

Politecnico di Milano  
Facoltà di Architettura e Società  
Corso di laurea magistrale in Architettura

**Per una sostenibilità delle tecniche costruttive  
Studio e sperimentazione di un materiale locale: la palma**

relatore Scudo Giovanni  
studente Gabrieli Mattia  
matricola 740456

A.A. 2010/11

INDICE

Abstract	.....3
1 Inquadramento	.....4
1.1 Figuig, Marocco	
1.2 Storia	
1.3 Clima	
1.4 Tessuto economico e sociale	
2 L'oasi e la sua valorizzazione	.....9
2.1 La triade dell'oasi	
2.2 Cooperazione e progetto	
3 Descrizione del topos Figuig	.....14
3.1 Analisi morfologica urbana	
3.2 Casa a patio	
3.3 Materiali locali	
4 Proposta tecnica	.....22
4.1 Tecniche costruttive locali	
4.2 Studi preliminari	
4.3 Test materiale palma	
4.4 Esperienza abete rosso	
4.5 Assemblaggio trave	
4.6 Test	
5 Recupero di una casa tradizionale	.....29
5.1 Rilievo	
5.2 Proposte progettuali	
6 Allegati	.....74
6.1 Tecnici	
6.2 Grafici	
Bibliografia	.....111

## Abstract

Il Marocco non possiede ingenti riserve di materie prime né la sua economia risulta particolarmente florida, perdipiù in un contesto internazionale in pieno fermento rivoluzionario; Figuig inoltre, la città-oasi ove ho svolto il lavoro di tesi, non è una delle realtà marocchine più sviluppate e floride. Da questi dati oggettivi deriva la percezione, da parte della popolazione locale, delle proprie ristrettezze e arretratezze (vere o presunte) a confronto con l'esistenza come la si può condurre nel mondo occidentale. La presenza di questo divario genera dunque aspirazioni (comprensibili, giustificabili, ma "pericolose") che solo sporadicamente però sono accompagnate dalla coscienza e dalla capacità effettiva di scelta, quella cioè che porta ad investire in ciò di cui si ha realmente bisogno, in un'ottica di razionalità generale.

Per invertire questa tendenza occorre far avvertire l'eccesso prima che esso si compia, far percepire il pericolo anche prima (almeno in parte) che esso si imponga nei fatti. Un cammino non facile ma la volontà di condividere le esperienze è, in un mondo globalizzato, non solamente impellente ma quanto mai praticabile...

È questa la prospettiva dei progetti di cooperazione, finanziati (poco, e con difficoltà) allo scopo di fornire non solo "aiuto" ma esempio, costruendo conoscenze ed atteggiamenti, in modo da scardinare un "pensiero" predisposto, il luogo comune di un immaginario che coltiva malamente nuovi bisogni e desideri.

Sostenibilità, ecocompatibilità, patrimonio culturale sono concetti i cui risvolti possono e debbono essere intesi da tutti, ma necessitano di una forte mediazione per essere assimilati e tradotti in azioni concrete. La consapevolezza di immergersi in una realtà differente, come quella di essere promotori di *una* alternativa e non dell'unica soluzione praticabile, devono servire a commisurare le aspettative e gli atteggiamenti del proprio operato, per non creare più danni che benefici. La riuscita nei propri intenti può essere testimoniata infatti solo da una adozione *volontaria* da parte dei beneficiari degli strumenti a loro forniti.

Poco può importare infatti una tradizione millenaria, se è vista come vincolo ad un mondo povero invece che come il risultato di una esperienza tramandata ed affinata nelle generazioni.

Poco può importare se una casa in terra offre maggior confort ed è completamente riciclabile, se proviamo ancor oggi a costruire torri di Babele e sappiamo considerare solo le forme più consumistiche di economicità.

Dunque se una prima parte del messaggio che si tenta di far passare è di imparare dalla propria tradizione, la seconda sarà di mettersi in continuità con essa nell'ipotizzare gli sviluppi futuri.

Tutte le attività attinenti a questo lavoro di tesi, condotto in sette mesi di permanenza, hanno cercato di soddisfare le ragioni sin qui esposte, in modo da offrire una soluzione alle carenze oggettive delle case tradizionali ma sottolineandone al contempo le qualità.

La conoscenza delle - ridotte - varianti costruttive, riconducibili essenzialmente al binomio terra-cemento; l'inchiesta su quali ragioni spingano i locali ad abbandonare il tessuto storico a vantaggio delle recenti espansioni edilizie; la scelta dei materiali, tutti reperibili in loco, per sottolineare l'indipendenza da fonti esterne di cui anche un ambiente così impervio può godere; l'adozione per la proposta tecnologica di tecniche quanto più povere e riproducibili; il coinvolgimento degli artigiani locali nella creazione degli elementi sperimentali per ampliare le loro conoscenze. Attraverso questi passi, che considero inderogabili, ho potuto contribuire al progetto di cooperazione nel quale mi ero inserito, portando tra l'altro un contributo alla stesura di un manuale di tecniche costruttive locali.<sup>1</sup>

Il progetto di restauro di una casa tradizionale di seguito proposto vede l'introduzione di un elemento di orizzontamento, una trave in palma, capace di fungere da rompitratta e duplicare così la

---

<sup>1</sup> M. Achenza, Il manuale del recupero dell'edilizia tradizionale dell'oasi di Figuig. Criticità e buone pratiche, Dottorato di ricerca in Architettura XXIV ciclo A.A.2010-11.

superficie di solaio delle stanze. La tecnica di assemblaggio adottata è capace di sorpassare i limiti prestazionali del materiale: in questo modo, nell'ottica di una continuità d'uso del materiale principe dell'oasi, sarebbe possibile incentivare il mantenimento del tessuto storico di Figuig e stimolarne la razionalizzazione delle risorse. La possibilità di avere ambienti ampi è infatti impraticabile quando ci si attenga alle tecniche tradizionali; inoltre l'adozione di questo elemento da me studiato e sperimentato, accrescendo il campo d'applicazione della palma, potrebbe incentivare una maggiore cura nella gestione del palmeto, fonte di vita della stessa comunità prima che di materiale edile. Funzionalità ed economicità sono condizioni necessarie ma di certo non sufficienti perché se ne abbia una adozione nella pratica costruttiva: occorrerà, perché questa si verifichi, che vengano anzitutto riconosciute le ragioni alla base di quanto esposto nella mia tesi.

## 1.1

### *Figuig, Marocco*

Appare necessaria una premessa che inquadri la situazione socio-politica dell'area, rendendo meglio comprensibile la realtà nella quale si è operato.

I recenti conflitti che hanno interessato il Nord Africa ed altri paesi islamici infatti hanno avuto eco relativamente debole in questo regno, ove il figlio del precedente monarca sembra aver intrapreso una politica più apertamente democratica rispetto al passato. Non mancano tuttavia malumori interni, testimoniati ancora una volta dalle fasce più giovani, così come non mancano dispute sulla sovranità di alcuni territori (Repubblica Democratica Araba Sahrawi<sup>2</sup>) e problemi derivanti dalla presenza di enclavi spagnole.

Bisogna inoltre rilevare le marcate differenze nei modi di vita delle diverse regioni marocchine, proporzionali ovviamente alla ricchezza e dunque al grado di occidentalizzazione.

La regione dell' Oriental, con capoluogo Oujda, risulta essere abbastanza povera per conformazione e risorse, oltre che periferica politicamente confinando per tutta la sua lunghezza con l'Algeria, con la quale non esistono ottimi rapporti: le poche merci di scambio sono infatti contrabbandate.<sup>3</sup>

La regione occupa il 12% del territorio nazionale e conta circa 1,8 milioni di abitanti di cui il 55% risiede in città; essa è geograficamente ben delimitata: a nord dal Mediterraneo, a sud dalla fascia pre-sahariana, ad ovest dal Rif centrale e la valle della Moulouya, ad est dall'Algeria; e risulta composta geologicamente da 4 unità: area del Rif orientale, area degli altopiani (gli "hauts plateaux"), alto Atlas e area continentale dello Hamadien.<sup>4</sup>

Scendendo verso sud dalla costa mediterranea, ove si concentrano le attività agricole e terziarie, e superate le prime colline si apre un arido altipiano, alla fine del quale si trova l'oasi di Figuig.

## 1.2

### *Storia*

---

2 Nei primi anni Settanta del secolo scorso emerse l'evidente importanza economica dei ricchissimi giacimenti di fosfati presenti nel Sahara Occidentale; la politica marocchina motivò fortemente la popolazione a stabilirsi in quella regione: fu la cosiddetta "Marcia Verde". Senza spargimento di sangue, già nel 1976 due terzi del territorio sahariano erano annessi al regno, mentre la parte restante fu occupata dalla Mauritania. L'annessione non è ancora oggi stata riconosciuta né da diversi stati africani né dal Fronte Polisario di indipendenza: la popolazione locale, i sahrāwī, invoca infatti il diritto all'autodeterminazione dei popoli.

3 La guerre des sables, o guerra della sabbia, fu combattuta nel 1963 tra Marocco e Algeria. Il conflitto scoppiò a causa di un contenzioso territoriale sorto tra i due stati, in particolare per le zone di frontiera di Bechar e Tindouf. L'8 ottobre 1963 l'esercito algerino attaccò a sorpresa alcune guarnigioni marocchine disposte lungo il confine. Le FAR (Forze Armate Reali) di Hassan II risposero al fuoco e lanciarono una potente controffensiva, ma l'intervento dell'Organizzazione dell'Unità Africana impose il cessate il fuoco. Accordi successivi definirono la linea di una frontiera che in totale conta più di 1500 chilometri, ma questa fu chiusa nel 1994, in seguito a un attentato avvenuto a Marrakech e attribuito dal Marocco agli algerini. *Le matin.ma*

4 Ossia la parte non marina di rocce cretacee sedimentarie depositate sull'Africa occidentale. *Begdouri & Omrane 2002*

Dopo quasi trecento chilometri con solamente qualche cittadina di passaggio e sparse tende di nomadi, raggiunto il confine meridionale della regione quella che si schiude, circondata dalle ultime alture prima dell'aperto deserto, è una depressione ove l'uomo è stanziato da millenni.

La testimonianza di civiltà neolitiche risiede nei numerosi siti di incisioni rupestri presenti nell'area sud-orientale del Marocco, sempre in corrispondenza di zone ricche di acqua. Queste tracce sono state collocate temporalmente e denominate a seconda dei soggetti raffigurati: trattandosi infatti per la maggior parte di figure di animali, a seconda della specie rappresentata si è risaliti ad un periodo storico caratterizzato dalla presenza nell'area di una determinata specie (cavalli, cammelli...).

Conoscendo da altre fonti l'origine di tali animali, o meglio a che culture o gruppi tribali fossero legati, si è capito anche quali popoli nell'antichità passarono nella zona. Questo delle incisioni rupestri è purtroppo un patrimonio assolutamente non tutelato e sconosciuto ai più, anche a causa di una coscienza non ancora sviluppata della varietà di valori della propria cultura e della ricchezza che essi possono generare.

La formazione dell'oasi è dovuta alla progressiva sedentarizzazione di tribù nomadi che, sfruttando il naturale riparo offerto dalle montagne, crearono una stazione di sosta sulla via carovaniere che percorre il Sahara. Trovandosi infatti ai margini del grande deserto l'oasi divenne crocevia obbligato per tutti coloro che stavano per avventurarsi o che se ne stavano congedando.

Prima tra queste tribù di cui si abbia memoria orale è la Zenètes, originaria dell'area compresa tra Mزاب, l'Atlas sahariano e la zona di Figuig, cui dal X sec. si affiancano i primi appartenenti a gruppi provenienti da Fez; è dal secolo successivo che si stanziava nell'area un nutrito gruppo di Sanhajas provenienti dall'Hoggar algerino. A queste componenti berbere dal XIII sec. si affianca, perlopiù mischiandovisi, quella araba degli Hilaliens.

Presente sin dai tempi antichi è anche la comunità ebraica, come testimoniato dai ghetti inseriti nei quartieri storici; la sua presenza, legata ad attività economico-artigianali, diminuirà nettamente con il declino commerciale dell'oasi nel Novecento. Vi è poi a Figuig, come in tutto il paese, un'altra componente non secondaria: quella degli africani di pelle nera (va ricordata la tendenza dei maghrebini a non considerarsi propriamente africani), giunti immancabilmente nell'oasi per svolgere i lavori più umili come schiavi, legati a ricche famiglie dallo storico(?) vincolo.<sup>5</sup> Infine vanno segnalati tutti coloro (per la maggior parte berberi) che conducono una vita di pastorizia nomade: per essi la pubblica amministrazione prevede oggi programmi di stanziamento, soprattutto in funzione dei servizi minimi di igiene e formazione.

Nel passato si ebbero frequenti scontri tribali per la supremazia e per il fondamentale controllo dell'approvvigionamento idrico. Tali scontri portarono alla composizione attuale dell'abitato, risalente al XIX sec. Essa è caratterizzata da sette ksour o quartieri, raggruppabili per la loro posizione in tre agglomerati: El Maiz, Laabidat, Loudaghir e Oulad Slimane a N-O, i due Hammam, Foukani e Tahtani, a N-E e Zenaga a S. In questi sette ksour si distribuisce attualmente una popolazione di circa 12.000 abitanti.

I primi interessi europei in Marocco sono riscontrabili già nel XVIII sec., ma è dal XX che tale presenza si fa consistente, portando all'istituzione del protettorato francese nel 1912. È in questo periodo che arrivano in città la ferrovia<sup>6</sup> e le prime abitazioni in cemento armato, nonché qualche artista innamorato dell'antica esoticità del luogo. L'arrivo dei colonialisti vede tra l'altro il sorgere di un nuovo quartiere, detto cité administrative, caratterizzato da edifici in cemento e dalle sedi delle amministrazioni locali.

A seguito del ritorno ad una piena indipendenza, raggiunta nel 1956 quando venne rimesso sul trono il re dell'anteguerra Mohammed V, compaiono in città le prime forniture di abete rosso, a tutt'oggi

<sup>5</sup> Addarkaoui A.2000 et [www.ville.figuig](http://www.ville.figuig)

<sup>6</sup> La ferrovia che giunge a Beni Ounif de Figuig nel 1902 ed a Béchar (Algeria) nel 1906, se sulla carta avrebbe dovuto creare un ponte per la "civilizzazione francese" di marocchini e sahariani, risulterà letale per i commerci carovaniere che sino a quel momento avevano vitalizzato l'oasi, impiantando il seme di quel cambiamento che oggi mette a rischio la sopravvivenza stessa di questa .

ancora l'unica essenza importata. Con il successore, Hassan II, padre del re attuale, segue un quarantennio di ombre e luci che vede una lenta permeazione alla cultura occidentale; la forte attrazione esercitata prima dalla Francia e dalla Spagna, poi anche dalle maggiori città del regno innesca nella sperduta realtà rurale di Figuig un consistente moto migratorio che, iniziato già dagli anni Venti, tende oggi a privare della necessaria forza lavoro il delicato regime del palmeto, che richiede cure continue. Si tratta però di allontanamenti mai definitivi, come testimoniano le ingenti rimesse economiche<sup>7</sup> e talvolta anche le seconde case, quasi esclusivamente in cemento, che i migranti si costruiscono per il proprio ritorno.

Il confine attuale tra Marocco ed Algeria, risalente ad un accordo del 1972, ha di fatto privato l'oasi di una sua propaggine, la località di Beni Ounif a circa sei chilometri di distanza, che ora cade sotto il governo algerino; ciò, oltre a creare diatribe politiche, ha generato le problematiche legate alla perdita delle proprietà ed alla divisione dei nuclei famigliari.

Peraltro è solo dal 1992, nonostante la provincia portasse già il suo nome, che Figuig è provvista di una propria municipalità, la quale deve comunque demandare talune funzioni ad uffici siti a Bouarfa.

Nel complesso la realtà di Figuig, che di certo è indissolubilmente legata all'attività rurale, appare oggi ancora in bilico tra una gestione arcana e consapevole della propria armonia ed il forte impulso all'abbandono, se non del luogo, perlomeno di uno stile di vita che molti dei suoi abitanti considerano obsoleto (in seguito ad una evoluzione o ad una involuzione?). Alcuni aspetti dell'esistenza tradizionale possono sicuramente risultare poveri se non tediosi, soprattutto agli occhi di un europeo, ed un loro abbandono sembra già segnato; ciononostante, come per ogni paese che desidera colmare quel gap col nostro chiassoso benessere, è tassativo, irrinunciabile che il processo di assimilazione di una cultura altra (la nostra) si svolga in modo coscientemente mediato.

### 1.3

#### *Clima*

Sebbene la città rientri nella zona a clima desertico – le cui condizioni sono estreme, con notevoli picchi e sbalzi di temperatura, scarsa piovosità e scarsa umidità dell'aria – anche grazie a venti regolari, la conca che ospita Figuig risulta sicuramente più ospitale dell'aperto Sahara, ove pure si trovano numerose oasi, denominate di Erg.<sup>8</sup>

Le temperature massime, che oscillano dai 36 ai 39°C, si registrano durante i mesi di giugno, luglio ed agosto mentre le minime, che variano da -1 a 1°C, si registrano durante i mesi di dicembre, gennaio e febbraio. Se si paragonano questi dati con quelli di Bouarfa, l'altra municipalità della provincia, si vede che le temperature a Figuig sono più estreme, sia in estate che in inverno. L'albedo medio è stato calcolato al 35%, valore considerevole ma giustificato dalla mancanza di verde nella zona abitata e dal materiale principe per le costruzioni, la terra, che presenta tinte abbastanza chiare.

Il clima sahariano è caratterizzato da frequenti tempeste di sabbia, possibili grazie ad una velocità del vento che raggiunge punte di 8 m/s e scende raramente sotto i 2 m/s; la direzione dominante è nord con leggera tendenza ad ovest per tre stagioni, d'estate il vento corre invece longitudinalmente, invertendo la direzione tra mattino e pomeriggio.<sup>9</sup>

L'umidità relativa non supera mai il 60% e si attesta anzi mediamente su valori ben inferiori: un dato su cui influisce sicuramente l'azione costante del vento. La traspirazione della terra, ove essa non è protetta dalla vegetazione (peraltro totalmente artificiale), è ovviamente altissima. L'entità

7 Si calcola che circa metà della ricchezza della città sia rappresentata dalle rimesse degli immigrati

8 Pietro Laureano identifica tre tipi di oasi: di Erg, localizzate nei deserti sabbiosi, di Wadi, localizzate attorno all'alveo di un fiume scavato nella roccia dal quale esse ricevono l'acqua e di Sebka che, come Figuig, sono caratterizzate proprio dalle imponenti opere idrauliche sotterranee, le foggara. laureano atlante

9 *Begdouri & Omrane 2002*

delle precipitazioni è inferiore alla media provinciale, ma si presenta tuttavia con fenomeni assai intensi: sorpassando velocemente il tasso d'infiltrazione del terreno (che è stato peggiorato dalla cementificazione) vengono così a crearsi rapidamente dei corsi a regime torrenziale. La ricarica del sistema acquifero risente sia della mancata gestione delle acque superficiali sia della diffusa assunzione di pozzi anche in unità abitative che potrebbero dipendere dalla rete esistente, sia infine della tendenziale diminuzione delle precipitazioni.

I monti circostanti, oltre a proteggere dai venti desertici e a formare i corsi alluvionali, partecipano anche significativamente della captazione idrica sotterranea.

Se difatti in periodo invernale l'apporto d'acqua ai campi coltivati è assicurato, durante l'estate è la millenaria rete di canali, bacini e pozzi che provvede alla fornitura del bene più prezioso in un clima desertico. La fortuna di Figuig è di giacere, oltre che in un bacino naturale di raccolta, a cavallo di una falesia che la divide in due. Nella zona elevata – il plateau, a 900m s.l.m. - nella quale stanno sei dei sette quartieri, si trovano esclusivamente pozzi; questi, tutti adducenti alla medesima linea di falda, parallela alla falesia, hanno determinato la crescita degli agglomerati urbani, testimoniando lo stretto rapporto dell'edificato con l'importante risorsa. Questo tipo di approvvigionamento non era però né conveniente né ingente: accadeva così che questi quartieri non disponessero di una vasta area coltivabile, mentre invece il solo quartiere posto nella zona a valle – la plaine, 860m s.l.m. - cioè Zenaga, conta oggi non a caso più della metà degli abitanti totali, oltre che disporre della maggior parte dei terreni coltivati. Esso gode infatti di maggior approvvigionamento grazie alle fogarrat, o canali sotterranei, che scendono parallelamente ai pendii, il cui apporto è per di più sapientemente organizzato e centellinato dall'antica rete distributiva.

Tuttavia l'indipendenza che un pozzo garantisce rispetto al tradizionale sistema distributivo ha spinto anche numerosi abitanti della plaine ad installare motopompe, che come accennato sopra gravano però direttamente sulla falda, portandola all'inaridimento.

