICLO

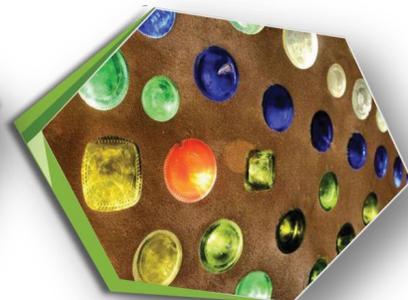
▶ TERRA CRUDA



▶ PNEUMATICI



▶ BOTTIGLIE E LATTINE USATE



OFF GRID ITALIA

Gruppo di persone passionate del vivere libero e sostenibile.

Dopo la prima cupola realizzata a Brescia, sono nate molte altre idee di progetto che l'associazione ora si prefigge di portare avanti per promuovere sempre più la filosofia Offgrid, tra cui la costruzione della prima Earthship italiana.



OFFGRID
ITALIA

www.offgriditalia.org

LA PRIMA EARTHSHIP ITALIANA

Sono presenti 15 Earthship in Europa.

L'area di progetto ipotizzata per la realizzazione della prima Earthship italiana.



Grugliasco (TORINO)

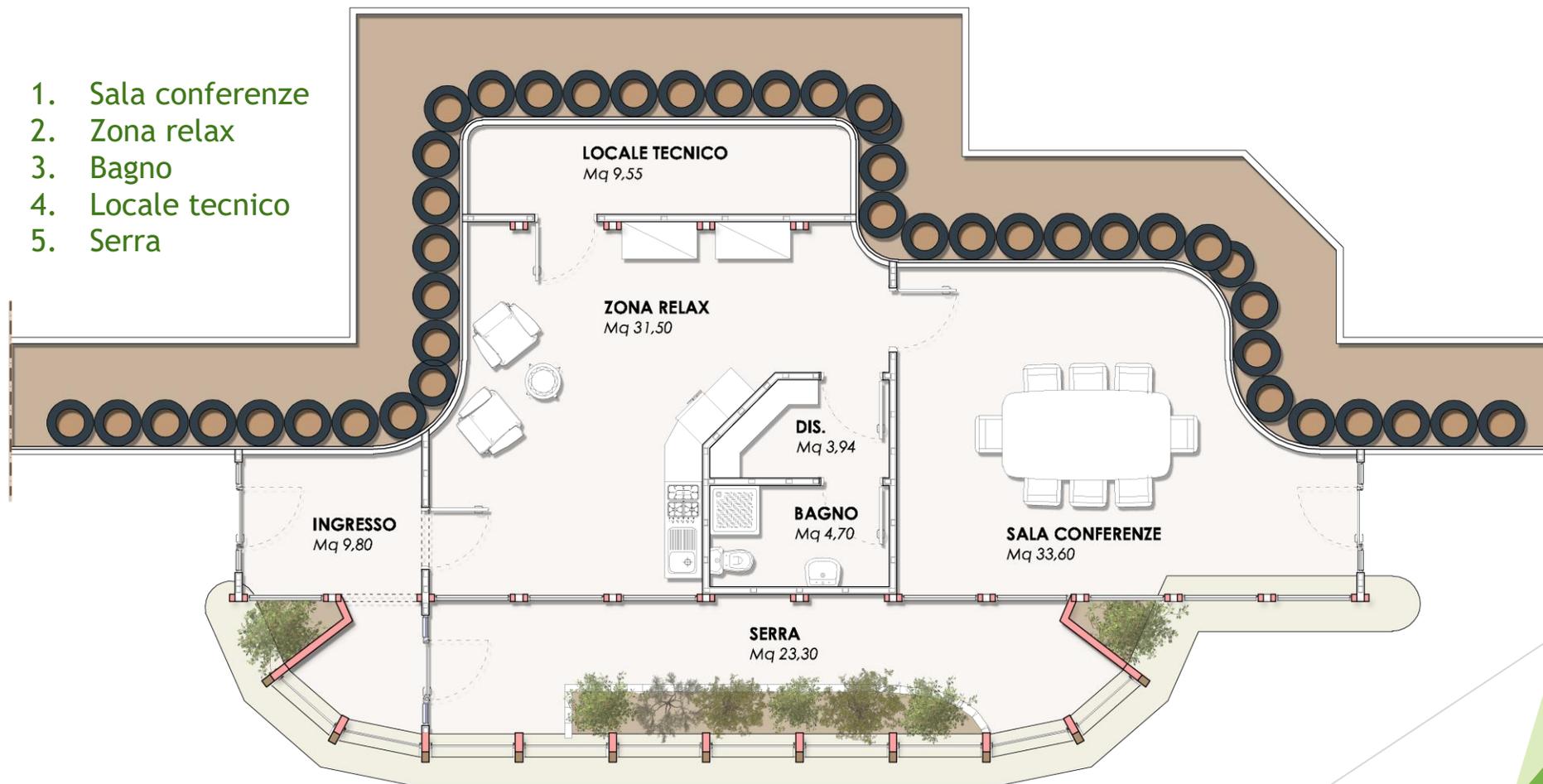


Giardino Bandiera

IL PROTOTIPO DI EARTHSHIP

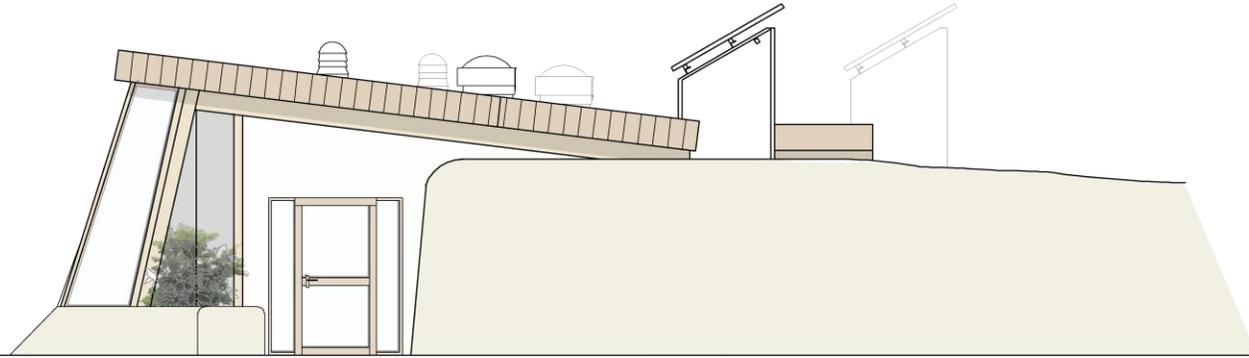
Padiglione temporaneo per lo studio dei comportamenti energetici dell'edificio.