A ciò va purtroppo aggiunto il progressivo calo delle precipitazioni e dunque delle fonti: dati comparativi sull'ultimo trentennio<sup>10</sup> indicano che la portata d'acqua generale è passata da 200 a 122 l/s. A questi dati si allinea la principale sorgente, Tzaddert, che da sola fornisce circa il 40% dell'acqua, irrigando più di un migliaio di jardin o orti; la sua portata è passata da 88 a 50 l/s dagli anni Ottanta ad oggi.

## 1.4

### *Tessuto economico e sociale*

L'origine berbera è ancor oggi leggibile nell'organigramma amministrativo tradizionale degli ksour, costituito in pratica solo dalla jemaâ, o consiglio, delle singole frazioni, raggruppante tutti i capi famiglia per regolare gli affari interni, e dalla jemaâ dell'intero ksar, composta da rappresentanti di ogni frazione, designati a vita. Questa istituzione deteneva tutti i poteri tranne quello di applicare la giustizia civile, la cui gestione apparteneva ai Cadi, che fondavano i loro giudizi sulla shari'a (regole fondate sulla religione) e sull'orf (regole fondate sulla tradizione)<sup>11</sup>. Attualmente l'intero organigramma del potere sta mutando per uniformarsi alla struttura politico-rappresentativa del paese, assai complessa e burocratizzata, ove il re, anche dopo la "Primavera araba" e le aperture concesse, conserva il ruolo di guida politica e spirituale.

Come si può intuire l'esistenza stessa dell'oasi dipende dalla attività agricola, ma al fine di soddisfare i bisogni minimi della comunità anche altre attività sono presenti. Si tratta essenzialmente di lavori manuali come quelli di fabbro, falegname, tessitrice, muratore, meccanico, o anche di piccole boutique per la vendita di prodotti confezionati. Il mercato che rifornisce di

---

10 Dati Municipalità e Centro dei Lavori Agricoli Figuig

11 Documento di progetto di Africa '70, 2006

vegetali ed oggettistica l'intera Figuig si svolge settimanalmente in una spianata non direttamente connessa ad alcuno ksar, una sorta di zona franca, che permette la compresenza delle genti di tutti i quartieri; l'appartenenza è difatti ancora molto sentita, tanto che è praticamente interdotta l'intrapresa di un'attività in un determinato ksar da parte di appartenenti ad altri quartieri; e vi è chi non conosce l'intera oasi pur non essendone mai uscito. Può apparire anacronistico, ma sopravvive ancora la convinzione, mutuata dalla tradizione nomade, che il matrimonio tra consanguinei rafforzi la famiglia: la struttura sociale originaria era basata difatti su nuclei di qualche famiglia, la cui coesione garantiva la possibilità di affermazione e sopravvivenza. Non è un caso che sia ora attivo un progetto di cooperazione, sempre promosso dall'organizzazione con cui ho collaborato, per il miglioramento delle condizioni socio-economiche delle persone handicappate: su un totale di circa dodicimila abitanti sono stati infatti individuati almeno trecentocinquanta possibili beneficiari di tale progetto.

Si è già visto che l'emigrazione è un fenomeno ormai di lungo corso. In effetti il tasso di crescita della popolazione riesce a mantenersi invariato solo grazie alla quota di nomadi che si sedentarizzano ed alle famiglie dei soldati che si vengono a stanziare presso il confine. La motivazione principale che spinge all'esodo è ovviamente lavorativa: l'economia, legata ancora a ritmi "tradizionali", non garantisce redditi importanti (il salario medio si aggira attorno ai 2000 MAD, pari a circa 200 €) e dunque in molti sono spinti verso le altre città marocchine o, in modi ora sempre più difficili, verso l'Europa. Ciò comporta che spesso le famiglie, composte in media da cinque persone, si ritrovino senza capofamiglia ma con numerosi giovani: l'età media è infatti bassa, mentre buona risulta l'alfabetizzazione. Le alte percentuali di migranti e la tendenza all'abbandono degli edifici in terra porta certe zone di Figuig ad essere completamente disabitate<sup>12</sup>.

Tuttavia, sempre nell'ottica di favorire una riqualificazione del patrimonio culturale, occorre incentrare gli interventi di un progetto di cooperazione in quegli ambiti che, già conosciuti e apprezzati dalla popolazione, promettono uno sviluppo. Dunque agricoltura ed artigianato in primis, ma anche il turismo che è ovviamente una forte fonte di reddito; il tutto però ponendosi in assoluta continuità con la tradizione e con le aspettative dei beneficiari.

Per ciò che riguarda l'agricoltura è indispensabile valorizzare il prodotto finale, così da rendere più appetibile il ritorno alla terra, necessario per fermare il processo di desertificazione. In quest'ottica esiste già una cooperativa che raccoglie e confeziona il dattero, prodotto principe dell'economia di Figuig<sup>13</sup>, che partecipa anche ad una fiera nazionale tematica ad Erfoud. Le altre colture arboree sono essenzialmente quelle dell'ulivo, albicocco, mandorlo e melograno, la cui produzione è però assorbita in loco; gli orti sono anch'essi caratterizzati da poche specie, comunque stagionali e compatibili con una scarsa irrigazione.

L'allevamento è meno praticato, perlomeno su scala economica, così come la lavorazione del latte; poche le stalle e pochi i bovini, predominano gli ovini, tenuti a pascolo brado, e i gallinacci, mentre gli asini godono ancora del ruolo di trasportatori, assai indicati per gli intricati sentieri del palmeto. L'artigianato presente assolve anch'esso al solo mercato interno<sup>14</sup>; fa significativa eccezione il settore tessile, la cui tradizione rese Figuig nota per le sue lavorazioni, e per il quale si possono prospettare panorami di crescita essendo esso una delle poche attività in cui le donne sono impiegate. Da ricordare anche la produzione di couscous e di pani, per la quale è stato fondamentale il momento associativo, vero mezzo e motore economico dell'oasi: in questo caso esso, oltre a fornire le necessarie strutture<sup>15</sup>, promuove la coesione ma anche l'emancipazione delle donne, dando loro un'alternativa alle mura domestiche.

---

12 *Begdouri & Omrane 2002*

13 Si contano circa una dozzina di qualità di dattero, declinate in ulteriori sottospecie.

14 Ovviamente ai fini del progetto è comunque vitale che si conservino abilità come quella di muratore e falegname, sulla base di conoscenze tradizionali.

15 Uno degli interventi realizzati dal progetto di cooperazione è stato proprio il restauro di uno stabile nel quale trova oggi posto un'associazione di donne per la produzione del couscous. cfr progetti africa '70



Il turismo infine, culturale più che di massa, è un altro settore in crescita: già da qualche anno Figuiç è protagonista di un festival delle oasi, e il progetto di cooperazione al quale ho preso parte ha avuto nello sviluppo di questo campo uno dei punti centrali. I principi che hanno guidato gli interventi sono quelli espressi con chiarezza nell'articolo 1 della Carta del Turismo Sostenibile dell'O.M.T.<sup>16</sup> che definisce così l'attività: "dovrà essere sopportabile a lungo termine sul piano ecologico, praticabile sul piano economico ed equo sul piano etico e sociale per le popolazioni locali". La promozione è dunque avvenuta sia con l'individuazione e segnalazione di percorsi turistici e la produzione di brochure informative sia portando a termine numerosi cantieri; si passa dalla creazione di un ufficio ricettivo ricavato in una torre affine a quelle di cinta al restauro di case private da adibirsi poi ad albergo, o meglio a maison d'hôtes, ossia residenze in cui la famiglia accoglie gruppi di visitatori. Lo stesso progetto da me qui esposto vede il recupero di una delle numerose abitazioni in terra abbandonate in funzione di tale uso. L'attrattiva dei locali per questo tipo di attività è infatti forte, e si spera funzioni da incentivo per la presa di coscienza, da parte dei residenti, del valore del loro abitato storico.

Va anche sottolineata la possibilità, ulteriormente concretizzabile dall'auspicabile riapertura delle frontiere con l'Algeria, di creare un percorso turistico che metta in collegamento le numerose oasi presenti, riproponendo quei percorsi carovanieri che dalle grandi città della costa potrebbero portare il turista sino al profondo deserto: in quest'ottica la posizione di Figuiç risulterebbe davvero strategica, essendo quella di porta sul Sahara.<sup>17</sup>

## 2.1

### *La triade dell'oasi*

#### La palma

*"Il grigio e l'ocra vorrebbero inghiottire il verde, ma il verde resiste, grazie al miracolo dell'acqua ed al lavoro degli uomini"*

*Marianne Boilève*

Più volte è stata richiamata l'interdipendenza tra aspetti climatici e culturali locali che permette ad un sistema "autopoietico"<sup>18</sup> di mantenersi in equilibrio, ed ora precisando questi aspetti si capirà come ogni singolo sbilanciamento comporti una reazione a catena di portata globale.

Partiamo dal primo elemento che nell'immaginario richiama l'oasi, che "cresce con la testa nel sole ed i piedi nell'acqua"<sup>19</sup>. La palma: perfettamente adattata ad un clima desertico, è una pianta dal fusto non legnoso bensì erbaceo<sup>20</sup>, che produce frutti altamente zuccherini, i datteri. Per la loro produzione, che avviene dal quinto/sesto anno di vita, sono necessarie una impollinazione artificiale che assicuri la qualità del risultato così come una manodopera specializzata per la raccolta, visto che occorre arrampicarsi in cima al tronco per raggiungere i frutti.

La pianta, originaria proprio del nord Africa, è una risorsa quasi venerata: ogni suo componente trova una funzione nella civiltà maghrebina; durante la vita sono utilizzate le foglie che

---

16 Organizzazione Mondiale del Turismo, l'adozione di tale carta risale al 1995.

17 Cafarelli M. 2004

18 Parafrasando Laureano: quelle formazioni sociali che hanno imparato ad intervenire sull'ambiente esaltandone le potenzialità senza esaurirle. Obbligate dalle asperità dei luoghi a unire le poche risorse e a farne buon uso, si sono prodotte in uno sforzo per la creazione di condizioni vivibili. La stretta associazione uomo-natura che instaurano è capace di creare cicli vitali, ecosistemi autopoietici appunto, in grado cioè di autoriprodursi, di perpetuarsi e rigenerarsi continuamente.

19 Abbou A., Cafarelli M. 2009

20 Appartenente alla famiglia delle angiosperme monocotiledoni, l'ordine delle *arecaceae* -o palme- è prossimo a quello di piante quali orchidee o graminacee.

annualmente seccano in ordine all'accrescimento corticale, ricavandone materiali edili come artigianali, oltre ovviamente ai frutti; al momento dell'abbattimento<sup>21</sup> invece la pianta viene letteralmente smembrata, utilizzando il tronco nell'edilizia e la parte apicale per ricavare sacchi e corde (essa contiene un cuore commestibile che può anche essere piantato per generare una nuova pianta).

Nello specifico il tronco, che per seccarsi ha bisogno di essere spaccato e lasciato diversi mesi all'aria, è composto da una parte iniziale di circa tre metri maggiormente resistente, con la quale si ricavano le travi, ed una superiore che veniva un tempo usata per gli infissi e gli oggetti d'arredamento. Il decadimento prestazionale del materiale è evidente e giustamente la tradizione ha assunto quella misura di massima per gli elementi di solaio.

Al giorno d'oggi, vista la difficoltà nel lavorare questa materia con strumenti elettrici, soprattutto se già disidratata, gli arredi e le finestre sono realizzati con altra essenza. La parte iniziale della foglia, di forma allargata, è chiamata karnef e si utilizza come orditura secondaria sulle travi; il resto può essere utilizzato come combustibile (è l'unica parte che produce facilmente fiamma) o alternativamente può essere intrecciato a formare ceste, utilizzato per stendere la malta, per scacciare le mosche, pulirsi gli interstizi tra i denti dopo aver mangiato un montone cotto al girarrosto con le stesse foglie...

L'apice, punto di rinnovo della pianta, contiene il suddetto cuore all'interno di una sorta di tessuto reticolare che oltre a poter essere usato direttamente, viene lavorato per ricavare del filo.

Delle attuali 120.000 palme presenti sui 650 ettari di palmeto una parte risulta appartenere a terreni abbandonati e numerose sono state attaccate dalla malattia denominata Bayoud (causata da un fungo: il *Fusarium oxysporum*); questi due distinti fattori stanno mettendo in serio pericolo la sopravvivenza del palmeto, da cui dipende inequivocabilmente il destino della comunità.

## L'acqua

*"Un tempo figuighini ingegnosi hanno calcolato il tempo che occorreva per irrigare ogni frazione del palmeto, ed hanno inventato questo curioso sistema di imbuto a ciascuno dei quali corrisponde un dato appezzamento: occorre altrettanto tempo all'imbuto per riempirsi che alla frazione per ricevere l'acqua necessaria alla sua fecondità.*

*Per evitare le incessanti liti, spesso insanguinate, la jemaâ ha preposto alla direzione delle acque un vecchio saggio e calmo che passa la sua vita a sorvegliare i suoi arnesi arcaici sotto il vecchio portico."*

*Isabelle Eberhardt, note di viaggio, 1904*

Simbioticamente legata alla presenza vegetale è l'acqua; in un luogo ove essa è assente solo una comunità idrogenetica può sopravvivere.<sup>22</sup>

21 Per quanto il ciclo di vita possa raggiungere quasi il secolo le palme vengono sovente abbattute per la difficoltà crescente nella raccolta dei frutti. Molto spesso la moltiplicazione, che avviene principalmente mediante i polloni radicati emessi alla base del fusto e successivamente messi a dimora, risulta conveniente.

22 "Formazioni sociali basate sulla produzione idrica". Queste comunità sono stanziati in habitat originari che non beneficiano di grandi disponibilità idriche, in "sistemi ambientali impervi e di piccole dimensioni, dove il paesaggio frammentato impone il controllo su scala locale delle risorse."

"L'organizzazione sociale è formata da collettività autonomamente gestite, fondate sull'uso dei rari mezzi localmente disponibili e regolate da autorità patriarcali, religiose o consuetudinarie, e dirette dall'assemblea degli anziani. Le tecnologie mettono a profitto le pratiche arcaiche di controllo dell'acqua su piccola scala e predispongono le necessarie strutture di percolazione capillare nelle caverne, le fosse, le cisterne, sviluppandole in opere idrauliche più imponenti, ma sempre gestibili attraverso la cooperazione di tutta la comunità. Utilizzano i metodi di raccolta [...] capaci di trarre umidità dall'atmosfera sia per produrre acqua bevibile sia per irrorare le piante. Vere e proprie sorgenti artificiali aeree alimentano sistemi di habitat frutto di una sapienza ambientale basata sull'idrogenesi, la creazione di acqua." *Laureano 2001*

È dunque logico che "l'acqua influisca su tutto. Sulla vita degli uomini, ovviamente, ma anche sulla loro organizzazione sociale, sull'urbanesimo, e persino sul modo del pensiero. Essa guadagna la loro fiducia, ritma la loro esistenza, dà forma al loro immaginario. Rara e preziosa, essa è oggetto di sottili calcoli e di accordi secolari. Essa è qui legge orale e liquida: tutto il fragile equilibrio dell'oasi ne consegue."<sup>23</sup>

Se è difatti plausibile che un tempo questa risorsa si presentasse in superficie grazie all'artesianesimo, per averne in abbondanza e con regolarità una millenaria ed enorme opera fu condotta dalle genti che si insediarono qui. Come detto le acque superficiali si limitano a corsi a regime torrenziale che persistono per il solo tempo delle precipitazioni, stimate in circa venti giorni l'anno; è dunque l'umidità presente nel sottosuolo che viene raccolta e convogliata verso i jardin. La rete è composta da due tipi di canali<sup>24</sup>, quelli di captazione sotterranei e quelli di distribuzione a cielo aperto, collegati da bacini di raccolta. Quelli sotterranei, scavati per centinaia di metri di lunghezza e fino a venti di profondità, sono costituiti da due parti: la prima, adduttiva, drena dalla falda mentre la seconda capta i microflussi infiltrati nelle rocce e crea acque libere, funzionando come dispositivo di produzione; esse, grazie alla leggera pendenza, convogliano l'acqua nei bacini. Il loro percorso è tracciato in superficie da pozzi di areazione situati a distanza regolare, dai quali fuoriesce una costante corrente di aria calda e umida.

Quelli esterni, che formano una rete ancor più intricata, partono dai bacini e, per successive biforcazioni, raggiungono ogni singolo appezzamento. Scavati nel terreno o elevati su terrapieni per mantenere la pendenza grazie alla quale distribuiscono l'acqua per sola gravità, hanno tutti la medesima sezione e vengono aperti od ostruiti da chiese di stracci e sassi modificando così il percorso alle acque.

Questo antico sistema, oltre a necessitare di una manutenzione da parte dei singoli contadini, ha un regista di fondamentale importanza, una sorta di guardiano delle acque<sup>25</sup>: designato dalla Jemaâ, è il gestore di un dato bacino ed ha il compito di manutenzione delle seguia e di spartizione dell'acqua secondo le quantità pattuite; dopo che il bacino si è riempito nel corso della notte, inizia la distribuzione, suddivisa in parti d'acqua, o tighirte, corrispondenti al volume di una kharrouba<sup>26</sup>. La misurazione avviene grazie ad una piccola asta in palma: la pertica viene bagnata nella vasca, estratta, cosparsa di terra e confrontata con la tighirte di riferimento. Al cambiare della portata della fonte cambia anche la misura della tighirte, variando il volume di acqua distribuita; il tempo di distribuzione rimane però invariato: l'aguadier ha difatti la necessità di modificare continuamente le chiese lungo l'intricato percorso per permettere ad ogni giardino<sup>27</sup> di ricevere la quota. La distribuzione varia anche a seconda della stagione, passando da intervalli di tre giorni in estate a quindici in inverno.

La rigidità di questo sistema ha indotto alcuni contadini a costruirsi il proprio bacino personale, al fine di meglio calibrare l'irrigazione; altri purtroppo hanno deciso di installare delle pompe elettriche che, prelevando direttamente dalla falda, intaccano la riserva dell'oasi e ne aumentano la salinità. Anticamente infatti solo le moschee, non a caso luoghi comunitari per eccellenza, avevano la propria disponibilità di acqua privata.

## La terra

*"lo ksar è un'entità urbana che esprime una volontà di comunicazione, di solidarietà e di vita*

---

23 libro su figuig

24 khattara o foggara (ifli in dialetto locale) i primi e seguia i secondi.

25 Aguadier o sraifi in dialetto locale.

26 L'acqua che esce in quarantacinque minuti dal bacino, per un volume medio di circa trenta metri cubi. In sottunità della kharrouba viene ricompensato l'aguadier, precisamente con cinque minuti d'acqua ogni quota distribuita.

*Begdouri & Omrane 2002*

27 Detti irane, sempre cintati da muri in adobe e mai più grandi di un ettaro.

*collettiva; esso è pure una prestigiosa eredità nonché l'opera collettiva di una società armoniosamente adattata al suo ambiente."*  
Abbou A., Cafarelli M. 2009

In una realtà così isolata ogni bisogno doveva essere soddisfatto con le risorse disponibili in loco; la scarsità di queste ha obbligato a rinunce e condivisioni desumibili anche dalla forma dell'abitato stesso, concepito per sottrarre il minimo spazio alle aree coltivate e per organizzare le scarse risorse idriche, e riflettente l'organizzazione tribale degli abitanti.

Difatti "la casa tradizionale, su cui si fonda l'identità architettonica dell'oasi, si è storicamente avvalsa dei materiali locali [...] questa tradizione rischia però di perdersi a causa delle trasformazioni, sia tipologiche sia costruttive, dovute all'introduzione di nuovi materiali da costruzione"<sup>28</sup>.

Figuiq è una città-labirinto, tutta di terra e palma, dove luce e ombra giocano parti uguali.

Le sue strade, per la maggior parte in terra, larghe il giusto per permettere l'incrocio di due asini carichi, sono per la maggior parte coperte dalle camere ai primi piani delle abitazioni<sup>29</sup>. Le zone d'ombra così generate, nelle quali bisogna non contare sulla vista ed affinare gli altri sensi, unitamente al tracciato tanto spontaneo ed irregolare, producono oltre che un senso di disorientamento, un importante abbassamento della temperatura nelle giornate estive.

Ciascuno dei sette ksour funziona come un alveare, entro il quale si condensa una socialità che è l'unica antagonista, nel quotidiano, dell'allontanamento, della chiusura delle frontiere, dell'onnipresenza del deserto...deserto di cui peraltro essa è figlia e da cui ha desunto uno spirito di sopravvivenza. Le fonti d'acqua da cui hanno preso la vita le diverse comunità sedentarizzate hanno immediatamente scatenato conflitti, da cui la necessità di erigere le prime mura; intervallate da torri circolari, esse contengono le abitazioni, cresciute le una addossate alle altre, ed hanno pochi punti di accesso: uno verso il palmeto e l'altro, segnalato da una porta, rivolto agli altri quartieri. Superata questa porta monumentale ci si immette in una strada, più ampia delle altre, che attraversa tutto il quartiere. Questa arteria, dalla quale si staccano numerose terminazioni, conduce al punto focale dello ksar, la grande moschea, nei pressi della quale si trovano usualmente i sedili della jemaâ, e si conclude all'altra uscita, verso il palmeto. Attualmente, sebbene questa chiusura risulti meno tangibile e le mura siano ormai dei ruderi, ogni quartiere continua però a rivendicare la propria indipendenza.

A partire dagli anni Settanta si assiste ad un processo di espansione edilizia in nuove aree, con costruzioni in cemento, che risultano avulse dal contesto e segnano in maniera inequivocabile un allontanamento dalla tradizione costruttiva ed urbanistica, senza però qualificare in nessun aspetto l'ambiente. Un ambiente che invece "presenta un patrimonio caratteristico tanto per l'unità della sua struttura che per il rigore della sua organizzazione". Quanto vi è stato edificato "è il vettore di una cultura costruttiva basata sulla complementarietà territoriale e settoriale e sulla qualità di prodotti, risorse umane e naturali", e questa complementarietà "sottointende una organizzazione comunitaria coerente" che con i mutamenti imposti dall'odierno sviluppo viene ridimensionata, rendendo dunque più ardua la costruzione in terra: "un'iniziativa che richiede una mano d'opera discretamente numerosa poiché ha implicita una definizione di lavoro [...] rinforzata dalla pratica sociale di aiuto reciproco"<sup>30</sup>.

## 2.2

### **Cooperazione e progetto**

---

28 Cafarelli M. 2004

29 Rues à sabas.

30 Abbou A., Cafarelli M. 2009

Due parole dunque sulla cooperazione. È ormai ben noto come formalmente cultura e tradizioni locali siano riconosciute un patrimonio ed una risorsa da preservare e promuovere, una solida base sulla quale organicamente costruire il futuro. È altresì doveroso precisare che solo una minoranza dei cittadini, forse non solo dei paesi non occidentali, hanno colto appieno le potenzialità che offre un modello alternativo di sviluppo, delineato in piena coscienza e libertà.

Molti si piegano allo status quo, i più malleabili vi si adattano, ma tutti sono stati coscienti della necessità di un cambiamento. Il bisogno di convogliare le risorse, sempre minori, secondo principi ed in politiche alternative ai monopoli di pensiero è prioritario.

Non si accampino abusate scusanti: "il mondo è globalizzato e rivoluzionarlo è un'opera titanica".

Fermo restando che il cambiamento deve essere prima del singolo, esistono infatti già vie istituzionalizzate per promuoverlo; richiamando a buon conto la capacità di adattamento, bilaterale ben inteso, la strada della cooperazione ha tutte le carte per instillare il seme di quel cambiamento in quei paesi per i quali rivoluzione non significa ancora né rinuncia né stravolgimento, ma solo crescita consapevole. Qualcuno obietterà che è più facile imparare da errori propri piuttosto che altrui, soprattutto se si continua a commetterli mentre si afferma la loro erroneità, ma offrire loro un'alternativa è possibile oltre che dovuto. La cooperazione deve dunque avere come fine la trasmissione delle ragioni e della fattibilità di una via alternativa, che fornisca ugualmente prospettiva ma in un quadro più ampio e ricco di richiami.

La difficoltà maggiore risiede certamente nel riuscire ad instaurare un rapporto da persona a persona, più che da cooperante a "cooperato": è indubbio che coinvolgendo nell'intimo chi si cerca di convincere si avrà modo di lasciare in dote un pensiero. L'errore più comune, in un ambiente in cui talvolta non ci si può amalgamare, è ritenersi gratificati dalla mancanza di imprevisti o dal compimento formale dei propri obiettivi; la vera riuscita di un progetto di cooperazione è però certificabile solo a posteriori, quando l'apporto esterno è esaurito e si può constatare che l'agire del destinatario è mutato in sua funzione: il lascito più importante non è mai dunque quello materiale.

Poiché l'ingente patrimonio architettonico in terra cruda che il Marocco possiede è in condizione precaria, è necessario lo sforzo congiunto di amministrazioni locali ed organismi stranieri per evitarne la distruzione. Le associazioni coinvolte, operanti in tale ottica, hanno oltre all'obiettivo di recuperare ed adattare tali abitazioni tradizionali alle esigenze abitative moderne, quello di incentivare le economie locali. Per il raggiungimento di questi obiettivi è però necessario persuadere le popolazioni del valore di tale progetto, sia attraverso una sensibilizzazione culturale che fornendo loro inequivoca evidenza economica e tecnica del progetto.

A tal proposito è utile sottolineare come la presenza continuativa dell'o.n.g. Africa '70 con altri progetti in loco aiuti il processo di scambio con la comunità; dopo i tre anni (2009-2011) come capofila del progetto "Riquilificazione del patrimonio culturale dell'oasi di Figui" da breve terminato, essa è ora presente come partner in altre tre iniziative.<sup>31</sup>

Nel triennio le attività del bureau di promozione e sensibilizzazione culturale (BPCF) della o.n.g. hanno riguardato sia l'ambito edilizio, con il recupero di edifici campione delle tecniche costruttive locali, che la promozione del tessuto associativo e di una forma di turismo consapevole.

Nello specifico l'obiettivo di progetto "*rafforzamento delle capacità delle associazioni locali e della Municipalità di Figui per la promozione e la realizzazione di iniziative finalizzate alla valorizzazione delle risorse culturali e ambientali del territorio*" si è esplicitato con interventi atti a proporre un'alternativa all'emigrazione, dimostrando che il patrimonio culturale è anche una risorsa economica, capace di produrre reddito ed occupazione, e di contribuire ad attrarre risorse, arginando il processo di desertificazione in atto.

---

31 Progetto come capofila, promosso dal Ministero Affari Esteri, n° 8665/MA70/MAR; partner in: "Project maison Sardaigne: conservation et valorisation du patrimoine traditionnel construite en terre crue", "Intervention au souvien des handicapés de la region de Figui" e "Projet Gabions Méditerranée"

Il trasferimento di know-how e la promozione di iniziative nel campo della sensibilizzazione e promozione ambientale, grazie alla divulgazione delle proprie conoscenze scientifiche ed alle acquisizioni in campo di azioni sostenibili e partecipate, si combinano all'apprendimento delle specificità e all'ingegnosità delle maestranze dell'oasi, in uno scambio reciproco di suggestioni e di buone pratiche con l'obiettivo di far riacquistare alla pratica costruttiva in terra cruda una dimensione credibile in senso economico ma soprattutto ambientale.

Questa attività è stata possibile anche grazie alla rete creata con altre o.n.g. e con le università: l'affiancamento di altri soggetti fa crescere infatti il numero di interventi così come la sensibilizzazione dei destinatari. Ampio è il numero di studenti che hanno condotto tesi e dottorati su questa realtà sino a ritornare per mettere in pratica i propri progetti, senza dimenticare che lo stesso lavoro condotto da Africa '70 ha visto in fase iniziale il contributo di un master del Politecnico di Milano; ed è sempre grazie al lavoro universitario, nello specifico dell'università di Parigi, che Figuig è stata recentemente proposta come candidata ad entrare nella lista dei siti UNESCO patrimonio dell'umanità. Nello specifico gli ksour di Figuig rispondono ai criteri IV e V per l'ammissione:

IV: "offrire un esempio eminente di un tipo di costruzione o di insieme architettonico o tecnologico o di paesaggio che illustri uno o più periodi significativi della storia umana"

V: "costituire un esempio eminente di insediamento umano o di occupazione del territorio tradizionali rappresentativi di una o più culture, soprattutto quando intaccate da mutazioni irreversibili"<sup>32</sup>

L'interesse suscitato nella popolazione, gli obiettivi raggiunti, la promozione in diversi ambiti locali così come transfrontalieri sono il contributo portato dal mondo della cooperazione; resta ovviamente ai locali la facoltà di elaborare un tragitto alternativo per il loro processo evolutivo, i cui fondamenti possono essere solo messi in dubbio e non trasformati dal contributo di cui si è finora parlato.

### 3.1

#### *Analisi morfologica urbana*

"L'oasi giuoca un ruolo economico importante in mezzo al deserto, stazione di sosta indispensabile, punto di rifornimento fondamentale per l'esistenza materiale e morale dei nomadi, [...] esercita una funzione urbana, [...] riunisce agricoltura, allevamento, commercio, artigianato e funzioni culturali e religiose"

b14 solo nome autore<sup>33</sup>

Esistono in Marocco due tipi fondamentali di agglomerato urbano storico. Uno, più diffuso e che si può far equivalere ai nostri centri storici, è chiamato medina<sup>34</sup> ed è caratteristico delle città che hanno avuto maggiori scambi con altre civiltà e che hanno conosciuto una più sensibile espansione nel corso dei secoli: al suo interno trovano posto il palazzo del potere, diverse moschee, sovente il quartiere ebraico ed il mercato, o suq<sup>35</sup>, che si sviluppa lungo una o più arterie, caratterizzate sempre da ridotte dimensioni. La medina è circondata da una cinta muraria che indica l'onnipresente necessità difensiva nei confronti di popoli nemici. E la necessità difensiva è alla base dell'altro

---

32 Proposta avanzata presso la "Conférence/diaporama: Figuig: patrimoine architectural" promossa dall'istituto francese dell'Oriente dal sindaco di Figuig Amar Abbou nel febbraio 2006

33 *Abbou A., Cafarelli M. 2009*

34 La medina è un quartiere antico attraversato da molti vicoli che formano veri e propri labirinti; esso è caratteristico di molte città del Nord Africa costruite dagli Arabi a partire dal IX sec.

35 Il suq è il mercato organizzato in corporazioni, luogo deputato allo scambio delle merci; nell'Islam classico esso costituiva - insieme alla moschea e al Palazzo del potere - il terzo centro funzionale della città musulmana.

modello insediativo, tipico delle zone più impervie ed aride, che è lo ksar<sup>36</sup>, letteralmente "villaggio fortificato"; in queste conurbazioni però, sicuramente meno abbienti e meno variegate socialmente rispetto alle altre, il bene da difendere non era il potere amministrativo bensì erano, direttamente, le scarsissime risorse presenti, ottenute grazie ad enormi sacrifici della comunità; non a caso nello ksar trovavano protezione anche gli animali, le derrate alimentari e le importantissime fonti d'acqua (ed è altresì significativo come il termine arabo ksar rimandi al termine berbero *aghrem* indicante il granaio fortificato depositario delle risorse comunitarie).

La nascita degli ksour, la loro morfologia così come la loro organizzazione sociale sono il risultato di un adattamento a diversi fattori, raggiunto però grazie ad un principio sociale di aiuto ed uguaglianza fortemente sentito tra le famiglie di una stessa tribù. D'altro canto i limiti imposti dalle tecniche costruttive, la durezza del clima, i bisogni difensivi determinano la struttura compatta dell'abitato, "opera collettiva"<sup>37</sup> espressione materiale della forte unità comunitaria.

Nell'oasi di Figuig ogni ksar era delimitato da una cinta muraria, sovente in comune con le abitazioni, intervallata da torri di avvistamento a sezione circolare o quadrata; la perimetrazione era continua ed in corrispondenza di ogni entrata si trovava una porta fortificata e sorvegliata, interfaccia materiale tra gli interessi condivisi della comunità ed il mondo esterno. Dalle porte si diramano le arterie principali, sempre di sezione ridotta ma talvolta arricchite da una maggior cura realizzativa. Le diramazioni secondarie fungono da divisioni per gli isolati, o *jij*, che corrispondono a gruppi di case sovente facenti capo ad una moschea e collegate tra loro in quanto appartenenti a famiglie imparentate; da queste si diramano ulteriori vicoli, i *derb*, tipicamente ciechi, che portano agli ingressi di quelle unità abitative che non affacciano sulla strada. Ad ogni moschea è altresì legato un consiglio di frazione, la già ricordata *jemaa*, che si riunisce sulle sedute ricavate ai bordi della strada che porta al luogo di preghiera. Le strade dunque svolgono anche una funzione sociale oltre che distributiva, e non a caso sono strutturate in maniera tale da mitigare le aspre condizioni climatiche: nel loro tortuoso sviluppo sono coperte dagli alloggi dei primi piani delle abitazioni, che creano un continuo gioco di luci ed ombre, garantendo protezione sia dalla forte calura estiva che dagli altrettanto forti venti invernali. Si tratta in conclusione di un tipico esempio di "centri storici a tessuto compatto ed a media/alta densità, nei quali prevale la "protezione dal sole" a scapito di altre prestazioni (ventilazione, illuminazione)" e più specificamente nel tipo caratteristico del "clima semi-arido (strade più strette e spesso parzialmente coperte con tessuto a "cul de sac" chiuso alla ventilazione)".<sup>38</sup>

La crescita dell'edificato è avvenuta nel tempo per giustapposizione alle case esistenti, mettendo in comune i muri perimetrali. Ed è notevole che ognuno dei quartieri così creati godesse sia di una sostanziale indipendenza economica che di tutti i servizi più importanti per tale contesto: e cioè, oltre alla *jemaa* di quartiere, la scuola religiosa musulmana, o *zaouïa*, e quelle attività artigianali e commerciali che integravano il lavoro negli appezzamenti agricoli, posti in continuità con l'abitato.<sup>39</sup>

Questa impostazione, rimasta immutata per secoli, cominciò ad incrinarsi dopo il violento scontro con la civiltà occidentale. Mentre venivano introdotti materiali costruttivi del tutto estranei, si forzava una modifica dell'organizzazione sociale: ora le comunità rispondevano non più a loro stesse ma al nuovo dominatore. La prima eredità in campo edile di questo cambiamento si ebbe a seguito dell'indipendenza, quando iniziarono a sorgere le prime costruzioni nel palmeto, a testimonianza del superamento di talune rivalità ancestrali. A partire però dagli anni settanta del secolo scorso, a seguito dell'introduzione del cemento armato nel mercato locale, decollò il processo

---

36 Lo ksar (plurale ksour) è un villaggio agricolo tipico del Maghreb.

37 *Abbou A., Cafarelli M. 2009*

38 Scudo in *Mario Grosso 1997* pg 123

39 Una delle funzioni che la vecchia organizzazione tribale assolveva era il mantenimento del patrimonio costruito, essendo il mutuo aiuto e partecipazione una prerogativa dell'appartenenza al gruppo; esistevano infatti delle giornate di lavoro partecipato, o *twiza*, nelle quali i membri della frazione erano chiamati a partecipare ad un progetto comune. La trasformazione della struttura sociale determina dunque anch'essa il decadimento dell'edificato.

di abbandono dei centri storici a favore dei nuovi insediamenti, tuttora in espansione, posti più o meno in continuità con quelli in terra cruda.

Si può quindi affermare che Figuig abbia "conosciuto, nelle ultime quattro decadi, un'anarchica espansione urbanistica sullo stile occidentale, non compatibile con la tipologia urbanistica locale, ed in completa contraddizione con la sua tradizione costruttiva, stravolgendo così la complementarietà tra spazio costruito ed agricolo, creando profonde disfunzioni nell'oasi [...] La diffusione smisurata di un modello "standard" d'urbanismo ha alterato l'originalità del paesaggio urbano autentico ed ha accelerato la devastazione del ricco patrimonio architettonico in terra della civiltà presahariana."<sup>40</sup>

Questi nuovi quartieri, oggetto di una migrazione interna da ciascuno ksar, presentano quasi esclusivamente caratteristiche negative: la maglia ortogonale adottata è avulsa dal contesto e ne deturpa l'unità, le strade, carrabili ed asfaltate, non possono assicurare effetti positivi sul microclima, anzi diventano peggiorative sia in estate, per il riscaldamento del manto stradale e la mancata protezione dalla luce solare diretta, sia in inverno, poiché addirittura incanalano i venti e quindi aumentano la dissipazione del calore.<sup>41</sup> Inoltre, la mancanza di un piano edilizio (questo sì un aspetto in continuità con la tradizione!) non ha permesso neppure che venissero forniti servizi oggi da considerare essenziali, ma onerosi e tecnicamente difficili da inserire nel tessuto storico: primo tra tutti una rete fognaria capace di convogliare sia le acque reflue che quelle meteoriche.

A scala domestica, trattandosi perlopiù di piccoli isolati composti da massimo quattro abitazioni monofamigliari, viene a mancare l'apporto isolante dato da un tessuto continuo. E la morfologia abitativa risulta anch'essa stravolta, con la scomparsa del patio ed essendo l'involucro esterno molto più permeabile, a causa di aperture assolutamente non isolate. La parte opaca di questo, ove non si tratti dello scheletro in travi-pilastrini male armati e sovente non gettati in continuità, è realizzata in blocchi di cemento cavi e semplicemente intonacati assolutamente sprovvisti di coibente. Oltre quindi ai costi derivanti dall'importazione e trasporto, bisogna considerare quelli dovuti alle necessità ora imperative di climatizzazione, sia estiva che invernale: costi che però molto spesso non vengono considerati dai committenti di queste abitazioni nel computo delle convenienze che essi si aspettano dalle loro nuove dimore.

L'acritica assunzione di questo modello, in maniera così repentina (se si valuta in tempi storici) ed in un luogo dai sottili equilibri, ha tramutato questa comunità da virtuosa ad ecofaga.<sup>42</sup>

Il processo di spopolamento degli ksour, più o meno costante negli ultimi decenni, sta causando seri danni al tessuto storico: la mancanza infatti di manutenzione, anche minima, delle case in terra ne causa un deperimento che per altro contagia rapidamente anche dimore circostanti, essendo i muri perimetrali in comune. I dati sono purtroppo impietosi e testimoniano l'urgenza della situazione: poco meno della metà delle abitazioni storiche di Figuig è ormai priva di manutenzione ed il tasso di spopolamento, da ritenersi purtroppo definitivo, tocca punte del 90% in alcuni ksour del plateau.<sup>43</sup>

Unico palliativo per questa tendenza è il comodato d'uso offerto soprattutto a famiglie povere del vicinato od a pastori che, a causa della crescente aridità, sono costretti a sedentarizzarsi.<sup>44</sup>

---

40 *Abbou A., Cafarelli M. 2009*

41 Questa tendenza si pone in completa contraddizione col principio per cui "le sezioni delle strade generalmente diminuiscono quando si scende di latitudine", tipico della cultura urbana islamica. Scudo in *Grosso 1997*

42 L'antropologo Warren Hern, nel definire l'Homo sapiens ecofago, lo paragona a una cellula cancerosa che si è introdotta in tutti gli ecosistemi sostituendosi agli elementi sani e moltiplicandosi fino alla uccisione dell'organismo che la ospita (Hern 1993). Gli attuali ritmi di crescita demografica e di distruzione delle risorse ambientali legittimano tale definizione (Milone 1991).

43 Gli ksour con il tasso di spopolamento del 90% sono Laabidat ed H.Tatani. *Addarkaoui A. 2000*

44 Da una ricerca del 2004 le abitazioni risultano per il 67,5% di proprietà, il 20,3% in comodato d'uso ed il 12,2% in affitto. da RGPH 04





## 3.2

### *Casa a patio*

*La cura della abitazione diventa un rito e la città qualcosa di organico, antropomorfo, vivo. «Costruire una casa è dare la vita a qualcosa che è morto» dicono gli abitanti dei villaggi del Sahara, esprimendo il rapporto stretto perpetuato fino dai tempi più lontani con i luoghi di abitazione.*

*P. Laureano 2001*

La cultura islamica che si impone nell'area nordafricana successivamente al crollo dell'impero romano, sfrutta nel passaggio dal nomadismo berbero all'urbanesimo un modello insediativo simile a quello della domus.<sup>45</sup> La casa a patio difatti si plasma sul clima mediterraneo che interessa tutta la fascia costiera del Nordafrica, e si adatta brillantemente anche alle condizioni più impervie delle aree pre-sahariane. Caratterizzata a tali latitudini da un involucro pressoché ermetico, essa sfrutta efficacemente le differenze di temperatura che si instaurano tra patio ed ambiente esterno, creando rinfrescanti correnti d'aria e modulando l'incidenza di un severo sole. Modificare la sua struttura risulta dunque un'operazione che, sebbene in talune circostanze necessaria, sicuramente richiede oculatezza. Ad esempio intervenire sulla forometria, poniamo nell'ottica di fornire gli ambienti di maggiore luminosità naturale, è fattibile a patto di dotare le nuove aperture di sistemi di oscuramento idonei alle giornate più luminose e sufficientemente coibentati da non costituire esagerati ponti termici. Occorre cioè commisurare continuamente la portata dei cambiamenti che si desidera introdurre, per non creare squilibri nel computo generale.<sup>46</sup>

Cambiamenti funzionali invece, resi necessari dall'evoluzione della struttura sociale, sono introducibili a patto di non cancellare con un colpo di spugna quel continuum che ha portato queste costruzioni a sopravvivere pressoché identiche a loro stesse sino ai giorni nostri. Difficile per un progettista occidentale, così come per una massaia del luogo, ipotizzare al giorno d'oggi una cucina che possa prescindere da un piano-cottura a gas; risulta invece più sottile la trasposizione progettuale di quelle modifiche nei rapporti tra individui, o tra vita pubblica e privata, che oggi sono in atto o sono auspicabili, e che indubbiamente trovano una rappresentazione anche nella disposizione degli ambienti casalinghi. Se un tempo le donne erano (ancor più) relegate all'interno della casa, non è detto però che le terrazze non debbano più essere comunicanti per favorire la socialità tra "casalinghe" vicine; se per la conservazione erano necessarie camere e contenitori appositi oggi non è conseguente che le buie stanze piene di khabias<sup>47</sup> perdano interamente il loro significato.