1. Sala conferenze
2. Zona relax
3. Bagno
4. Locale tecnico
5. Serra



PIANTA

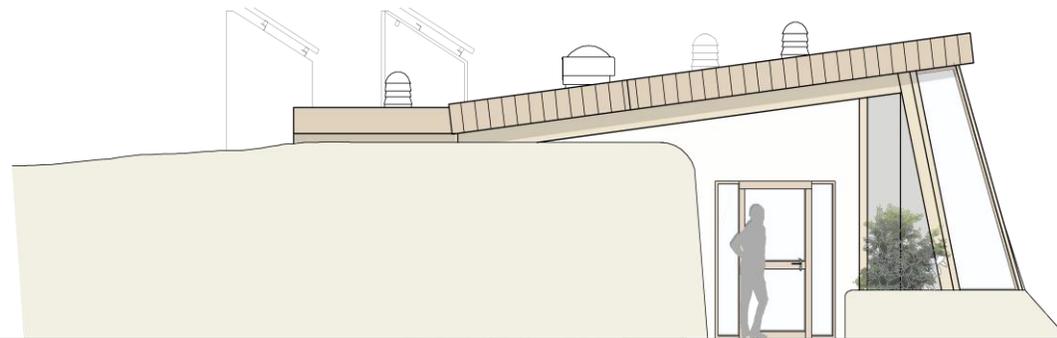
PROSPETTI



PROSPETTO EST

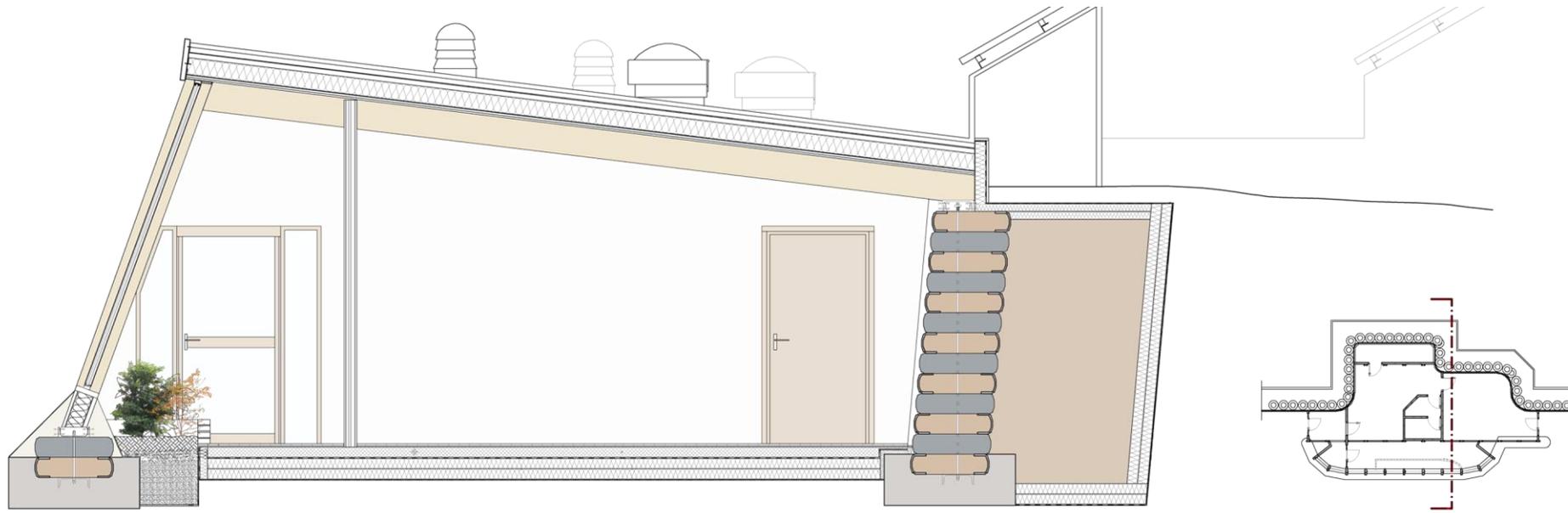


PROSPETTO SUD



PROSPETTO OVEST

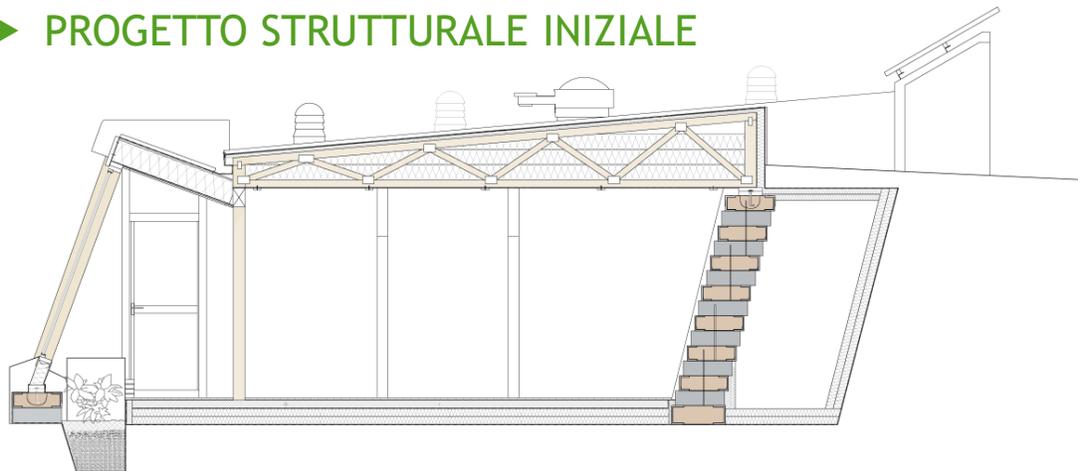
SEZIONE



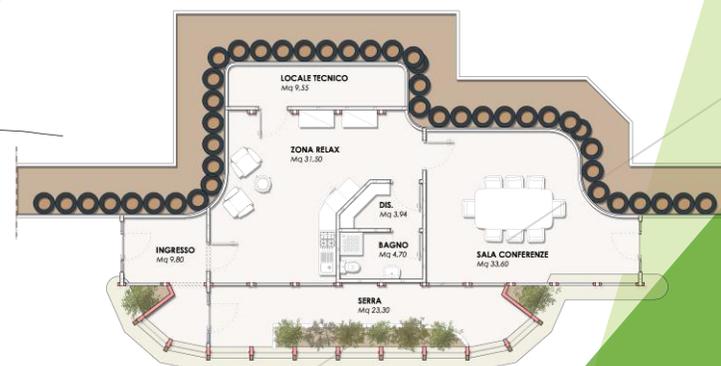
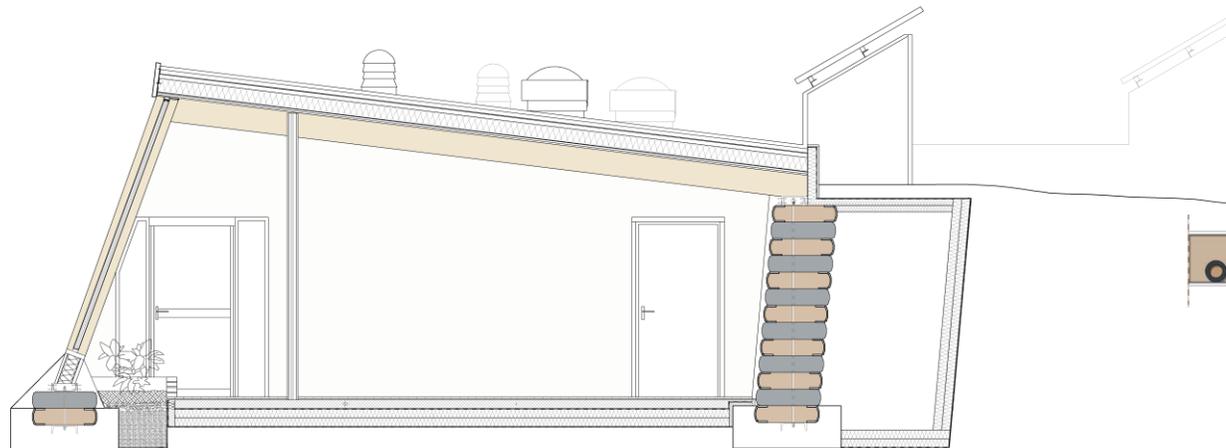
DALL'IDEA INIZIALE AL PROGETTO DEFINITIVO

L'idea iniziale di Earthship è stata cambiata in base ai calcoli effettuati per le verifiche statiche e sismiche.

► PROGETTO STRUTTURALE INIZIALE



► PROGETTO STRUTTURALE DEFINITO SECONDO NTC2008



PARETE IN PNEUMATICI

Sono state effettuate delle verifiche statiche e sismiche per quanto riguarda il rischio di slittamento e ribaltamento della parete in pneumatici.

Essendo un muro pneumatici-terra sono state prese in considerazione le NTC2008 riguardanti le opere di sostegno.