È ormai un secolo che la società musulmana subisce il fascino del nostro consumismo, raccogliendone input a piene mani, forse talvolta rimodellandoli sulle proprie necessità, ma mancando di quella dimensione critica e autocritica che forse è possibile solo quando si è fautori in prima persona del cambiamento, non quando invece lo si vive per semplice riproposizione.

E improprietà sono ovviamente occorse anche quando sono stati gli occidentali a rielaborare stilemi locali: con l'arrivo dei Francesi e delle prime case in calcestruzzo la dimensione del patio subì un progressivo aumento ma è indubbio che, anche riguardo alla semplice incidenza dei raggi solari, per non guardare le più complesse correnti d'aria, uno stravolgimento dimensionale sfavorisca l'originaria funzione mitigatrice della corte interna.

In realtà l'emancipazione sociale e tecnologica promossa dal colonialismo è sempre stata espressione di un dominio, senza mai mostrare la necessaria consapevolezza e capacità di

---

45 *Fusaro 1984*. Altri studi sostengono invece la tipicità della casa a corte centrale nella mezzaluna fertile già a partire dal 2000 a.C. vedi *Grosso e Perin-Bert in Grosso 1997* p156

46 "Se non si utilizzano tali caratteristiche l'architettura diventa "sperimentale" e risulta molto difficile, per l'architetto (anche se supportato da buoni ingegneri ambientali), prevedere correttamente il comportamento ambientale di quanto sta progettando." *scudo in Grosso 1997* p 149

47 Giare per la conservazione degli alimenti.

mediazione. I processi trasformativi in atto stanno sradicando una tradizione per impiantare uno sterile surrogato che oltre a ledere l'equilibrio sistemico non offre che fatui miglioramenti. Estrema espressione di quanto inadatta e superficiale sia la mescolanza tra le tecnologie costruttive delle due tradizioni sono poi certi interventi di restauro o ampliamento del tessuto storico, ove improbabili solai pieni appoggiano su murature in adobe o dove pilastri vengono gettati in scansi murari senza preoccuparsi di corrispettive travi e solidarizzazioni.

Analizzando il patio, ovvero il saray o dar marzouki, elemento caratteristico delle abitazioni tradizionali, si può verificare l'originalità strutturale dell'unità: originariamente il patio era sviluppato in altezza e perimetrato da quattro/sei pilastri; nell'epoca del protettorato francese il numero di questi sale fino a sedici, a delimitare un'area entro la quale sarebbe possibile inscrivere l'intera casa tradizionale. Ma così, come già detto, l'elemento perde le sue caratteristiche di regolatore microclimatico per diventare una sorta di aia. Non è d'altra parte casuale che nelle costruzioni cementizie di espansione urbanistica citate nel precedente paragrafo il patio non sia più nemmeno presente.

La casa di Figuig continua, anche nelle sue espressioni "modernizzate", a vivere su dualismi dettati tanto dalla cultura quanto dal clima: privato/pubblico, giorno/notte, estate/inverno plasmano lo spazio. Lo imi n'tiddart (l'ingresso aperto per creare corrente ma schermato a proteggere l'intimità), la divisione tra ambienti di ricevimento e quelli per attività private, la duplicazione degli ambienti per averne di confortevoli in ogni stagione od ora, continuano a definire volumi e disposizione interna.

Un altro elemento caratterizzante sono le swari o gallerie, non solo luogo di passaggio ma stazione per attività che oggi però sono scomparse o trovano altra sede: dei telai rimangono ad esempio solo i fori o gli anelli nei muri dove ne era fissata la struttura. Non è un caso che la parte più luminosa delle swari, quindi la più idonea ad ospitare attività, abbia ricevuto un nome specifico: akebli. Proprio la regolazione dell'incidenza dei raggi solari sull'involucro interno è l'altra importante funzione assolta da questi passaggi, che non a caso sono presenti anche sulle terrazze (swari n'sdouh); essi talvolta vengono ampliati cingendo un pilastro d'angolo con una parte aggiuntiva di solaio (chak r'kan o passaggio d'angolo) o rialzati tramite un mezzanino (dehliz).

La terrazza (sdouh) è dove si essiccano i prodotti della terra ma è anche un passaggio privato per le donne, nonché il luogo ideale per osservare il crepuscolo e talvolta passare la notte o celebrare avvenimenti collettivi.

Non è presente un nome generico per locale o stanza, il nome muta infatti a seconda della funzione che lo spazio assume. Tradizionali sono gli ambienti per gli ospiti (tamesrit o bit diaf): sovente posti a copertura della strada, con una finestra affacciante su essa a testimoniare l'uso "pubblico" degli stessi, sono impreziositi da tappeti ed archi in bassorilievo (massria), nonché talvolta ingranditi dall'unico dispositivo rompitratta presente, il kantrara, il cui perfezionamento è oggetto di questa tesi. La camera più ampia grazie ai pilastri che ne sostengono il solaio, chiamata laksar, è anch'essa presente nella maggior parte delle case, ed al pianoterra ricopre la funzione di deposito ospitando difatti le khabias; il bit rzak, ambiente più piccolo e dedicato ai beni di consumo giornaliero, una sorta di dispensa, si trova solitamente affiancato alla cucina. La cottura dei cibi poteva avvenire in luoghi differenti a seconda della stagione: nei pochi mesi freddi il focolare rivestiva il ruolo di stufa ed era dunque interno ad una stanza (ilemsi) mentre per il restante periodo dell'anno il fuoco crepitava in un camino addossato ad un pilastro o ad un muro della galleria (tafkount). La stanza adibita esclusivamente a cottura è un passo successivo e non a caso è definita da un termine indotto dal colonialismo: cousin't. Altri nomi propri sono assegnati alla stalla (akboun), alle soppalcature per deposito (mokhfi) ed alla scala (selloum), mentre i servizi sono differenziati a seconda che siano adibiti o meno all'igiene del corpo.<sup>48</sup>

Numerose di queste caratteristiche sono riscontrabili anche nella casa per la quale è stato stilato il

---

48 *Fadli A., Hilali T. 1991 et Fumagalli C., Menescardi A. 2009* ed esperienza personale.

progetto di recupero di cui ai capitoli seguenti.

### 3.3

#### *Materiali locali*

##### Terra

Elemento principale delle abitazioni di Figuiç, viene utilizzato per i mattoni crudi, o adobe, e per i solai, oltre ad essere alla base delle malte. A seconda del luogo di estrazione presenta le sue componenti in percentuali variabili, cosa che ha reso necessaria l'individuazione di siti idonei per l'approvvigionamento.<sup>49</sup> Basti ricordare che, oltre a dover eliminare lo strato superficiale ricco di sostanze organiche prima di procedere al prelievo, occorre setacciare la terra e successivamente impastarla con acqua e lasciarla "maturare" per una ventina di giorni. Da questo impasto si ricavano gli adobe e la malta per giunture e rivestimenti.

I mattoni crudi si ricavano con tecniche differenti:

Adobe formé: l'impasto viene lavorato a mano, senza l'ausilio di stampi; la forma finale per quanto irregolare è assimilabile a quella di un prisma di base triangolare con lato di circa 15 ed altezza massima di 30 centimetri.

Adobe moulé: la terra viene compattata a mano entro casseri lignei o metallici, donando al mattone una forma più regolare con sezione quadrata o leggermente rettangolare (15\*15 o 15\*18 centimetri) ed altezza di 35 centimetri.

B.T.C.: ossia blocchi di terra compressa, sono ricavati da una pressa manuale che riducendo la porosità del composto ne aumenta la resistenza; questa pratica è purtroppo poco diffusa anche per la presenza di due sole presse in tutta l'oasi e per la mancanza di riferimenti precisi sulla composizione ottimale per questi elementi.

Una volta formati i mattoni necessitano di un periodo di essiccamento di almeno venti giorni nel quale devono essere anche girati per permettere un'evaporazione uniforme su ogni lato.

Va ricordato che al pari delle travi questi vengono sovente recuperati in fase di smantellamento per essere riutilizzati.

##### Palma

Come già detto la palma svolge una funzione importante anche nel settore edile, componendo la parte portante dei solai ed in parte anche i complementi d'arredo.

Mentre in vita dalle sue foglie si ricavano i karnaf e gli steli, dei quali è auspicabile un supplemento d'indagine come orditura secondaria, una volta abbattuta essa viene immediatamente sezionata per ricavare i travetti che andranno essiccati. Entrambi gli elementi, karnaf e travetti, prima della messa in opera necessitano di una ulteriore lavorazione, atta ad ottenere facce d'appoggio complanari, e della purpurea colorazione antiparassitaria.<sup>50</sup>

##### Pietra

In edilizia sono usate due tipologie di pietra; una nera più dura e lavorabile trova impiego nelle fondazioni, nei pilastri, negli appoggi e come finitura per soglie e muri; l'altra, di colore rosso e più friabile, è utilizzata o come sottofondo del pavimento controterra o cotta per ricavare la calce, trovando solo sporadico uso nell'elevazione dei muri.

---

49 Per la composizione della terra dei siti e per le sue caratteristiche si veda l'allegato

50 Il nome della tintura, alla cui base c'è un ossido metallico, è Tiwdate; essa va diluita e riscaldata in acqua prima di essere applicata.

### Calce

L'impermeabilizzante locale per eccellenza trova impiego nelle malte di finitura, miscelato a diverse percentuali per ottenere vari gradi di protezione della sottostante struttura in terra. Il suo aspetto e la sua durabilità vengono impiegate nella realizzazione del tadelak, una finitura ottenuta con una saponatura o ceratura finale della superficie che la rende lucida ed idrofuga. Dato il suo costo questa non può purtroppo essere realizzata sull'intera superficie muraria e resta dunque circoscritta a piccole aree, solitamente in ambienti interni umidi quali i bagni.

La produzione locale della calce rimane un rito quasi ancestrale, di cadenza incerta e svolto sempre ai margini della comunità. Esistono a Figuig tre forni per la calce: si tratta di buche circolari profonde 5/7 metri e larghe 3 o più; la loro superficie viene ricoperta da corsi concentrici di pietre calcaree che vengono fatte culminare in una falsa cupola epigea, successivamente coperta di terra; vengono lasciate una cavità centrale ed un punto d'accesso sotto l'imposta dal quale viene caricato il combustibile e ci si cala successivamente ad accendere il fuoco; fuoco che dovrà essere alimentato e vegliato ininterrottamente per tre giorni, al termine dei quali l'intera struttura viene sigillata e lasciata raffreddare per una decina di giorni. Passato questo tempo essa viene smantellata e si può procedere allo spegnimento, dopo il quale è possibile ottenere il particolato definitivo.

### Oleandro

Data la sua tossicità può sembrare quasi masochista utilizzarlo per gli ambienti più raffinati, ma dipingendolo, oltre a tamponare l'emissione di sostanze nocive, si creano delle notevoli texture, senza contare che esso offre valori di resistenza maggiori delle fibre di palma.

## 4.1

### *Tecniche costruttive locali: salvaguardia, sostenibilità e sperimentazione*

“può il moderno costruire dirigersi verso un nuovo modo di fare, andando forse contro la tendenza attuale, ma rispondendo alle attuali regole di igiene, alla nuova necessità di comodità pur conservando le regole d'oro che ci ha insegnato la casa tradizionale?”<sup>51</sup>

“Verso l'inizio del novecento i prodotti della civilizzazione occidentale raggiunsero Figuig dall'Algeria grazie alla ferrovia [...] Gli abitanti degli ksour approfittarono così di questo nuovo materiale: l'acciaio gli permetteva di avere grandi camere senza l'uso di pilastri [...] Questo periodo ha lasciato traccia nella casa tradizionale. Le famiglie agiate hanno potuto avere saloni di anche 6 metri di larghezza...”<sup>52</sup>

"L'apparizione di questo materiale rivoluzionò l'intera oasi. Tutti gli abitanti sperarono di poter avere dei saloni più grandi o addirittura case nuove. Attualmente il cemento armato è il solo materiale utilizzato sia per nuove costruzioni che per restaurare [...] il dover salvaguardare le caratteristiche della casa tradizionale spiega come non sia essa ad essere in difficoltà bensì la società stessa..."<sup>53</sup>

“Modernità e comodità [...] cui la forma tradizionale agli occhi degli abitanti non può più rispondere”<sup>54</sup>

"Questi cambiamenti [urbanistici] sono originati da bisogni e desideri nuovi di quegli abitanti che subiscono l'influenza culturale dei lavoratori emigrati e del progresso tecnologico, senza tuttavia controllarne le conseguenze [...] L'ambiente tradizionale è stato svalorizzato in quanto emblema di una vita rurale, sinonimo di povertà, precarietà e mancanza d'igiene [...] Il problema qui a Figuig è di preservare il saper-fare esistente che deve essere tramandato ed incrociato con altre esperienze."<sup>55</sup>

"L'immagine della costruzione in terra si è, col passare del tempo, deteriorata ed il saper fare si è progressivamente perduto. Questa situazione ha pregiudicato sensibilmente la credibilità della costruzione tradizionale, ed in particolare la terra è divenuto materiale povero se comparato alle tecniche moderne considerate segno di progresso sociale."<sup>56</sup>

"Le tecniche di costruzione locale devono essere migliorate per meglio rispondere alle esigenze attuali. Esse possono anche servire da modello universale per ciò che riguarda la costruzione in terra."<sup>57</sup>

"Il processo di riabilitazione degli ksour deve fissare come primo obiettivo la lotta contro l'habitat insalubre: il miglioramento delle condizioni di confort interno delle abitazioni degli ksour ed il miglioramento delle carenze in materia d'igiene per favorire la permanenza degli abitanti nello ksar."<sup>58</sup>

---

51 *Fadli A., Hilali T. 1991*

52 *Mahfoudi J. 1998*

53 *Addarkaoui A., 2000*

54 *Saadi A. 2009*

55 *Abbou A., Cafarelli M. 2009*

56 *AA.VV. 2001*

57 *Amar Abbou ppt*

58 *Abbou A., Cafarelli M. 2009*

Non si possono negare alcune effettive carenze delle costruzioni tradizionali in terra e se ad esse non si ovvierà, sarà difficile convincere la popolazione locale della bontà della tradizione ed evitare che legittimi desideri di miglioramento ed emancipazione continuino ad avere conseguenze distruttive.

L'antico equilibrio, come già sottolineato, è infatti venuto a mancare ed il processo peggiorativo da tempo in atto non solo è pesantemente tangibile ma sembra oramai risvegliare, almeno in parte, la coscienza degli stessi cittadini. Tale processo è però tuttora ben vivo, essendo vincolato ad un modello di sviluppo - il nostro - assai difficile da intaccare nella sua essenza. E tuttavia la relativa lentezza con cui esso procede, in una realtà marginale per lo stesso Marocco, invita "il buon samaritano" a cercare di porvi rimedi e correzioni, prima di un'ulteriore degenerazione, inserendo, mediando un bagaglio di conoscenze ed esperienze maturate nella *altra* realtà e ponendole in armonia con le tradizioni locali.

L'aspetto su cui il lavoro qui presentato si concentra è quello della dimensione dei locali tradizionali, che appare penalizzata da un sistema di orizzontamento, immutato nei secoli, costituito da semplici sezioni di palma. Uno dei motivi principali che porta all'abbandono della casa in terra, unitamente al bisogno costante di manutenzione degli intonaci esposti al dilavamento delle precipitazioni, è proprio l'impossibilità di disporre di ambienti ampi, la cui necessità è sentita soprattutto nel caso delle sale per ricevimento degli ospiti, tipicamente contornate da divani, e delle camere da letto matrimoniali, pressoché inesistenti, visto che anche adottando la kantrara o la soluzione con pilastro centrale<sup>59</sup> è possibile ricavare solo l'ingombro netto di un letto a due piazze. L'idea dunque è stata di implementare tecnologicamente le tecniche costruttive locali, permettendo di migliorare la qualità di vita ma sfruttando sempre materiali "a chilometro zero".

Una considerazione va qui innanzitutto fatta sulle capacità della manodopera locale: gli operai edili da sempre lavorano con pezzi di legno indipendenti, talora regolati in cantiere, ma mai assemblandoli in opera in strutture complesse; le abilità di carpentiere sono esclusiva dei numerosi artigiani presenti a Figuig, i quali realizzano però solo arredi, e quasi esclusivamente utilizzando l'abete.

Le caratteristiche della palma infatti ne consigliano una lavorazione priva di irregolarità dimensionali o bruschi cambiamenti di sezione come nella realizzazione dei giunti lignei tipici della nostra tradizione. Il materiale di cui si tratta, che è bene ricordare non essere un legname, è composto da fasci cribro-vascolari<sup>60</sup>, una sorta di composito di fibre pressoché normorientate avvolte da una pasta. Le caratteristiche di questi componenti variano sensibilmente nel corso dell'essiccazione ed ulteriormente nell'invecchiamento; infatti, facendo loro cedere correttamente l'umidità, le fibre perdono flessibilità (rigor mortis) ma aumentano la loro resistenza a flessione, mentre la pasta aumenta la sua durezza fino a divenire pari ad una malta. Nei punti di taglio o rottura perpendicolare alle fibre, l'apparenza ricorda quella di una scopa di saggina che ha appena ripulito un'aia in terra. Ricordando che la resistenza a flessione decade rapidamente dopo i primi tre metri di fusto, occorre anche specificare l'elevata attaccabilità dall'acqua di questo materiale, che se reidratato (oppure seccato in modo improprio) tende a polverizzarsi, specialmente nella sua componente più plastica.

## 4.2

---

59 Se bruse e kantrara sono nati con la precisa funzione di ampliare gli ambienti e non a caso si trovano nelle stanze più ricche della casa, la soluzione a pilastro centrale è quella tradizionalmente adottata per locali adibiti a deposito, come la già citata laksar.

60 botanica wiki

## *Studi preliminari*

Questi aspetti hanno ridotto il ventaglio di soluzioni possibili, obbligando all'assunzione di almeno due sezioni collaboranti ed escludendo l'iniziale ipotesi di giuntare gli elementi tramite biette. Vista infatti la necessità anche per questo sistema di realizzare forature per i bulloni, e insieme quella di ricavare le sedi per i cunei lungo le facce d'appoggio, si è preferito sostituire alle biette delle corone dentate in metallo poste in corrispondenza del foro; ciò per evitare il rifollamento della sede del bullone nel punto di maggior sollecitazione e l'eventuale distacco delle sezioni intercorrenti. Si era inizialmente pensato di utilizzare dei perni lignei (ulivo, eucalipto, albicocco): la loro sperimentazione rimane possibile ma, sia per poca conoscenza di sicurezza, si è preferito ricorrere all'acciaio.

Il primo interrogativo da risolvere per poter supportare la parte empirica della sperimentazione con la certezza e la confrontabilità dei dati matematici e delle teorie di sforzo assumibili, è stato quello dell'entità del carico delle componenti portate del solaio. Incrociando valori tabulati, misurazioni effettuate in loco e presso i laboratori del Politecnico, si sono ricavate le densità dei vari materiali per poi ottenere il carico del pacchetto solaio, attestatosi a circa 3,5 kN/m<sup>2</sup>. Con questo valore, ed ipotizzando la trave in studio come elemento rompitratta capace di portare un solaio abitabile, si sono dunque potuti ricavare il momento ed il taglio massimi generabili.

Lo sforzo di taglio, che verrà contrastato dall'azione dei giunti, deve essere ripartito con la maggiore equità tra i singoli bulloni al fine di ottimizzare la struttura; dunque la distanza tra i fori andrà crescendo man mano che ci si approssima alla mezzeria, punto ove il momento è massimo ed il taglio nullo (trave semplicemente appoggiata con carico distribuito).

Successivamente si è reso necessario indagare il giunto, per quantificare l'entità e la distribuzione degli sforzi anche al fine di trovare il numero corretto di connettori. Da una parte la ricerca bibliografica, che ha portato all'individuazione delle equazioni di Johansen per i mezzi di unione a taglio singolo ed ai successivi diagrammi di Möller, dall'altra la ricerca, presso aziende specializzate, di convenzioni abituali e schemi di calcolo generali. Proprio grazie ad una di queste, inizialmente contattata anche per l'acquisto dei giunti, è stato possibile impostare un foglio di calcolo che quantificasse gli sforzi localizzati nell'unione.

Rimanevano dunque da quantificare le qualità proprie del legno di palma, di cui non compare alcuna traccia non solo nei manuali europei, non essendo esso normato, ma nemmeno presso tutte le fonti ricercate nei paesi ove questo materiale risulta tradizionalmente in uso.

### **4.3**

#### ***Test materiale palma***

Esistono sottospecie diverse di palma che forniscono materiali con differenze prestazionali relative; la tradizione d'altro canto prevede un ampio riutilizzo di ogni parte del manufatto edilizio, dagli adobe alle travi stesse.

Se rimane dunque, per maggior accuratezza classificatoria, la necessità di indagare le singole sottospecie e di quantificare il decadimento prestazionale del tronco all'allontanarsi dalla sua base, rimane anche da instillare nei proprietari dei giardini una maggiore responsabilità nella fornitura della materia prima, essendo ancora oggi troppo disparate le condizioni delle singole piante.

I provini testati presso il LaBS<sup>61</sup> sono stati ricavati da tre pezzi differenti, uno seccato di recente e due già utilizzati; non è stato possibile stabilire con certezza né la loro età né la sottospecie cui appartengono. Per il taglio e la regolazione delle facce è stata utilizzata eccezionalmente una sega

---

61 Laboratorio Prove Materiali - LaBS - Materiali e strutture biologiche - Dipartimento di Ingegneria Strutturale (DIS) presso il Politecnico di Milano



circolare, che ha immediatamente dimostrato la sua inadeguatezza surriscaldando la lama e fessurando irrimediabilmente un pezzo. Si è proseguito dunque ricavando i listelli da tozze sezioni, meno inclini per il breve sviluppo a fessurarsi e più veloci da tagliare; tali listelli sono stati infine regolati, sempre elettricamente.

I ricavati per le prove a flessione, anche in vista del trasporto postale, non superavano i cinquanta centimetri di lunghezza e dunque il rapporto normativo tra i lati della sezione, compresi tra i due ed i tre centimetri, e la luce libera di inflessione è stato rispettato.

Quanto ai provini da sottoporre a compressione, essendo il materiale anisotropo e la sua tendenza al rifollamento deducibile proprio dalla resistenza a compressione, essi sono stati ricavati sia in proporzione normata che più tozzi, nel tentativo di ovviare all'instabilità derivante dalle leggere irregolarità delle facce d'appoggio. Sono stati dunque ricavati i valori medi per le differenti serie di provini e successivamente una media generale del materiale, al fine di compararlo con le tabelle normative.

Nell'ottica del calcolo, sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite i valori di sforzo caratteristico

devono essere ridotti da coefficienti di sicurezza; per questo raffronto si è moltiplicato il valore ottenuto per  $k_{mod}/\gamma_m$  (ove  $k_{mod} = 0,9$  e  $\gamma_m = 1,3$ ). Dai risultati si evince come la palma da dattero fornisca una materia di non eccellente qualità, comparabile rispettivamente:

- modulo di elasticità a flessione globale ( $E_{m,g}$ ) classi C16/C18;
- resistenza a flessione caratteristica ( $f_{m,k}$ ) classi C18/C22;
- resistenza a compressione caratteristica parallela alla fibratura ( $f_{c,0,k}$ ) classe C24.<sup>62</sup>

Ottenuti i valori medi si è proseguito nella definizione di un modello matematico della trave composta, mantenendo comunque sempre un ampio margine di sicurezza per ovviare alle imperfezioni: il decadimento prestazionale del materiale, la non completa solidarietà tra le due sezioni giuntate, eventuali imprecisioni esecutive...

Si è difatti assunta per la quantificazione di momento, taglio e frecce una sezione unica inferiore rispetto all'effettiva, così come per la verifica dei giunti si sono considerate costanti le dimensioni e la resistenza a compressione.

(A integrazione di quanto esposto in questo paragrafo si veda la relazione tecnica allegata)

#### 4.4

##### *Esperienza abete rosso*

Parallelamente all'attività di studio e ricerca è stato anche condotto in loco un lavoro presso il Bureau dell'o.n.g., in qualità di progettista e direttore di cantiere. Proprio seguendo uno dei lavori di riqualificazione del patrimonio architettonico dell'oasi si è presentata la necessità di coprire una luce superiore a quella tradizionale nella realizzazione di una scuola all'interno del tessuto storico dello ksar Zenaga<sup>63</sup>. Il progetto, redatto dall'architetto Ilaria Picilli, prevedeva la creazione di una sala da adibirsi a biblioteca; questa, sviluppata per tutta la profondità del lotto, si è deciso dovesse avere una larghezza di quattro metri.

L'occasione sembrava capitata opportunamente per testare l'idea di base del lavoro presentato in questa tesi, così come le capacità della manodopera locale. Disponendo di poco tempo e non essendo all'epoca ancora state acquistate le palme per comporre la trave oggetto di studio, si è deciso di realizzare un manufatto che si basasse sugli stessi principi funzionali ma realizzato con i pezzi già disponibili in loco. Come già detto più sopra è presente a Figuiq una fornitura di pezzame

---

62 Le classi di resistenza ed i valori caratteristici utilizzati nella comparazione sono quelli individuati per conifere e pioppo nella norma UNI EN 338.

63 cfr cap2 cooperazione e sviluppo

in abete rosso, della quale il modulo di maggiori dimensioni misura 7,5\*14,5\*500 cm. circa. Seguendo dunque lo schema prima esposto, e assumendo i valori normativi europei più penalizzanti per l'essenza in questione, si è dimensionata una trave composta da quattro dei suddetti travetti giuntati semplicemente da bulloni. Dopo aver realizzato un primo elemento di studio grazie al quale è stato possibile evidenziare incomprensioni con i manovali e piccole correzioni da apportare, è stato fatto partire l'ordine per otto di questi elementi; va sottolineato come il loro costo risulta significativo in rapporto al computo totale della costruzione.

Una precisazione sulla tecnica costruttiva adottata: adattandosi all'usanza locale e alle limitazioni imposte dalle dimensioni degli elementi disponibili, si è optato per la presenza su ogni appoggio di due travi indipendenti affiancate, in modo da suddividere il carico del solaio e permettere la posa in continuità visiva dell'orditura secondaria in palma, senza cioè sfalsare i corsi di travetti tra le varie campate. Particolare attenzione si è posta nella realizzazione degli appoggi: infatti gli adobe locali, così come i B.T.C. realizzati sperimentalmente in questo cantiere<sup>64</sup>, non sono stati indagati scientificamente per ottenere valori di resistenza a compressione e dunque, facendo loro sopportare in questa circostanza un carico maggiore di quello tradizionalmente stabilito, si aumentava ancor più il margine di rischio. Per rimanere in sicurezza si è deciso di allungare la parte di appoggio delle travi, portandola a circa 60 cm. (dunque pienamente entro il terzo medio dell'appoggio) e rendendola così anche capace di generare un minimo momento d'incastro, essendo poi caricata dalla porzione sovrastante di muratura. Per distribuire uniformemente il carico alla muratura sottostante le travi, che si trovano a contatto con dei dormienti lignei al fine di regolarne l'orizzontalità, permettere un minimo di ventilazione e non intaccare la trave nel punto di contatto con il vincolo, sono presenti delle lastre di pietra che occupano l'intera superficie dell'appoggio, di circa 80\*80 cm.

Una volta posate le travi in opera, completato il solaio e serrati i bulloni dei giunti, si è proceduto ad un test di carico che ha comprovato la bontà della realizzazione<sup>65</sup>. Punto dolente di questo progetto è però quello economico: terminato infatti il finanziamento disposto da Africa '70, la parte restante di lavori, ossia il completamento del piano terrazza, che era a carico della controparte locale, non è ancora stata portata a termine. In seguito a questa inadempienza degli obblighi inizialmente presi, accade che il solaio testato, privo sia della galleria di copertura che della finitura impermeabile dell'estradosso, rimane troppo soggetto alle pur infrequenti piogge, col rischio di venire intaccato nella sua struttura.

## 4.5

### *Assemblaggio trave*

Imprevedibilità ed inesperienza, che caratterizzano tutti i lavori di ricerca, una volta rielaborate permettono di delineare un quadro logico globale dell'attività. Per essere compresa a fondo ogni cosa deve essere vissuta. Per questo tutti i processi di lavorazione ed assemblaggio sono stati condotti in prima persona, maturando così abilità pratiche oltre che l'idea precisa delle difficoltà riscontrabili e della fattibilità dell'opera. A questo proposito bisogna specificare come, per ottenere i pezzi necessari all'assemblaggio della trave in questione, si debba procedere in maniera leggermente differente da quella attualmente in uso, che prevede, prima dell'essiccazione, semplicemente la divisione in quarti appena effettuato il taglio.

#### Materia prima

La scelta della palma, va ribadito, è fondamentale: e lo è più per le condizioni di maturazione del

---

64 imm o appendix pressa e test blocchi terra compressa

65 allegato test bois rouge

tronco che per la specifica della sottospecie. Il metodo empirico con cui viene sondata la qualità della palma, ascoltando il suono prodotto colpendola con un grosso sasso, è indicativo per quanto approssimativo. Appare chiaro che una buona gestione dei giardini dovrebbe garantire non solo la sopravvivenza dell'oasi, ma anche una razionalizzazione delle risorse materiche, tanto più delicata in questo tipo di sistema ambientale.

#### Essiccamento

Appena abbattuta, la palma va decorticata per impedire l'imputridimento dei fasci vegetali e permettere il corretto processo di evaporazione. Viene controllata la presenza di eventuali zone lesionate e viene regolata la lunghezza: nel caso in esame, vista la scarsa possibilità di scelta si è optato per 4,5 metri, anche se verosimilmente è possibile trovare tronchi sani anche di 6 o più metri. Vengono tracciate le linee di riferimento e muniti di ascia si provvede al taglio grossolano della faccia d'appoggio, aiutati dalla consistenza che rende più facile la lavorazione, e favorendo ulteriormente l'evaporazione.

La palma è ora pronta per il periodo di riposo, superiore almeno ai sei mesi, nel quale si deve aver cura che essa non riceva precipitazioni né si deformi sotto il suo stesso peso.

#### Lisciatura

Dopo l'essiccamento la consistenza della palma è mutata ed è ora possibile utilizzare pialla e levigatrice elettrica per ottenere due superfici complanari: aiutandosi con una guida per l'allineamento e... di zuccheri per le successive prove di posizionamento, si ottiene l'aderenza tra i due tronchi.

#### Foratura

Si è ritenuto conveniente procedere alla perforazione simultanea delle due sezioni, solidarizzate da morse; le punte per il trapano sono state saldate su tondini per raggiungere la lunghezza desiderata.

#### Posizionamento corone dentate

Con l'ausilio del foro e di una fresatrice verticale si è scavato l'incavo per permettere ai giunti di rientrare a filo della faccia. Si precisa che i giunti sono stati realizzati in loco sul modello di quelli commercializzati in Europa, ma partendo da una lamina in ferro di 2 mm. di spessore invece che d'acciaio di 1,35 mm. come da catalogo. Per assicurarsi che il manufatto offrissi sufficiente resistenza si sono prodotti e testati diversi pezzi: i primi, spessi 1,5 mm., penetravano correttamente nella palma ma provati successivamente sull'abete tendevano a deformarsi sul punto di piegatura prima di penetrare interamente. Si è dunque deciso di aumentarne lo spessore e di dare dei punti di saldatura per irrigidire i lembi; inoltre, sebbene sia suggerita una pratica differente, le corone sono state inserite nella sezione ove era stata ricavata la loro sede.

#### Serraggio

Posizionate le sezioni con l'ausilio dei bulloni si inizia il serraggio, cambiando bullone ogniquale volta esso inizia ad offrire resistenza; si ricorda che almeno un successivo serraggio sarà necessario subito dopo la posa in opera. Le rondelle, realizzate sempre in ferro, sono superiori ai canonici rapporti per sopperire alla maggiore morbidezza della parte apicale del tronco.<sup>66</sup> Può inoltre rendersi necessario rettificare la zona di appoggio della rondella per migliorare l'adesione. (Anche per questo paragrafo si rimanda al relativo allegato)

## 4.6

### *Test*

Trattandosi di un lavoro interamente sperimentale e dato che non era ancora identificabile una sede definitiva, l'elemento è stato testato non ancora posto in opera.

---

<sup>66</sup>  $\emptyset \geq 3d$  e  $s \geq 0,3d$ , ove  $d$  = diametro bullone ed  $\emptyset$ ,  $s$  relative alla rondella; si auspica che questo elemento possa essere realizzato in forme più accattivanti.

Grazie alla disponibilità dell'architetto Elena Ghibauda, titolare del progetto "Maison Sardaigne, conservazione e valorizzazione del patrimonio tradizionale costruito in terra cruda"<sup>67</sup> la prova di carico è potuta rientrare in un ciclo di formazione offerto da tale progetto agli apprendisti muratori del cantiere-scuola. Essa è stata dunque preceduta da una lezione teorica nella quale si è tentato di spiegare i principi alla base della scelta progettuale: prima di procedere sono stati esposti ai praticanti, dal capomastro precedentemente istruito, concetti generali su assi principali d'inerzia e sul comportamento di travi sottoposte a flessione semplice, grazie ad una serie di slide create per l'occasione, cercando di toccare anche le più astratte tematiche di sostenibilità e valore del patrimonio, anche in prospettiva della possibile attribuzione dello status di Patrimonio dell'Umanità all'oasi di Figuig.

Il secondo giorno, una volta riempiti e pesati i sacchi, si è posizionata la trave sugli appoggi e si è applicato un precarico di 700 kg al fine di far aderire meglio le due sezioni, per poi serrare definitivamente i bulloni. La trave è stata lasciata sino al giorno successivo in questa condizione. Il terzo giorno è stata posata la struttura secondaria di supporto ai sacchi: si è optato, visti i mezzi presenti in loco, per posare una fila di travetti tra la trave ed il muro parallelo in modo da creare un appoggio sufficiente ai sacchi che successivamente dovevano essere impilati. Cercando di mantenere il loro baricentro allineato a quello della trave, difatti, si minimizza il braccio capace di creare la reazione vincolare all'altro estremo di appoggio, quello sul muro adiacente. Procedendo ad intervalli, verificando dunque anche l'aumento della freccia nella fase di assestamento tra un carico e l'altro, si sono raggiunte le 4,3 tonnellate di carico totale su una luce libera di 4 metri.

Sfortunatamente, anche a causa di una eccessiva fiducia riposta nel capomastro, si è verificato un cedimento di uno dei due appoggi, un pilastro realizzato in adobe per l'occasione: dopo una iniziale fase di carico nella quale esso non mostrava deformazioni e dunque si potevano facilmente ricavare i dati, esso si è successivamente fessurato e deformato rendendo le misurazioni meno attendibili. Si è deciso dunque di confrontare i dati del tratto iniziale con quelli immediatamente precedenti allo scarico dell'elemento, quantificando l'entità dell'abbassamento dell'appoggio e computandola nell'equazione.<sup>68</sup>

Al di là delle difficoltà incontrate nelle differenti fasi lavorative, non ultima quella della prova di carico, si può tranquillamente affermare di aver raggiunto l'obiettivo prefissato. L'elemento ha infatti risposto positivamente al test, differendo di poco dai risultati attesi. Un ultimo controllo per fugare i residui dubbi dovrebbe essere fatto circa la "fatica", ossia osservando il comportamento nel tempo per assicurarsi che non insorgano cedimenti localizzati, ad esempio nei giunti.

Le fessurazioni occorse in fase di test suggeriscono inoltre l'adozione di un appoggio rinforzato, o con un ampio dormiente ligneo immerso nel muro o con alcuni corsi di B.T.C. nel caso di un pilastro.

L'adozione della trave composta in palma all'interno del tessuto tradizionale sembra quindi poter rispondere alle necessità avvertite dai locali senza impattare pesantemente sull'ecosistema; l'uso di questo elemento, che d'altra parte è di tipo puntuale, può anzi essere un incentivo ad una gestione più ampia e responsabile della risorsa naturale dell'oasi.

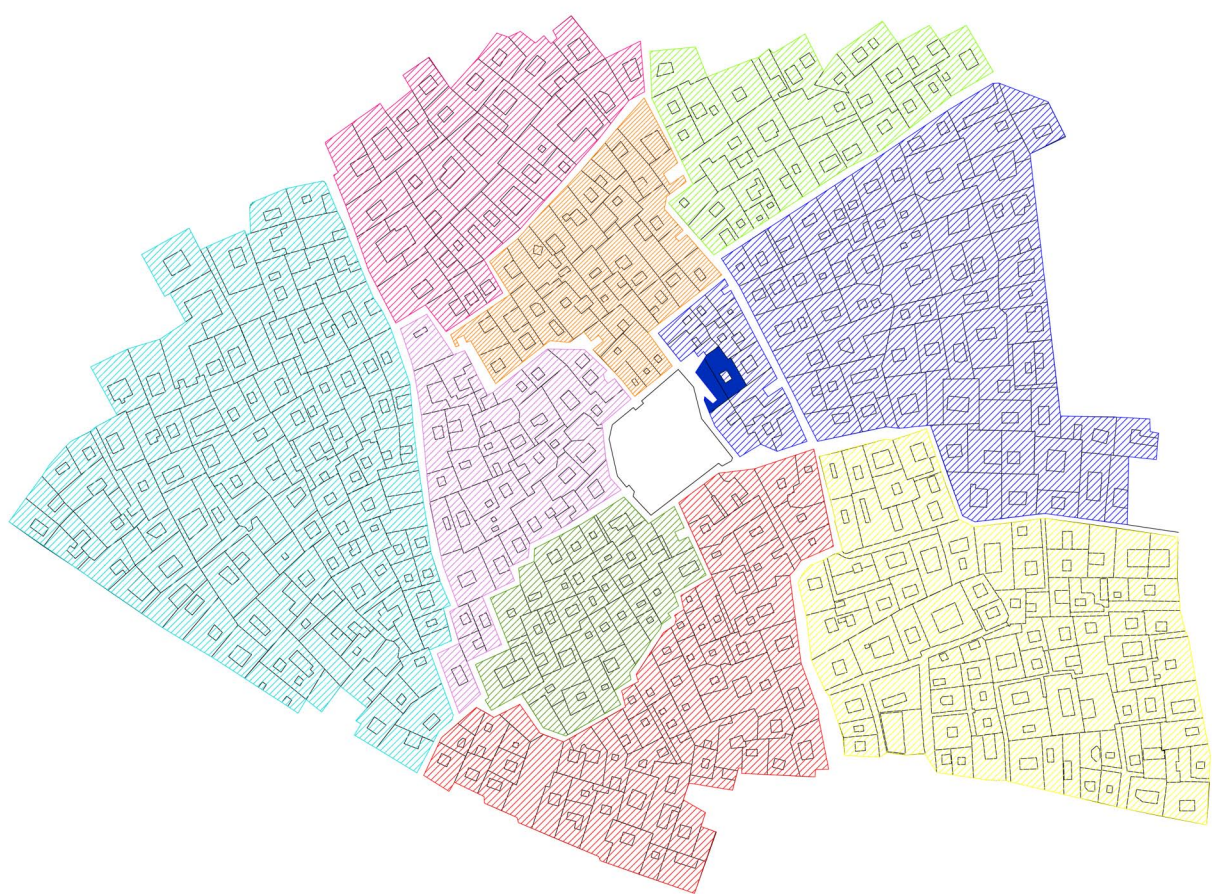
---

67 I partner del progetto sono: Africa '70, Cooperazione italiana, Municipalité de Figuig, Agence de l'Oriental, UniTwin, CRAterre, Reg. Autonoma Sardegna, LabTerra, Facoltà Architettura Cagliari, Ass. Naz. Città della terra cruda, CRES cfr cap2 cooperazione

68 cfr allegato test palma



**KSAR ZENAGA  
STUDI PER IL RESTAURO  
DI UNA CASA TRADIZIONALE**



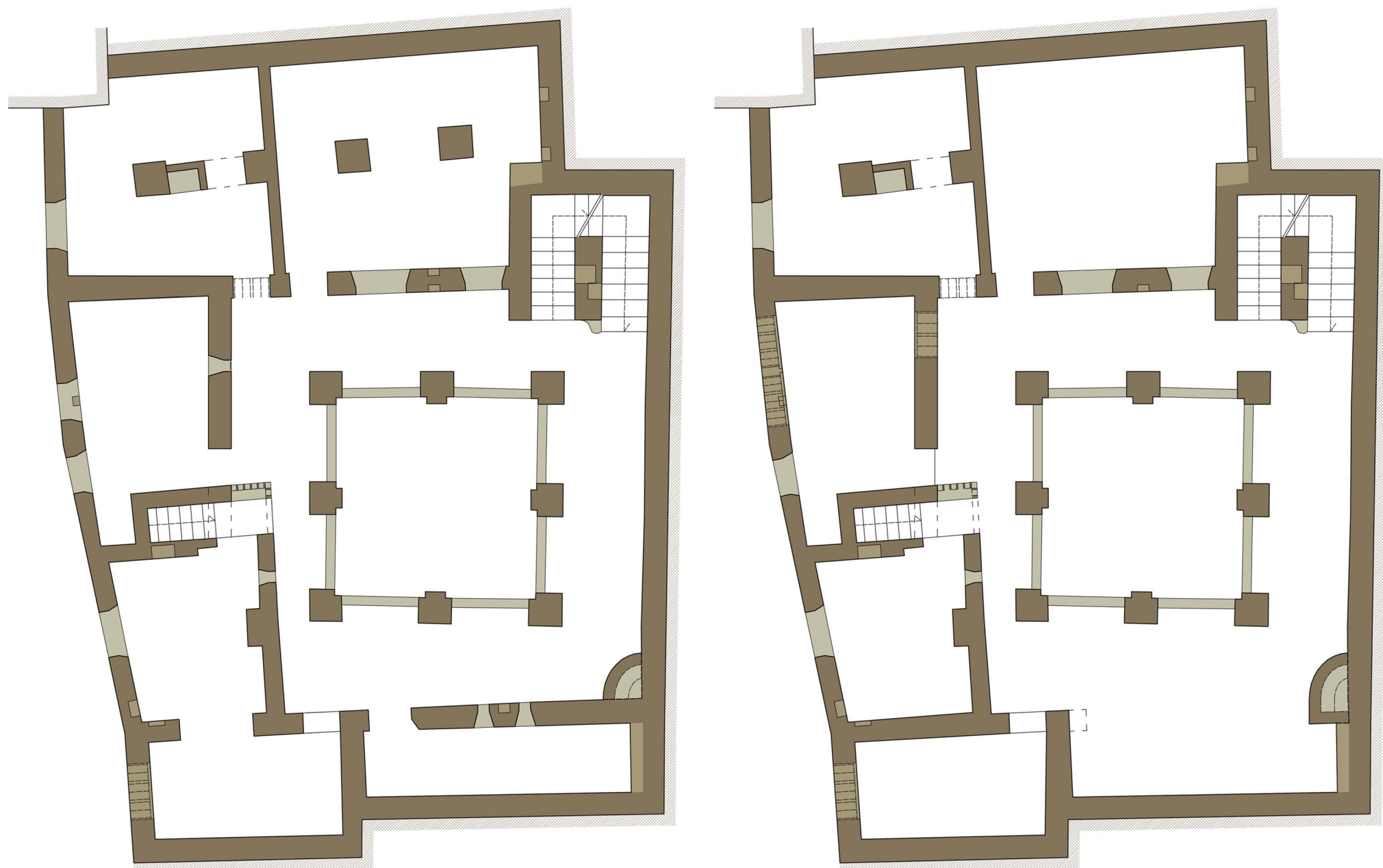
La casa si trova a Zenaga accostata al minareto della moschea principale dello ksar.