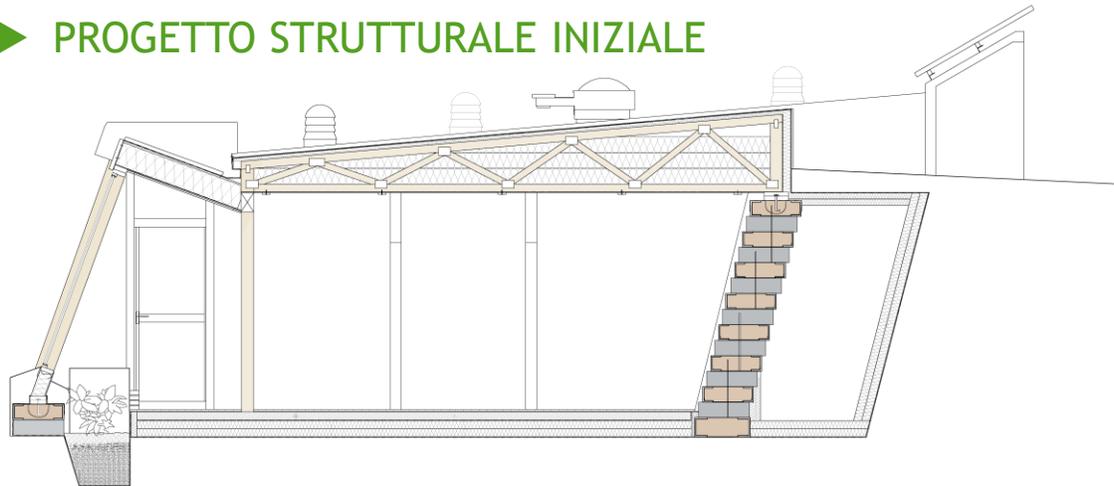
PARETE IN PNEUMATICI EARTHSHIP

Utilizzo di coefficienti sperimentali per quanto riguarda l'attrito tra pneumatico/pneumatico e pneumatico/terra da studio americano.

VERIFICHE STATICHE E SISMICHE DELLA PARETE IN PNEUMATICI

Per passare le verifiche è stato scelto di modificare quella che era l'idea originale del progetto, ovvero abbassare a 13 pneumatici la parete rispetto ai 17 iniziali.

► PROGETTO STRUTTURALE INIZIALE



VERIFICHE A RIBALTAMENTO

Ed	<	Rd
kN/m	<	kN/m
0,008918	<	4,688321
0,071341	<	5,813763
0,240776	<	6,977211
0,570728	<	8,178667
1,114703	<	9,418131
1,926207	<	10,6956
3,058745	<	12,01108
4,565823	<	13,36456
6,500947	<	14,75606
8,917623	<	16,18556
11,86936	<	17,65306
15,40965	<	19,15858
19,59202	<	20,7021
24,46996	>	22,28363
30,09698	>	23,90317
36,52658	>	25,56071
43,81228	>	27,25626

STATICA

Ed	<	Rd
kNm	<	kNm
0,008032	<	4,688321
0,064254	<	5,813763
0,216856	<	6,977211
0,514028	<	8,178667
1,003962	<	9,418131
1,734846	<	10,6956
2,754871	<	12,01108
4,112227	<	13,36456
5,855105	<	14,75606
8,031694	<	16,18556
10,69018	<	17,65306
13,87877	<	19,15858
17,64563	<	20,7021
22,03897	>	22,28363
27,10697	>	23,90317
32,89782	>	25,56071
39,45971	>	27,25626

SISIMICA

VERIFICHE A SCORRIMENTO

Ed	<	Rd
kN/m	<	kN/m
0,162139	<	8,892931
0,648554	<	10,4913
1,459247	<	12,08967
2,594218	<	13,68804
4,053465	<	15,28641
5,83699	<	16,88478
7,944791	<	18,48315
10,37687	<	20,08153
13,13323	<	21,6799
16,21386	<	23,27827
19,61877	<	24,87664
23,34796	<	26,47501
27,40142	<	28,07338
31,77917	>	29,67175
36,48119	>	31,27012
41,50748	>	32,86849
46,85806	>	22,96213

STATICA

Ed	<	Rd
kNm	<	kNm
0,14346	<	8,892931
0,573838	<	10,4913
1,291136	<	12,08967
2,295353	<	13,68804
3,586489	<	15,28641
5,164545	<	16,88478
7,029519	<	18,48315
9,181413	<	20,08153
11,62023	<	21,6799
14,34596	<	23,27827
17,35861	<	24,87664
20,65818	<	26,47501
24,24467	<	28,07338
28,11808	<	29,67175
32,2784	>	31,27012
36,72565	>	32,86849
41,45982	>	22,96213

SISIMICA

► PROGETTO STRUTTURALE DEFINITIVO



VERIFICHE A RIBALTAMENTO

Ed	<	Rd
kN/m	<	kN/m
0,008918	<	4,688321
0,071341	<	5,813763
0,240776	<	6,977211
0,570728	<	8,178667
1,114703	<	9,418131
1,926207	<	10,6956
3,058745	<	12,01108
4,565823	<	13,36456
6,500947	<	14,75606
8,917623	<	16,18556
11,86936	<	17,65306
15,40965	<	19,15858
19,59202	<	20,7021

STATICA

Ed	<	Rd
kNm	<	kNm
0,008032	<	4,688321
0,064254	<	5,813763
0,216856	<	6,977211
0,514028	<	8,178667
1,003962	<	9,418131
1,734846	<	10,6956
2,754871	<	12,01108
4,112227	<	13,36456
5,855105	<	14,75606
8,031694	<	16,18556
10,69018	<	17,65306
13,87877	<	19,15858
17,64563	<	20,7021