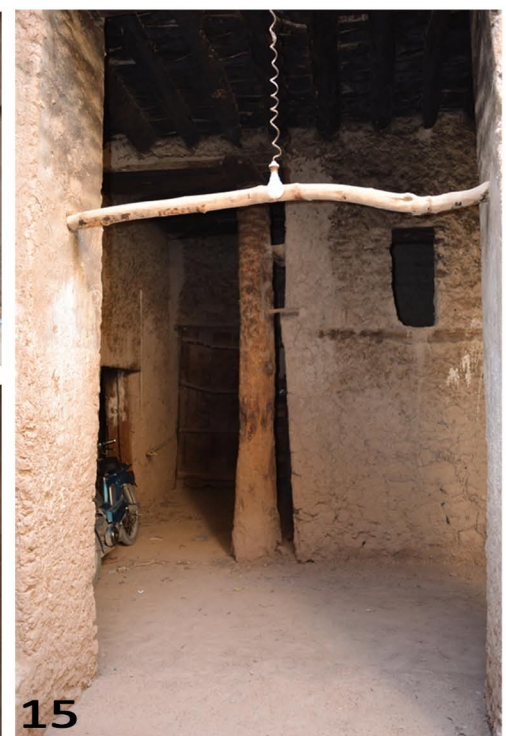
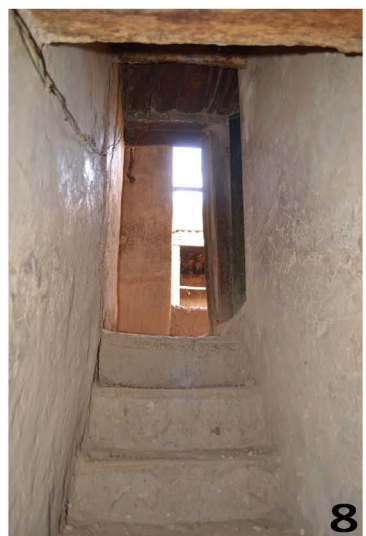
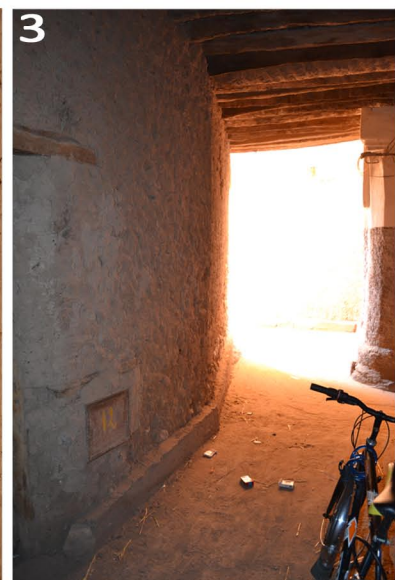
Le condizioni in cui versa lo stabile non sono fatiscenti come quelle di numerose altre abitazioni se si esclude la copertura che presenta un avanzato degrado a causa della pioggia e della manutenzione insufficiente.

Ai piani inferiori gli interventi necessari non riguardano la struttura bensì le finiture: i solai in legno di palma hanno bisogno di una pulizia dai fumi del focolare come pure gli intonaci, che presentano inoltre frequenti fessure; allo stesso modo i pavimenti hanno bisogno di una nuova finitura. Partendo dunque dal presupposto che si possa effettuare un intervento conservativo anche con un budget ridotto, sono proposte due soluzioni progettuali; una -conservativa- prevede il restauro dell'esistente, ponendosi in

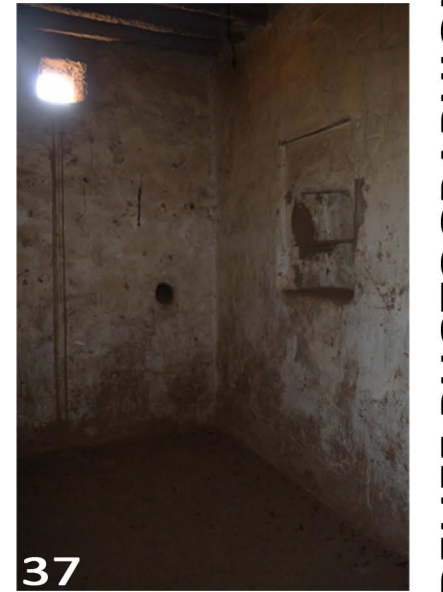
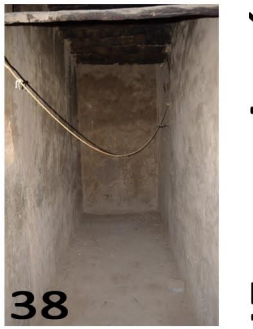
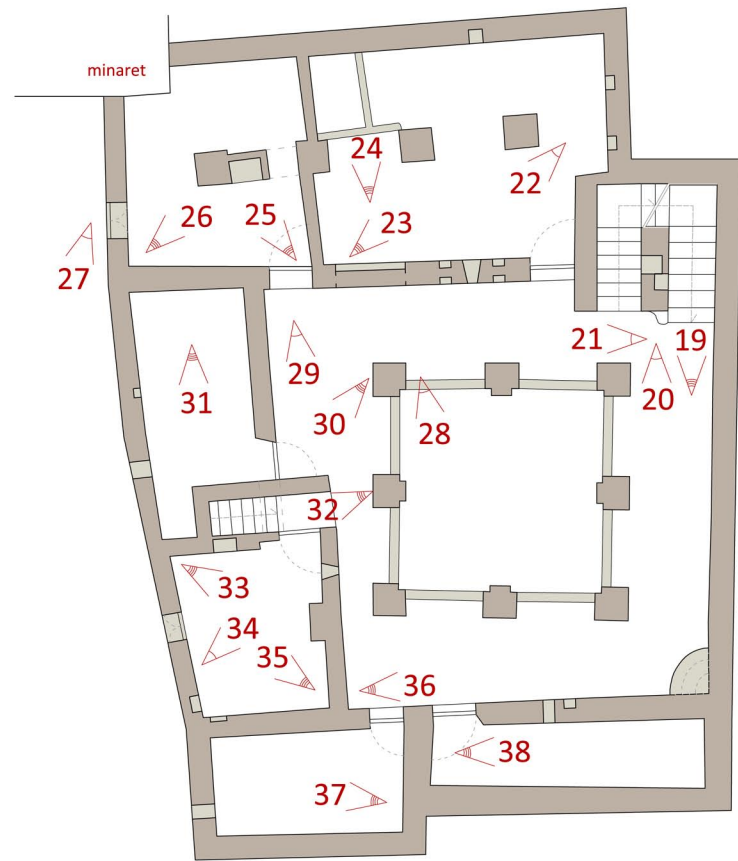
continuità assoluta con la tradizione costruttiva locale risultando dunque non particolarmente onerosa; la seconda si pone come obiettivo il miglioramento di alcuni aspetti in cui la casa tradizionale risulta carente come la presenza di stanze ampie ed una migliore gestione delle acque e della ventilazione; questo secondo intervento, oltre ad avere un costo maggiore, modifica anche la tipologia a patio locale, attraverso la chiusura di una parte di galleria ed eliminando le ingombranti colonne della camera laksar grazie all'adozione di una trave di grande luce in palma studiata e realizzata sperimentalmente per tale funzione.

#### Piante dello ksar Zenaga e dei primi piani dei due progetti



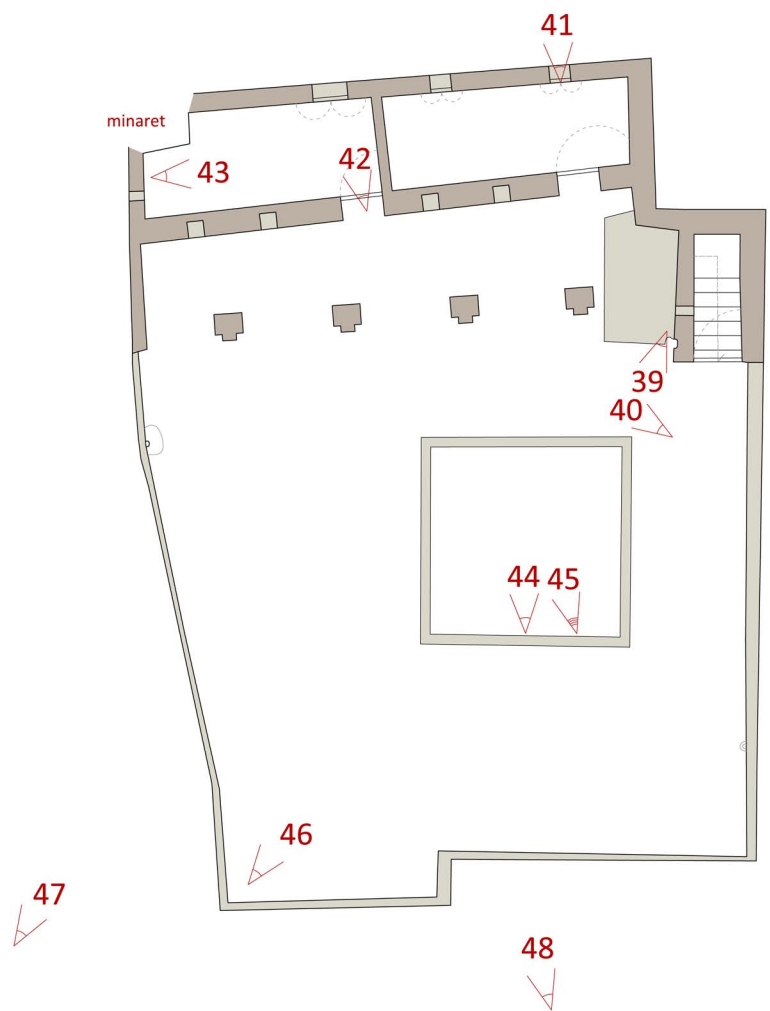


RELIEF PHOTOGRAPHIQUE\_rez de chaussée


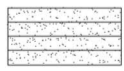



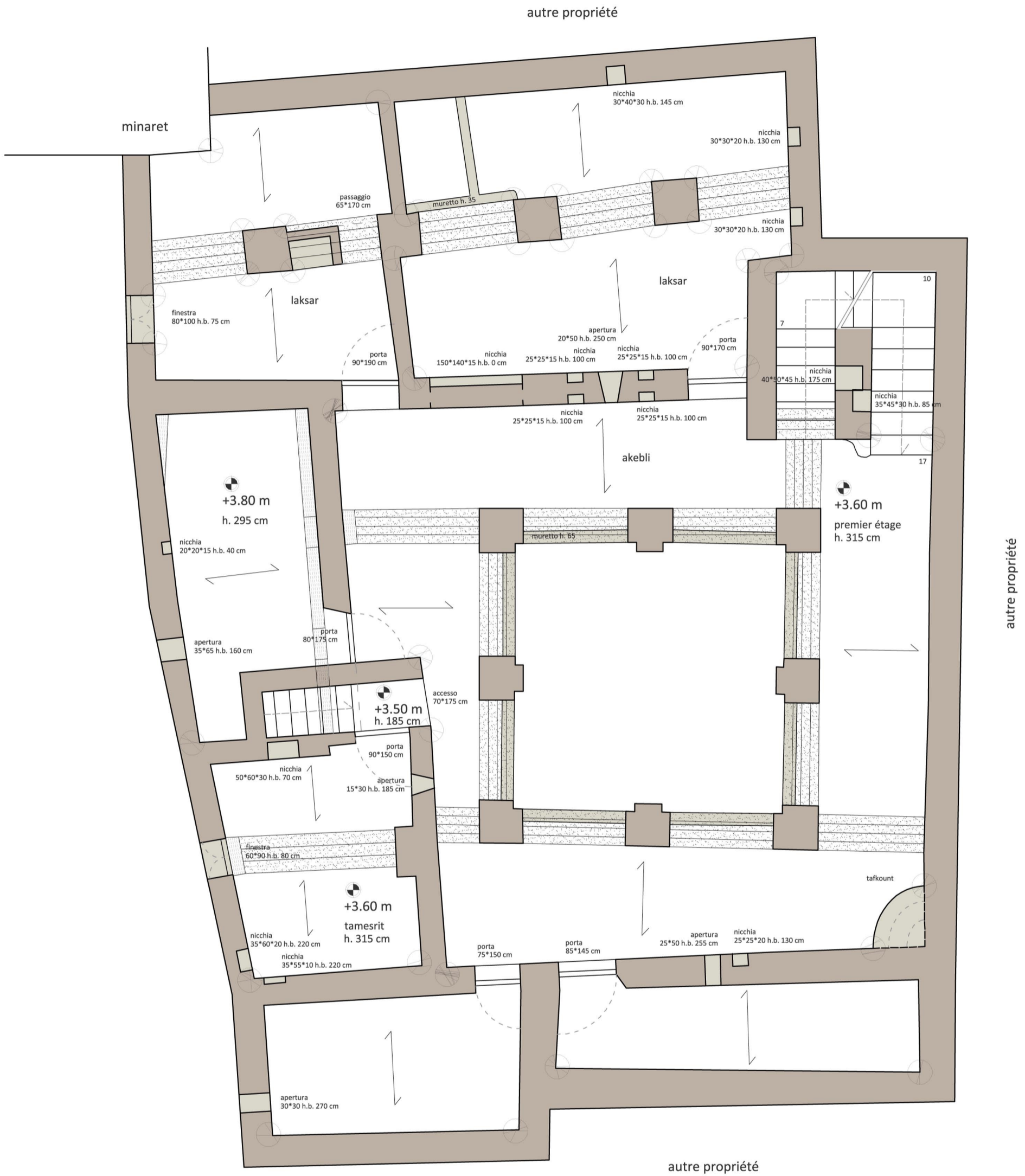
RELIEF PHOTOGRAPHIQUE\_premier étage

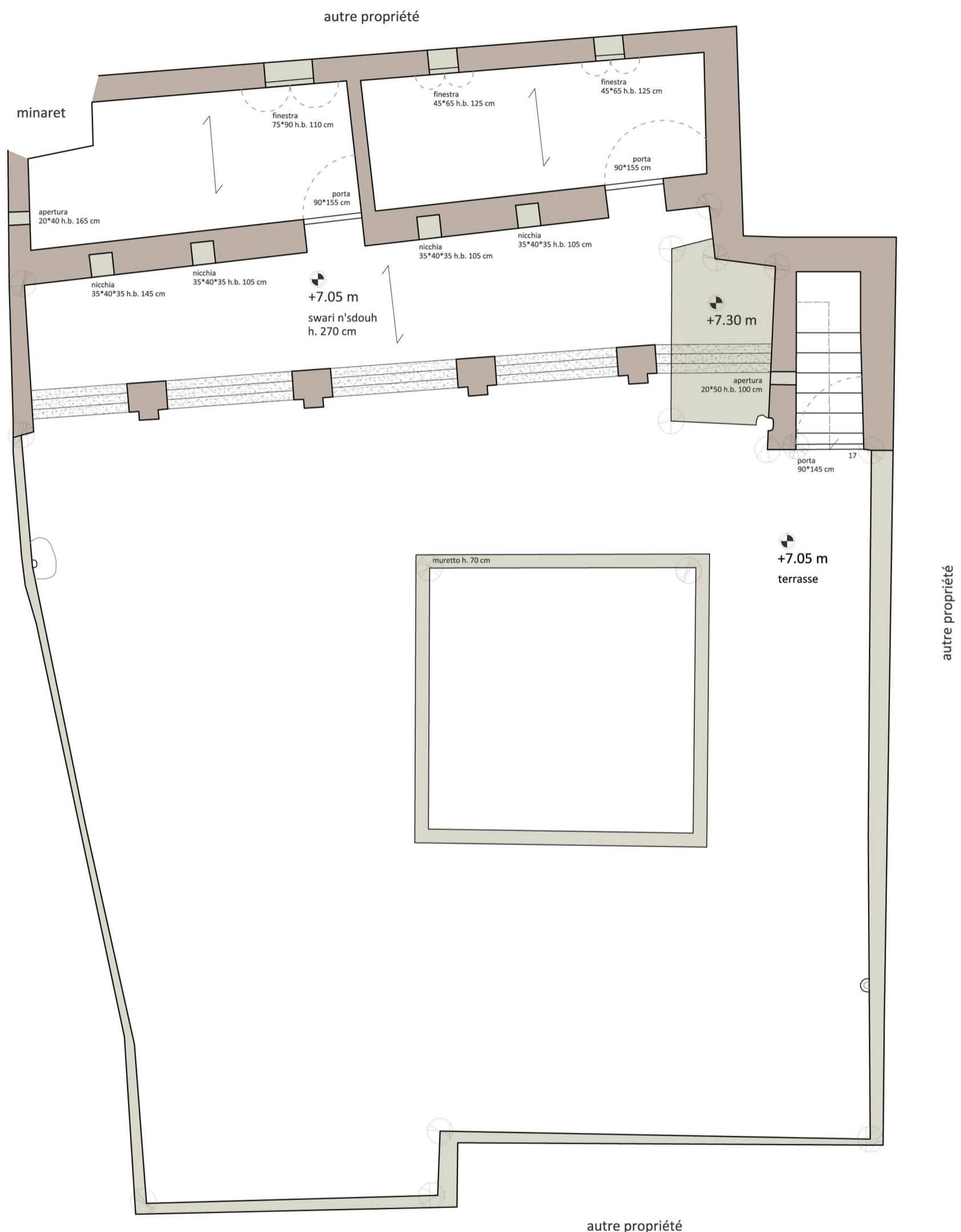


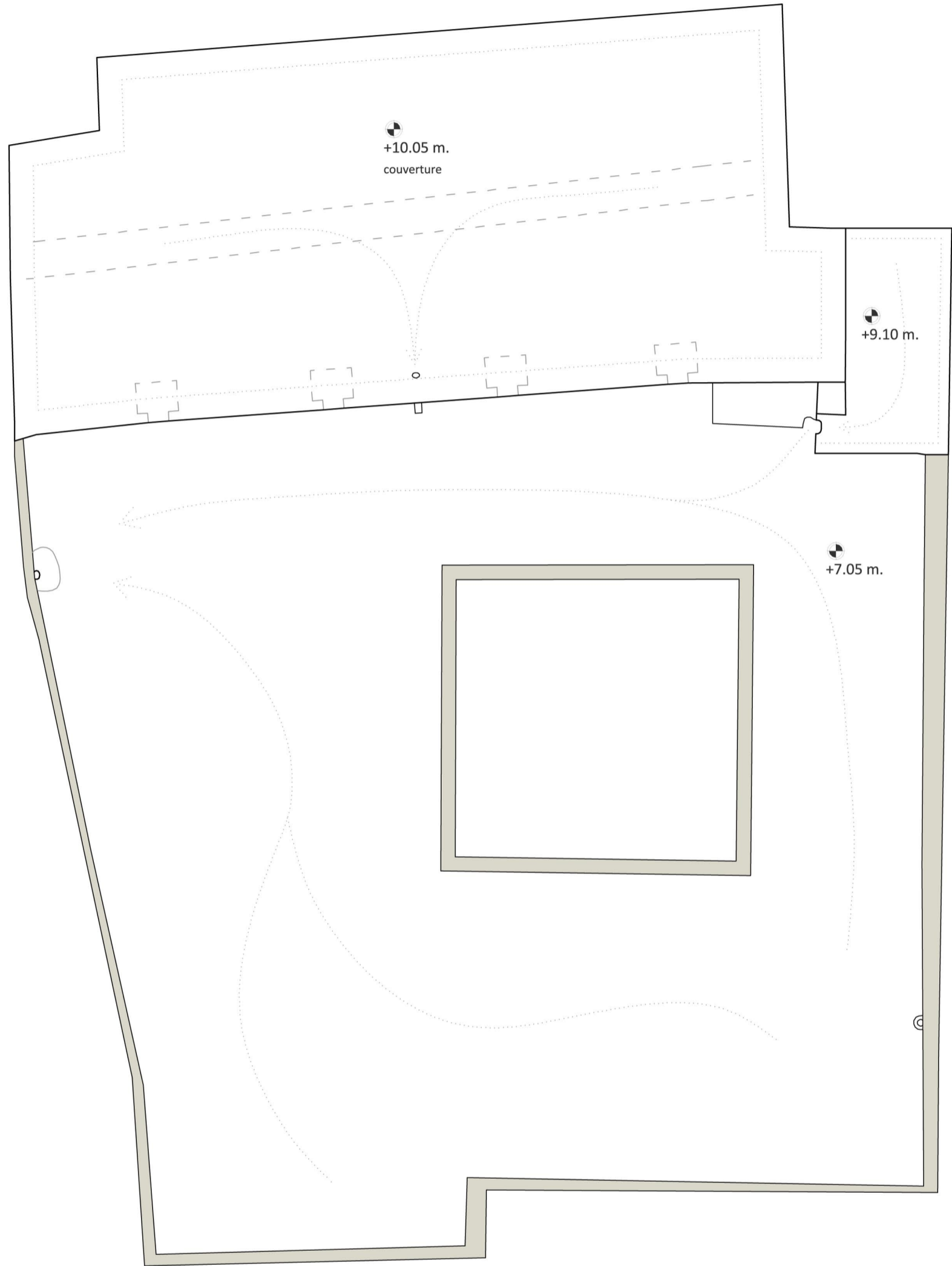








-  bruse
-  lanteaux
-  orditura solaio

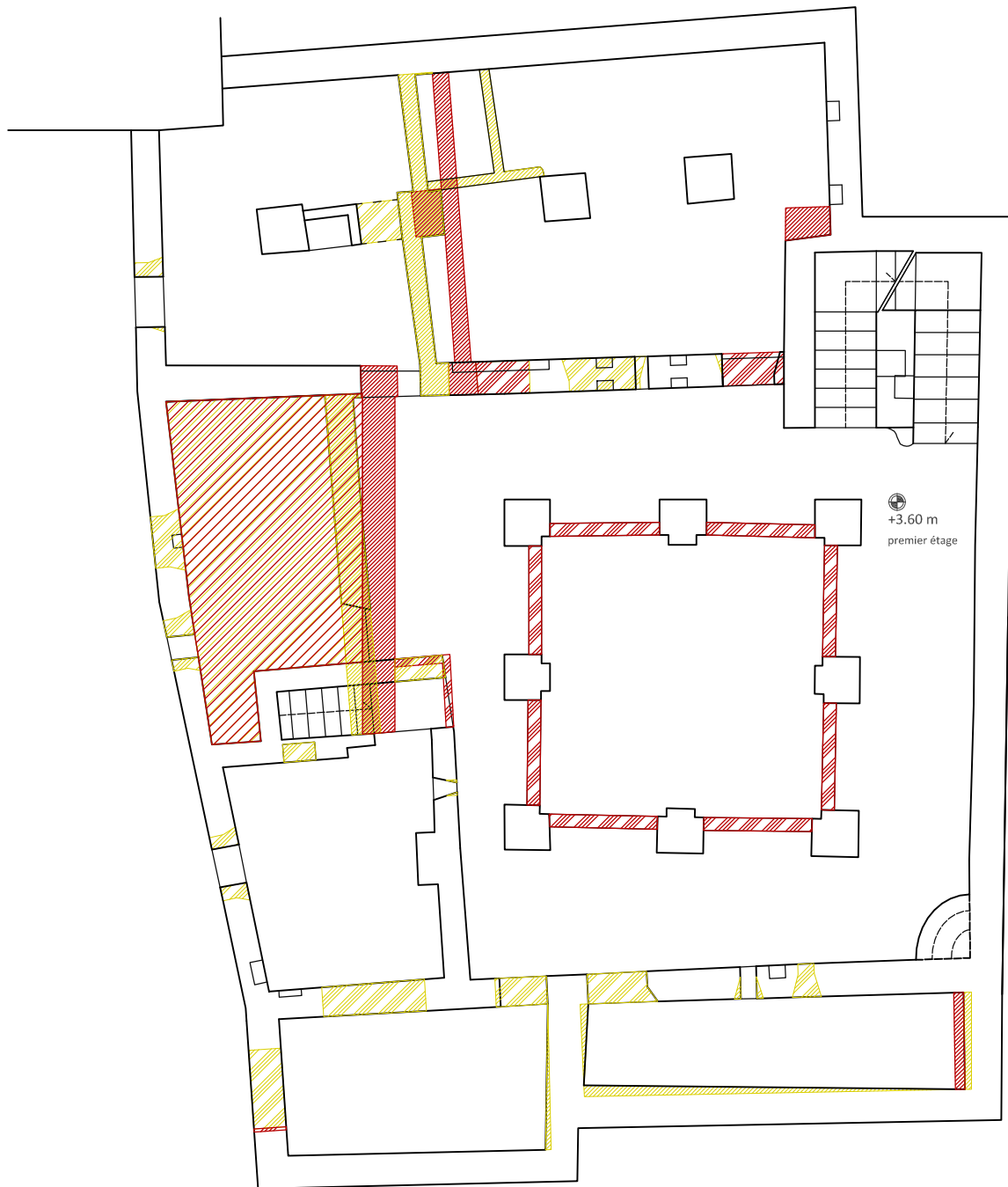




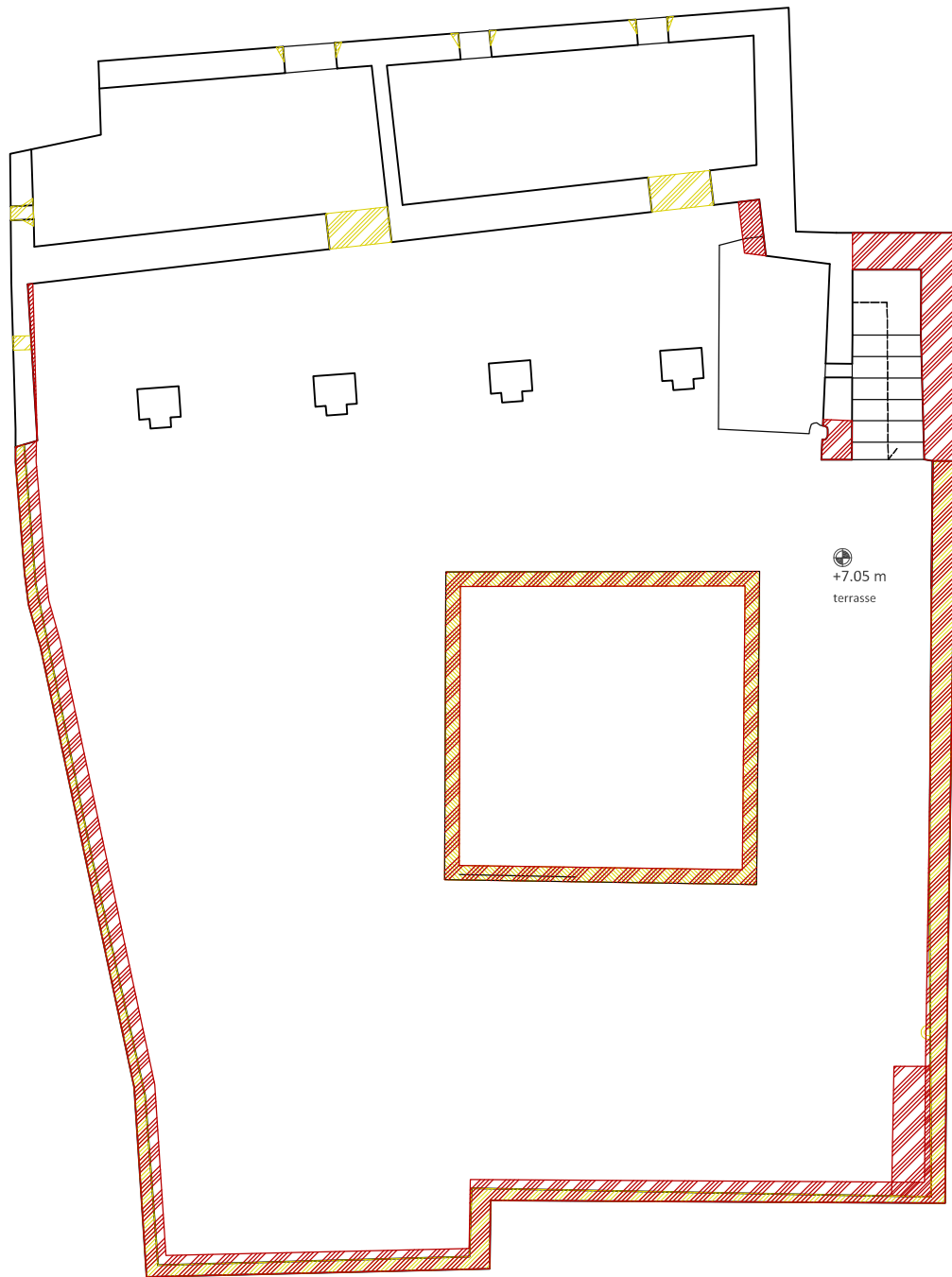




	demolizioni	costruzioni
tutta altezza		
parziali		

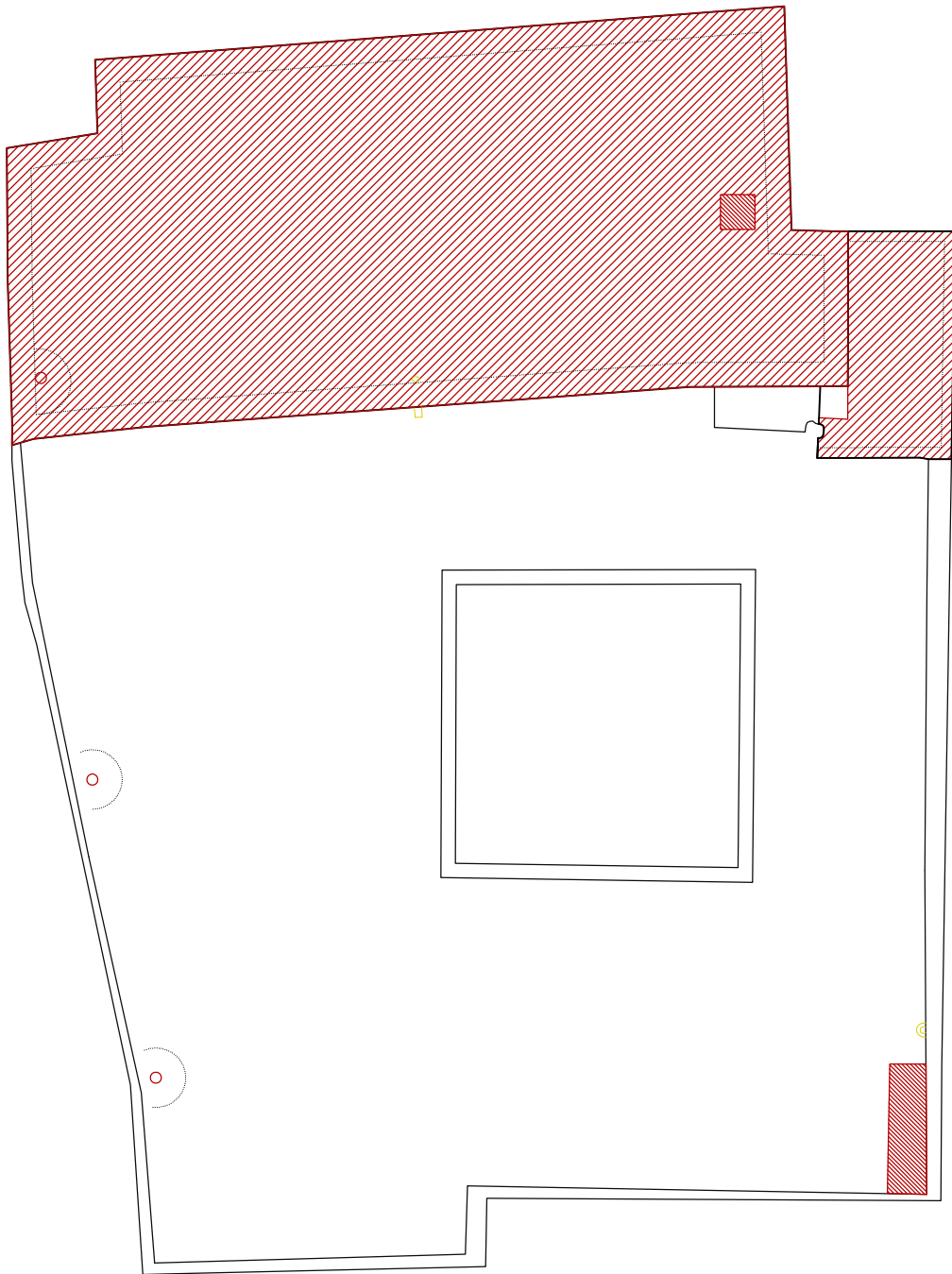


Progetto di una casa tradizionale\_piano primo

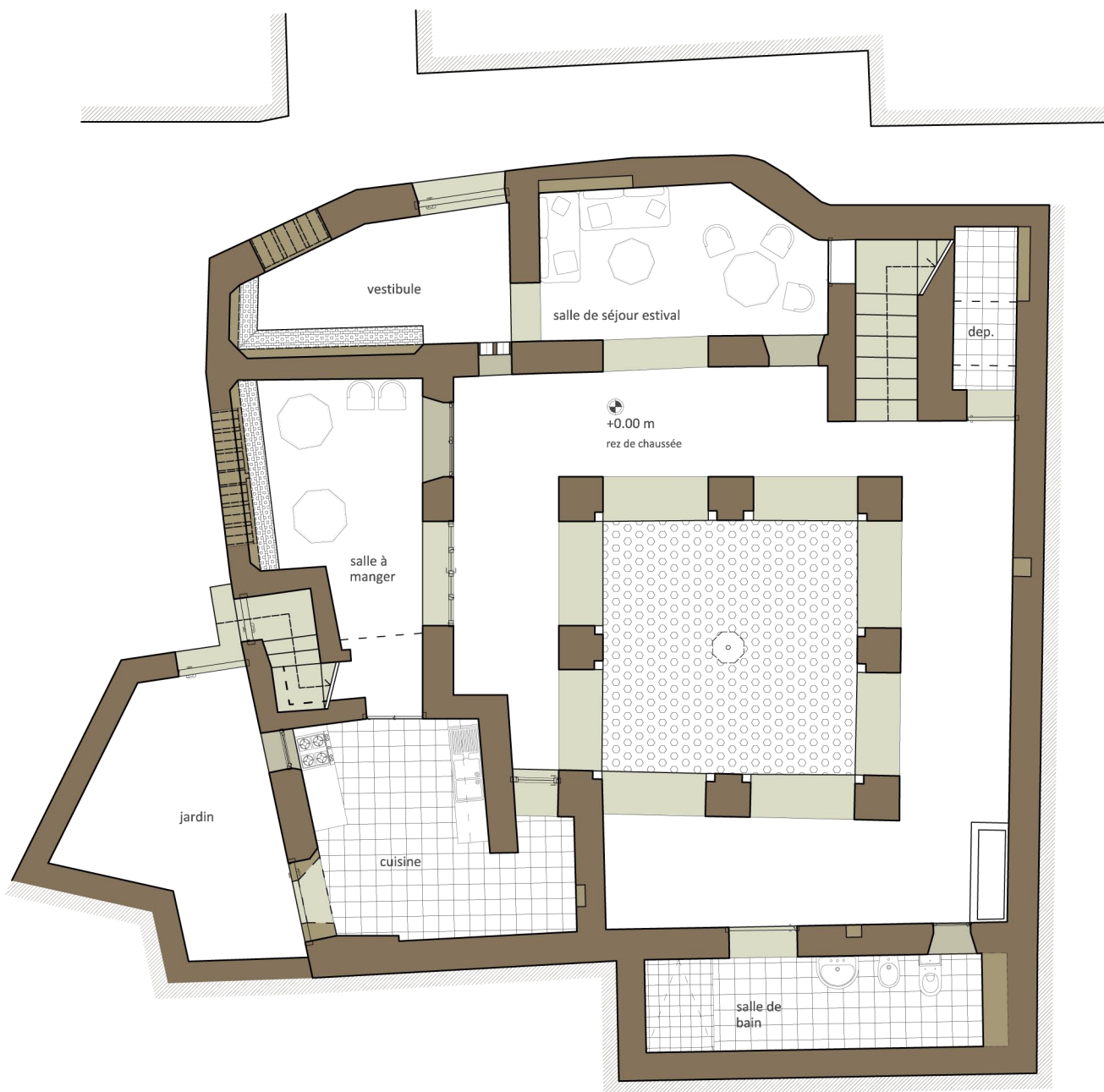







Progetto di una casa tradizionale\_terrasse





Progetto di una casa tradizionale\_copertura



- |   |                     |   |                            |
|---|---------------------|---|----------------------------|
|  | chaux teinte        |  | bejmat                     |
|  | carreaux faïence    |  | chaux avec carreaux cuites |
|  | ierre noir en dalle |   |                            |