SISIMICA

VERIFICHE A SCORRIMENTO

Ed	<	Rd
kN/m	<	kN/m
0,162139	<	8,892931
0,648554	<	10,4913
1,459247	<	12,08967
2,594218	<	13,68804
4,053465	<	15,28641
5,83699	<	16,88478
7,944791	<	18,48315
10,37687	<	20,08153
13,13323	<	21,6799
16,21386	<	23,27827
19,61877	<	24,87664
23,34796	<	26,47501
27,40142	>	18,70273

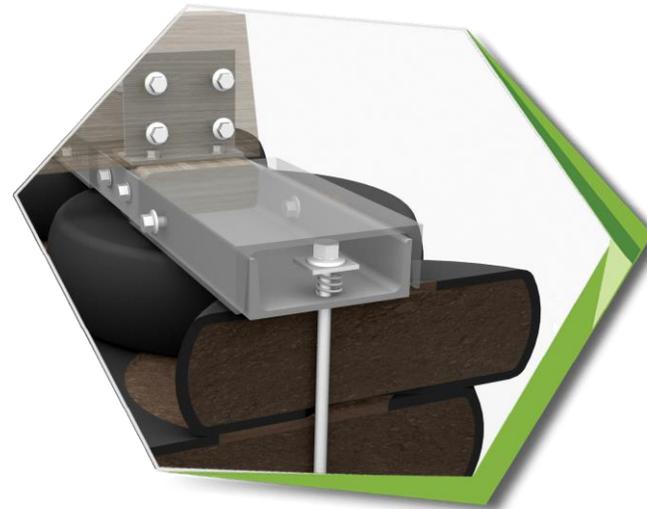
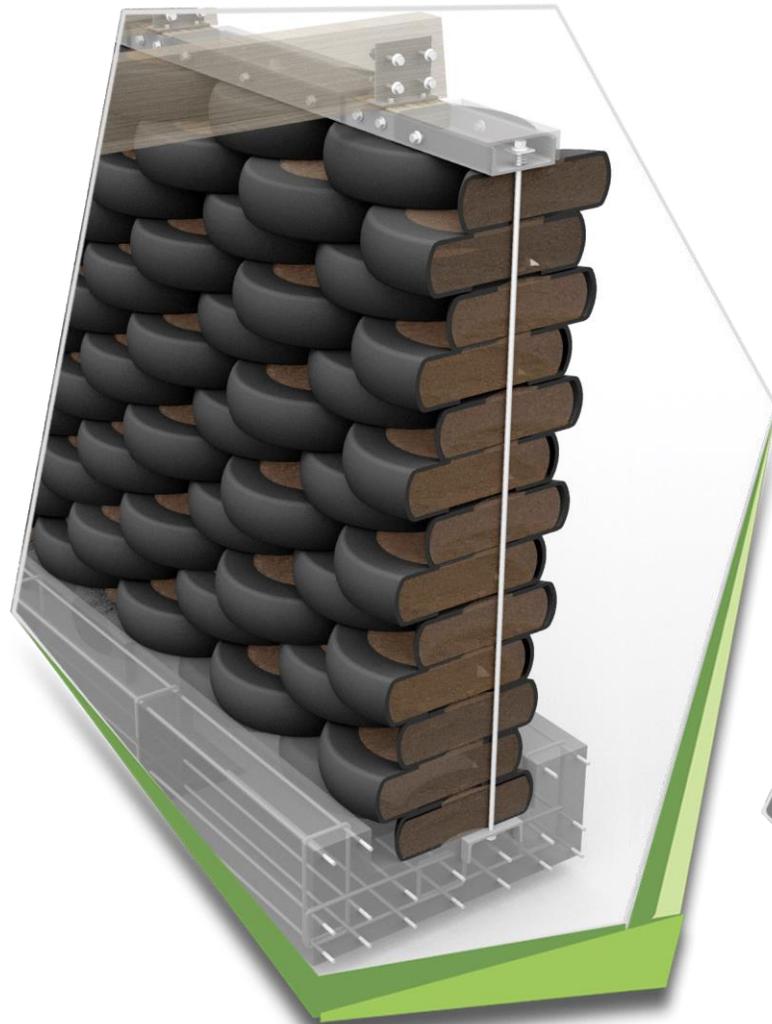
STATICA

Ed	<	Rd
kNm	<	kNm
0,14346	<	8,892931
0,573838	<	10,4913
1,291136	<	12,08967
2,295353	<	13,68804
3,586489	<	15,28641
5,164545	<	16,88478
7,029519	<	18,48315
9,181413	<	20,08153
11,62023	<	21,6799
14,34596	<	23,27827
17,35861	<	24,87664
20,65818	<	26,47501
24,24467	>	18,70273

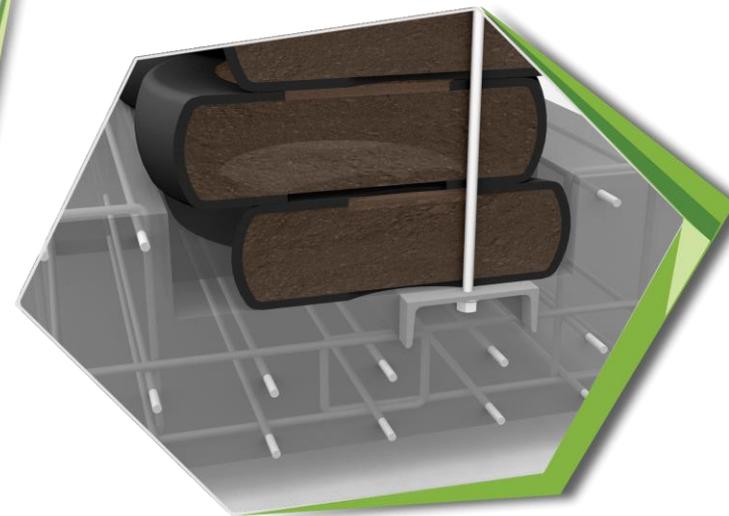
SISIMICA

ADEGUAMENTO SISMICO DELLA PARETE IN PNEUMATICI

Per rimediare al problema dello slittamento dell'ultimo pneumatico si è scelto di precomprimere la parete per garantire attrito e dare un comportamento monolitico alla parete.

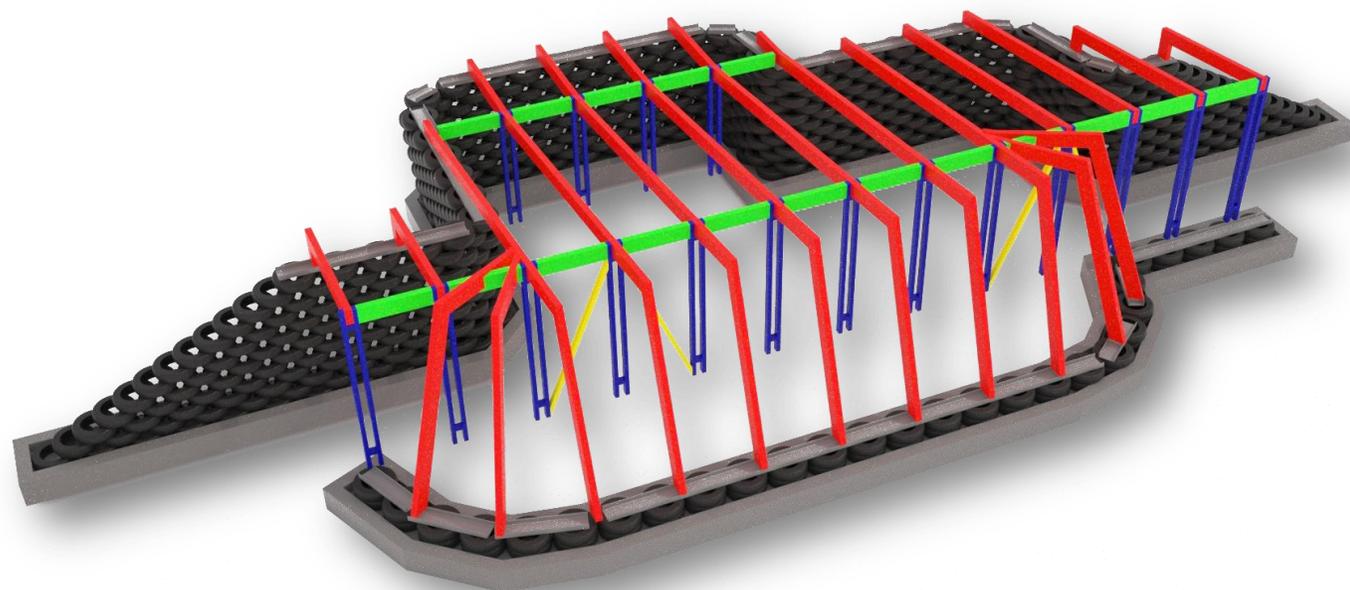


Si applicano delle molle per evitare perdite di precompressione a causa della viscosità del terreno e degli pneumatici.



È stato inoltre introdotto un cordolo in cls alla base della parete per evitarne lo slittamento globale.

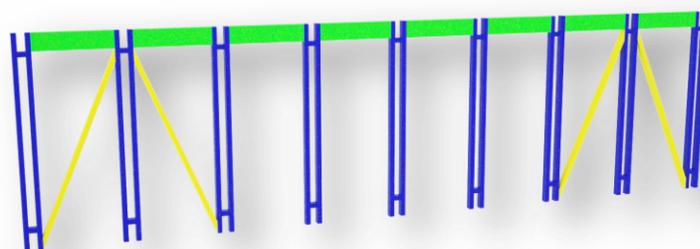
VERIFICHE STATICHE E SISMICHE DELLA STRUTTURA IN LEGNO



SCHEMA STRUTTURALE



TRAVE E COLONNA



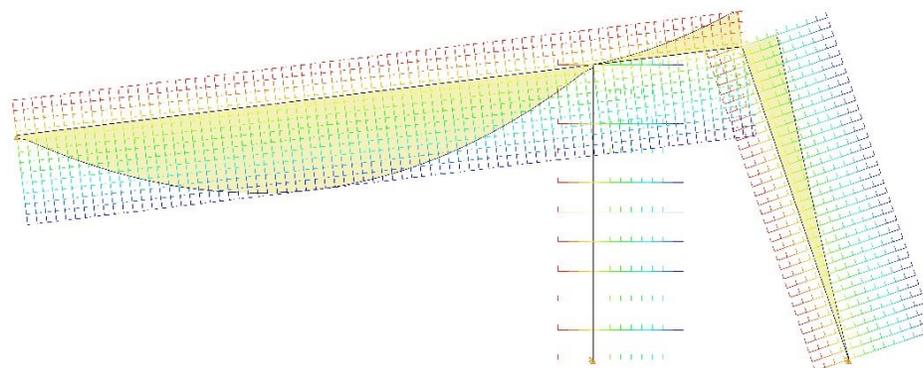
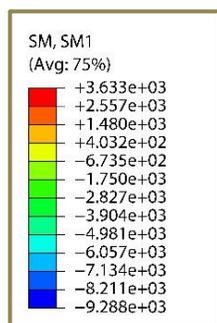
TELAIO CONTROVENTATO

VERIFICHE PER LA TRAVE IN LEGNO

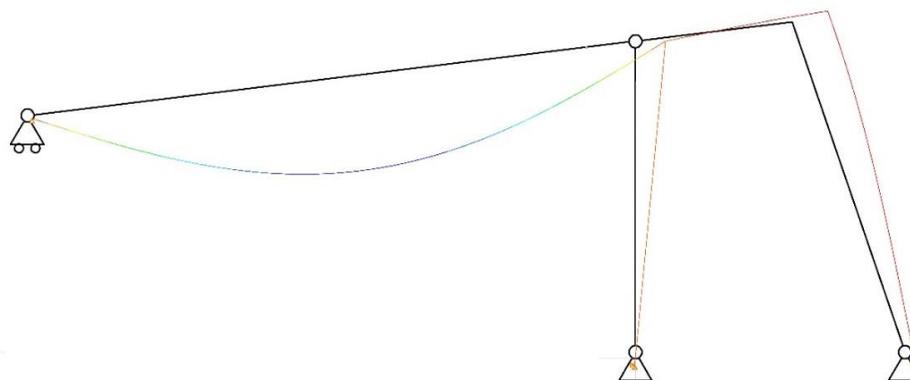
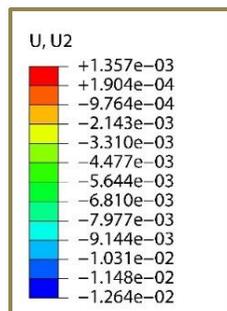
Dopo aver predimensionato la trave e la colonna sono stati calcolati i momenti e le tensioni degli elementi resistenti, utilizzando il software 'Abaqus'.

Si noti che la trave appoggia sugli pneumatici con un vincolo di carrello in modo da scaricare l'azione sismica sulla serra, evitando di trascinare la parete in pneumatici.

► MOMENTO FLETTENTE NELLA COMBINAZIONE SISMICA



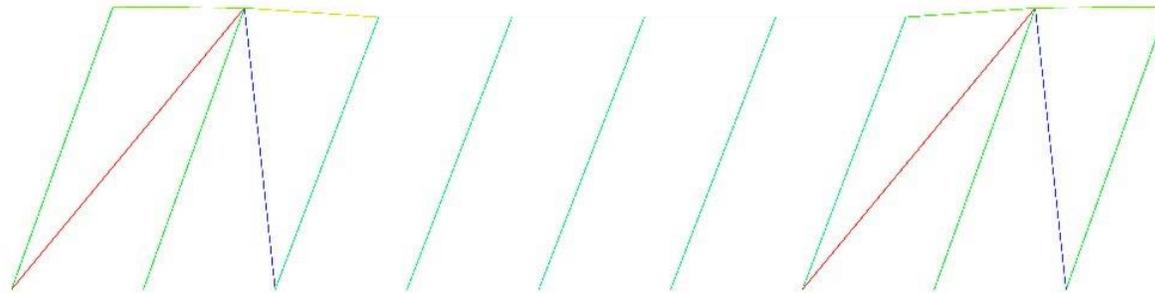
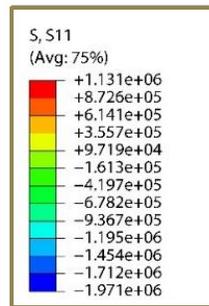
► SPOSTAMENTI NELLA COMBINAZIONE SISMICA



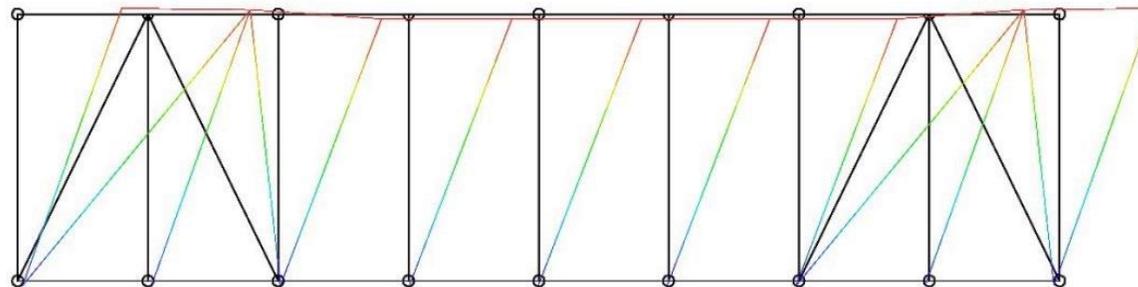
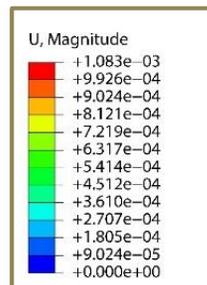
VERIFICHE DEL TELAIO CONTROVENTATO

Si può notare che in questo caso i controventi sono stati collocati in maniera ottimale, riducendo al minimo gli spostamenti dovuti all'azione sismica.

► TENSIONI NELLA COMBINAZIONE SISMICA

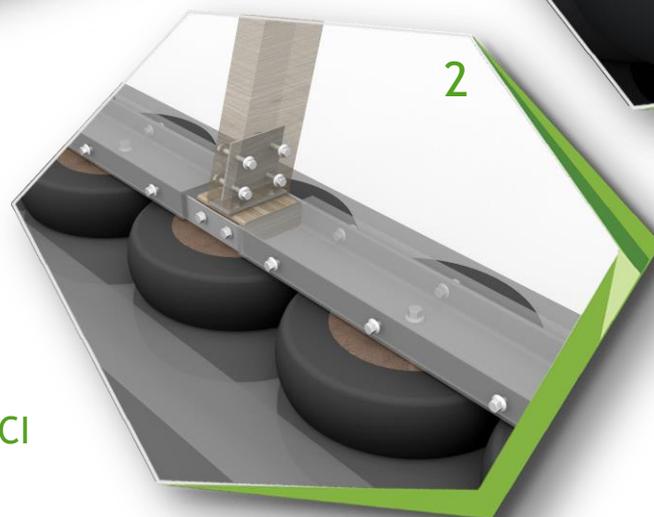
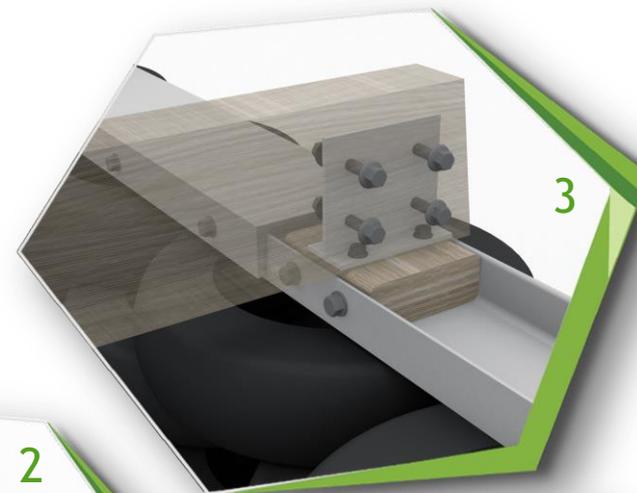
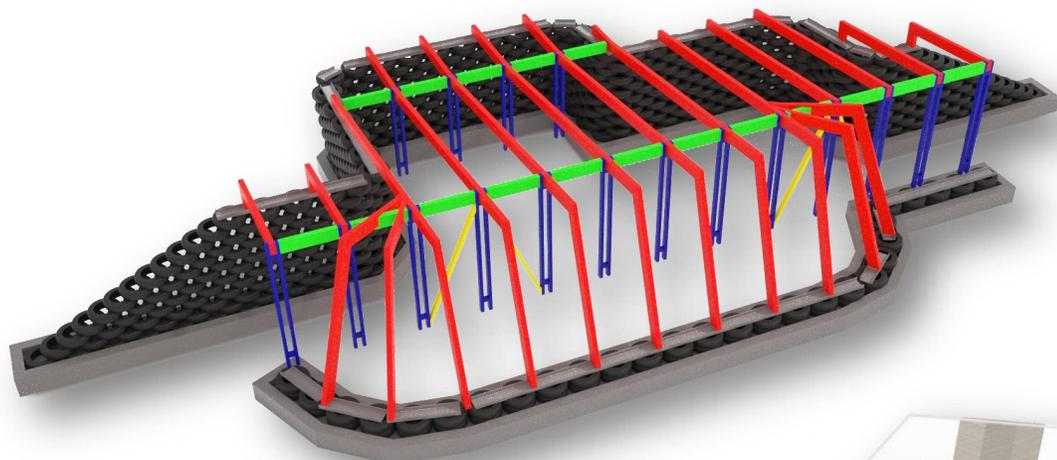


► SPOSTAMENTI NELLA COMBINAZIONE SISMICA



NUOVI DETTAGLI COSTRUTTIVI ANTISISMICI

La struttura della serra si integra con le travi di copertura andando a fungere da controvento per la copertura stessa e scaricando quindi a terra le azioni simiche.



1. INCASTRO TRAVE
2. ATTACCO TRAVE - TERRA
3. ATTACCO TRAVE - PARETE PNEUMATICI

PROBLEMATICHE RIGUARDANTI GLI PNEUMATICI

► PNEUMATICO, MATERIALE NON NORMATO DALLE NTC2008

«I materiali e i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere previste dalle presenti norme, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione.

[...] Materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nelle NTC2008 devono essere in possesso di un **Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego** rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di linee guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.»

(NTC2008, paragrafo 4.6)

PROBLEMATICHE RIGUARDANTI GLI PNEUMATICI

► PROBLEMATICHE AMBIENTALI

Il pneumatico posato a parete contro terra mette in dubbio il rilascio di materiali inquinanti sul terreno. Questi studi sono stati realizzati negli Stati Uniti, e difficilmente adattabili alla normativa Italiana

Per quanto riguarda la pericolosità non ci sono equivoci: il Codice Europeo dei rifiuti (Cer) stabilisce chiaramente che i pneumatici fuori uso sono rifiuti NON pericolosi.

Quindi se adeguatamente isolati dal terreno e con una certificazione di idoneità tecnica, nulla vieta agli pneumatici di poter essere riutilizzati come materiale da costruzione.

CONCLUSIONI

Con l'attenta analisi delle NTC2008, si è arrivati a progettare una Earthship che (con verifiche ancora più dettagliate e specifiche) potrebbe essere costruita a livello sperimentale, anche in zona sismica.

Una Earthship potrebbe essere costruita anche in Italia, seguendo procedure complicate ma possibili.

Grazie per l'attenzione