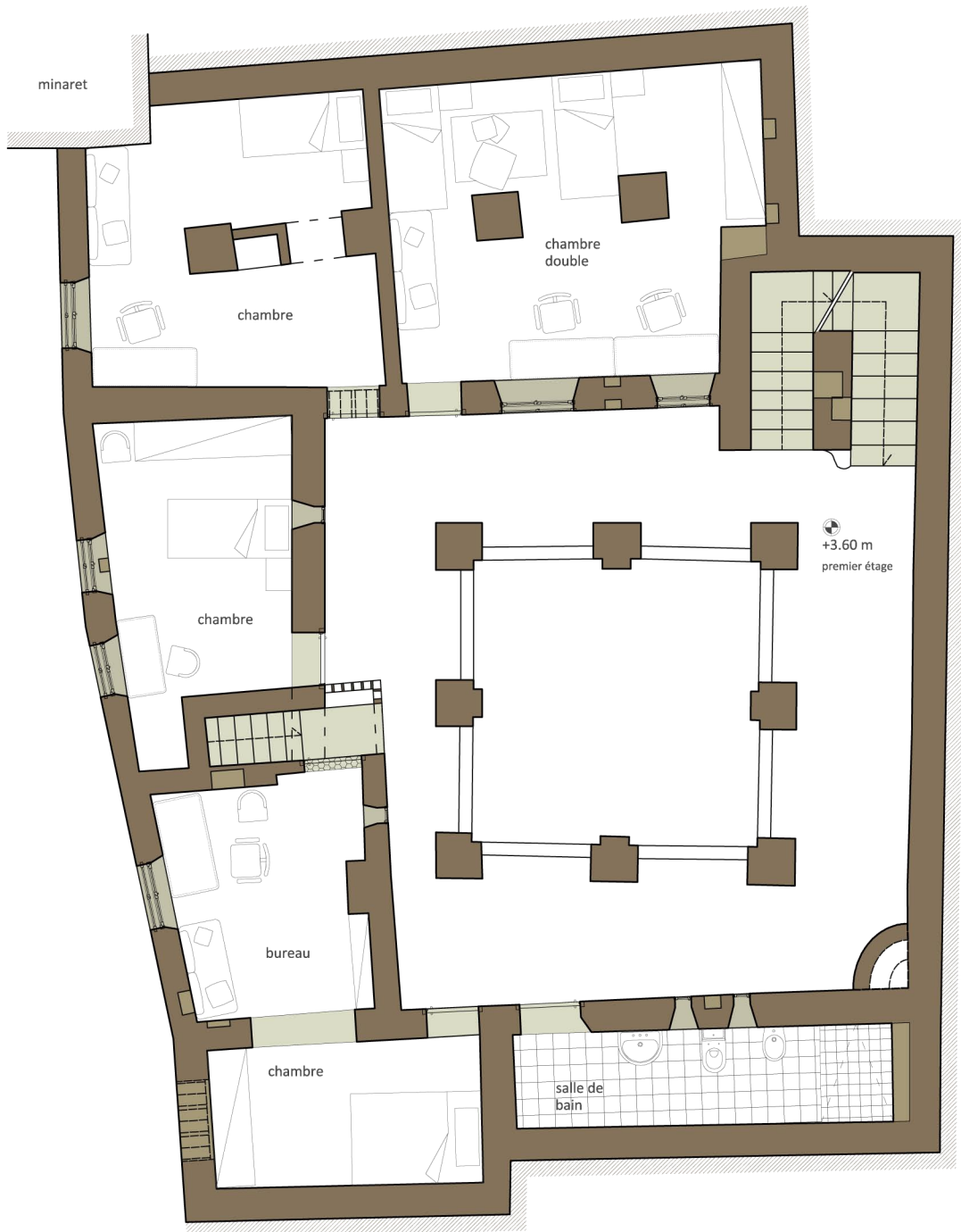




→ orditura solaio palma-karnef



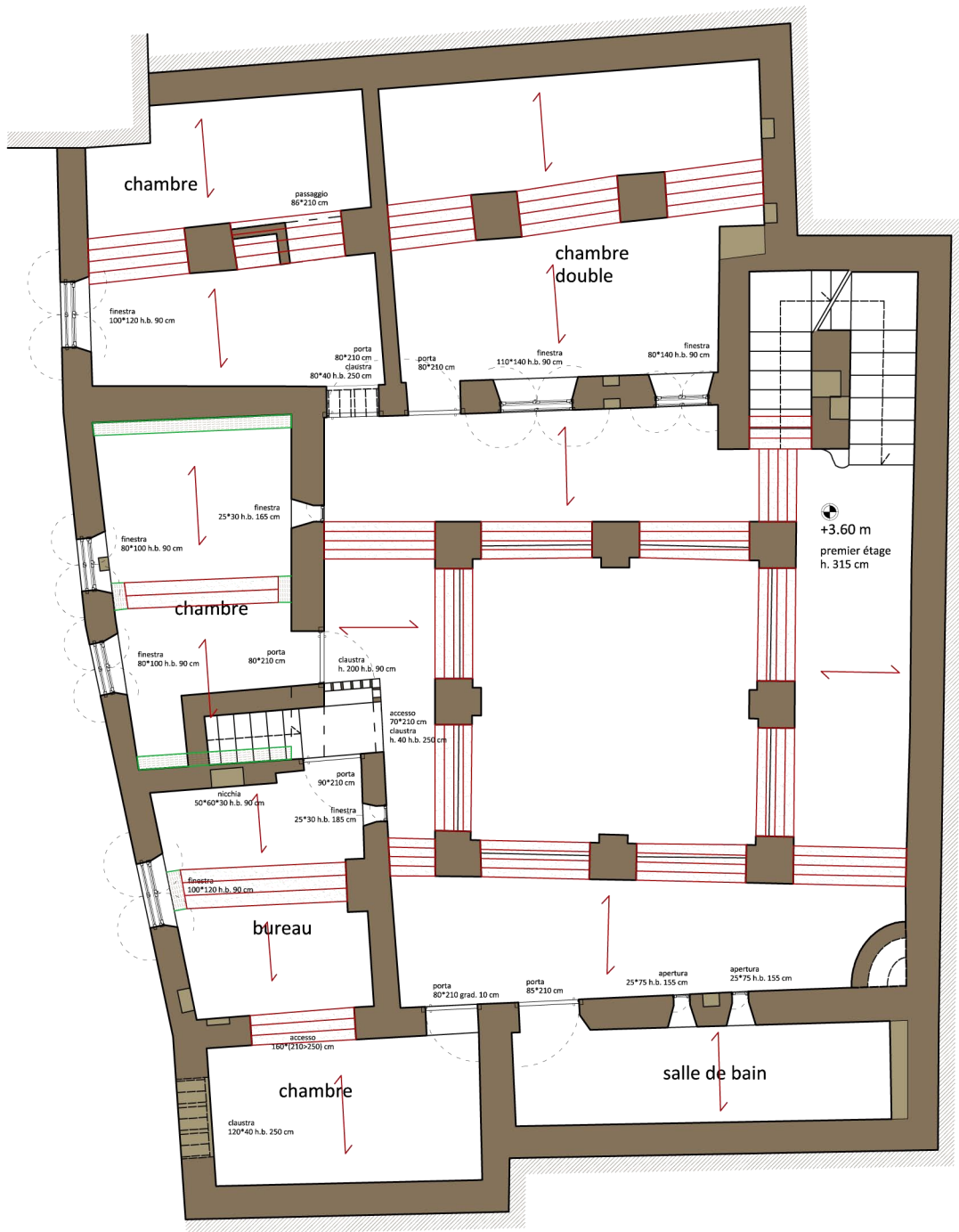
Progetto di una casa privata\_piano terra




- chaux teinte
  - carreaux faïence
- carreaux cuites
  - pierre noir en dalle



Progetto di una casa tradizionale\_piano primo



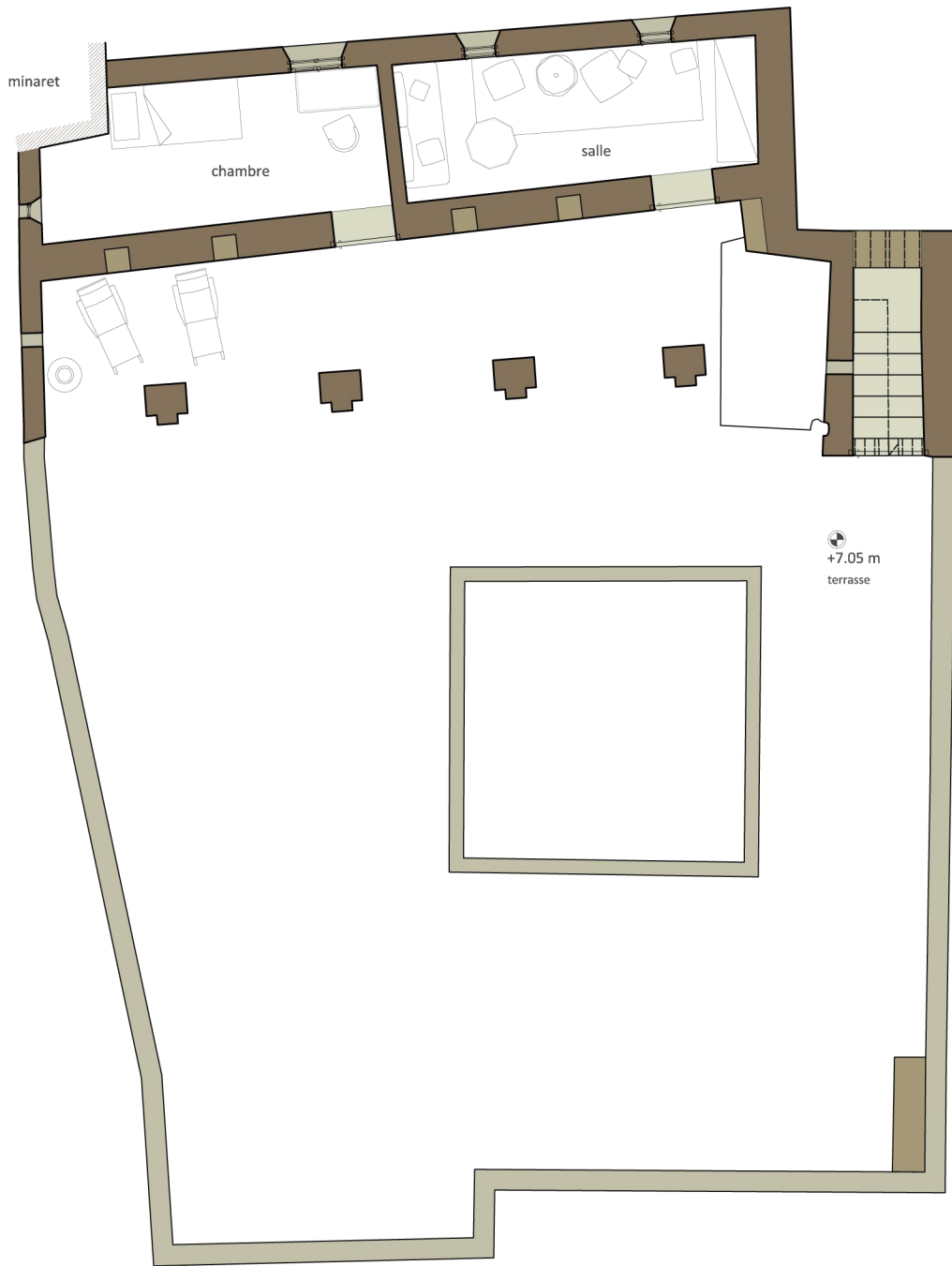
 bruse

 orditura solaio palma-karnef

 kantrara



0 0.5 1 5 m

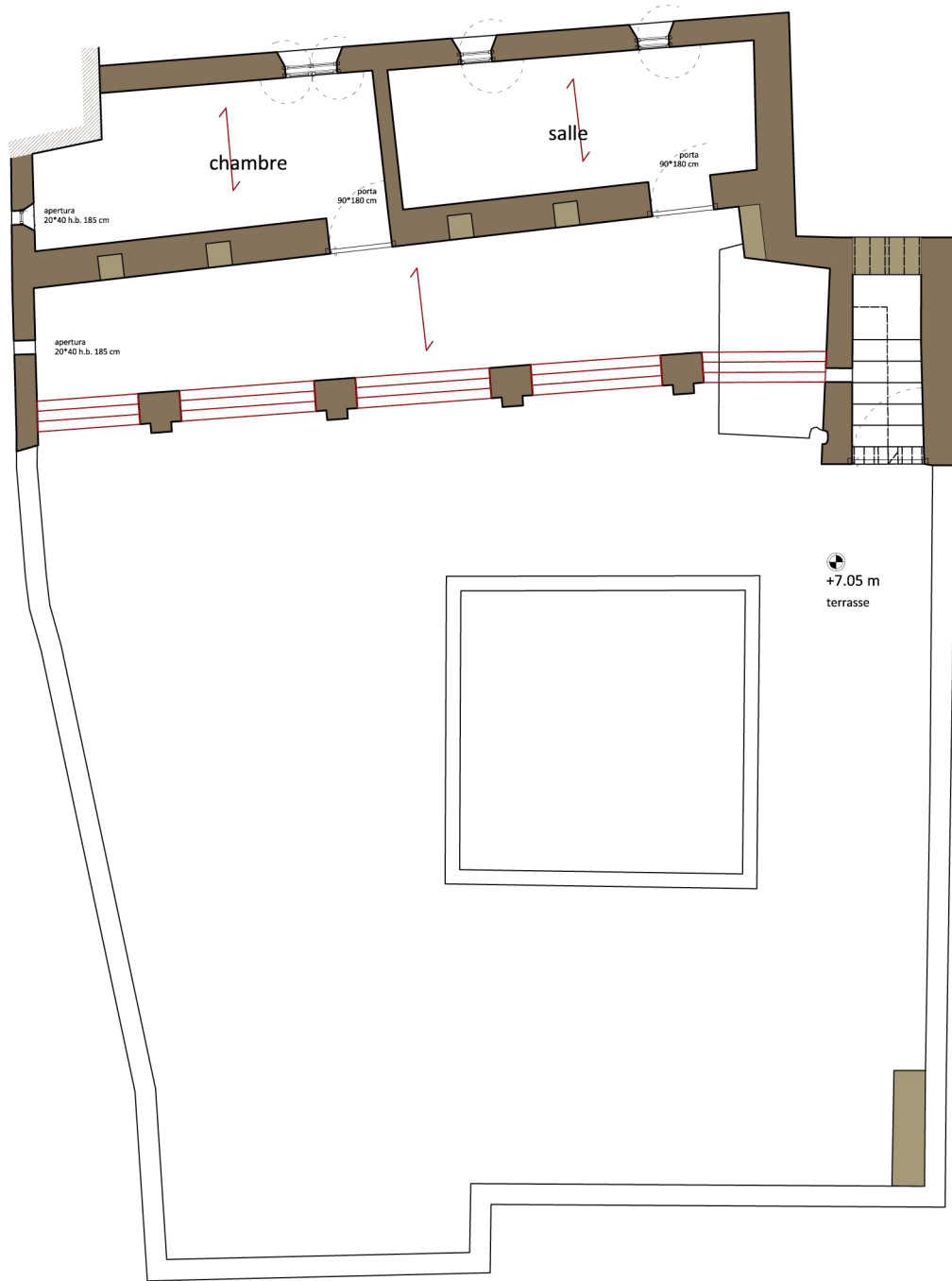


chaux teinte  
 carreaux cuites


pierre noir en dalle



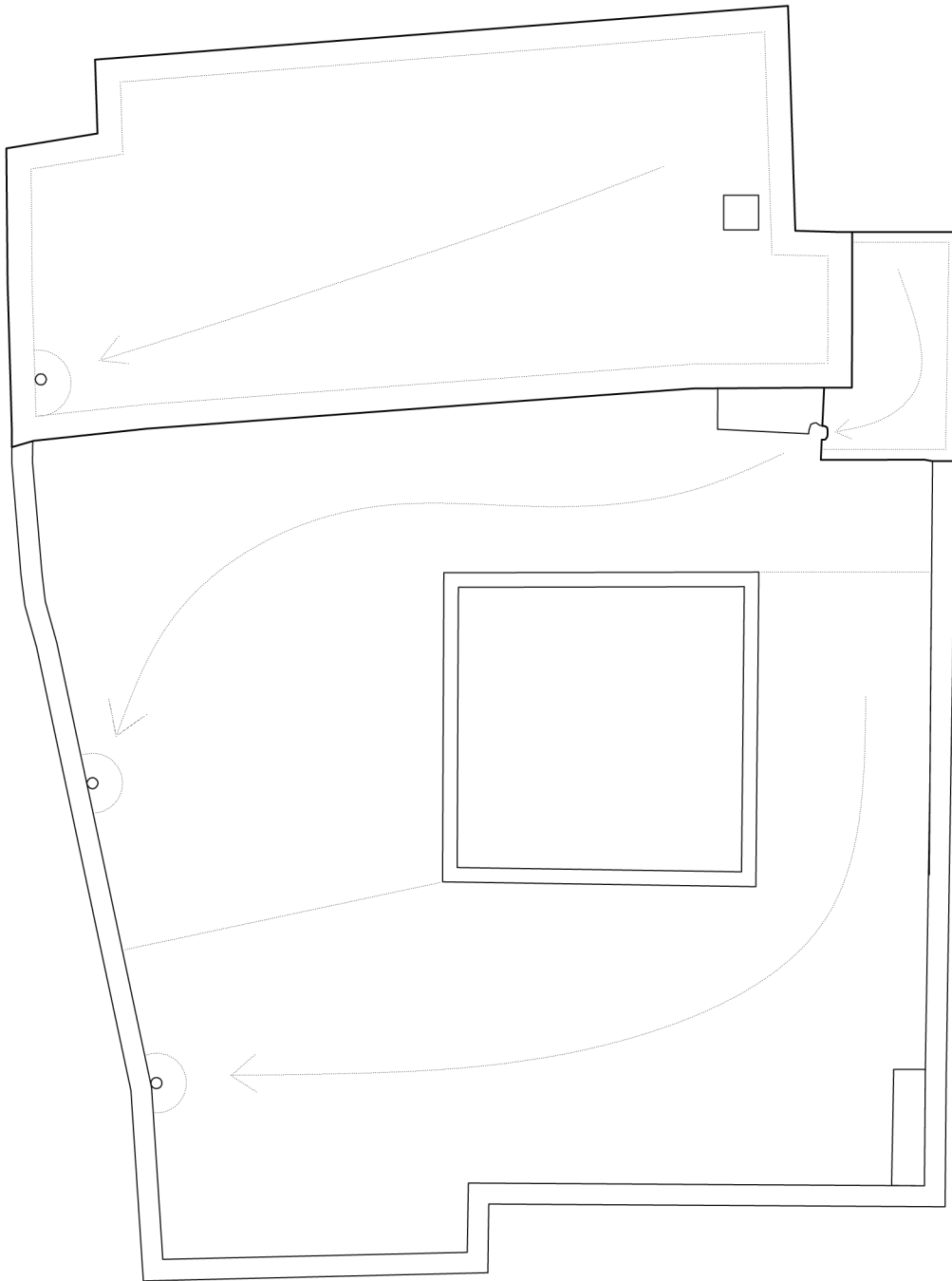
Progetto di una casa tradizionale\_terrazza



 kantrara

 orditura solaio palma-karnef





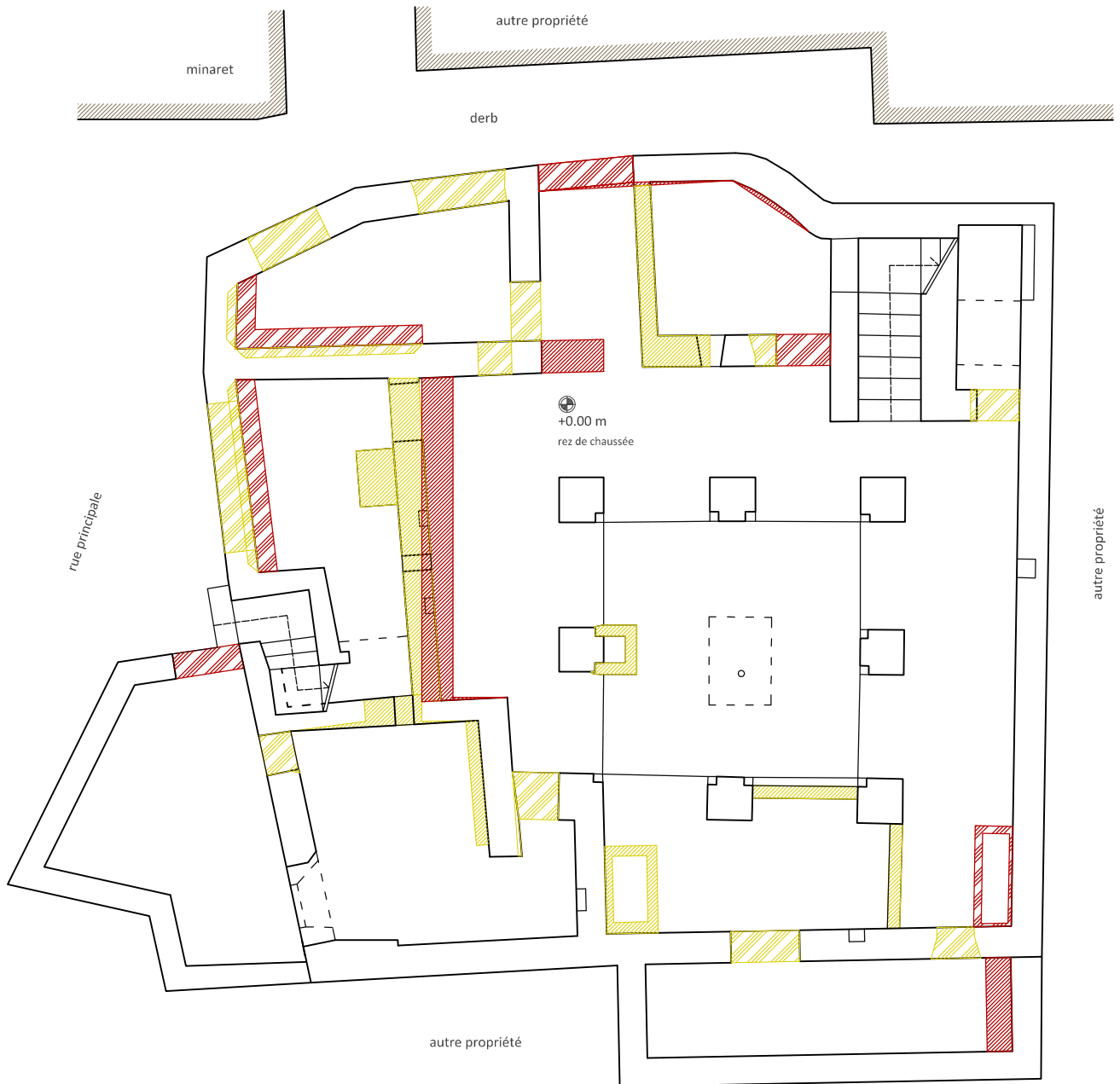
- chaux teinte
- pierre noir en dalle



→ scole acque



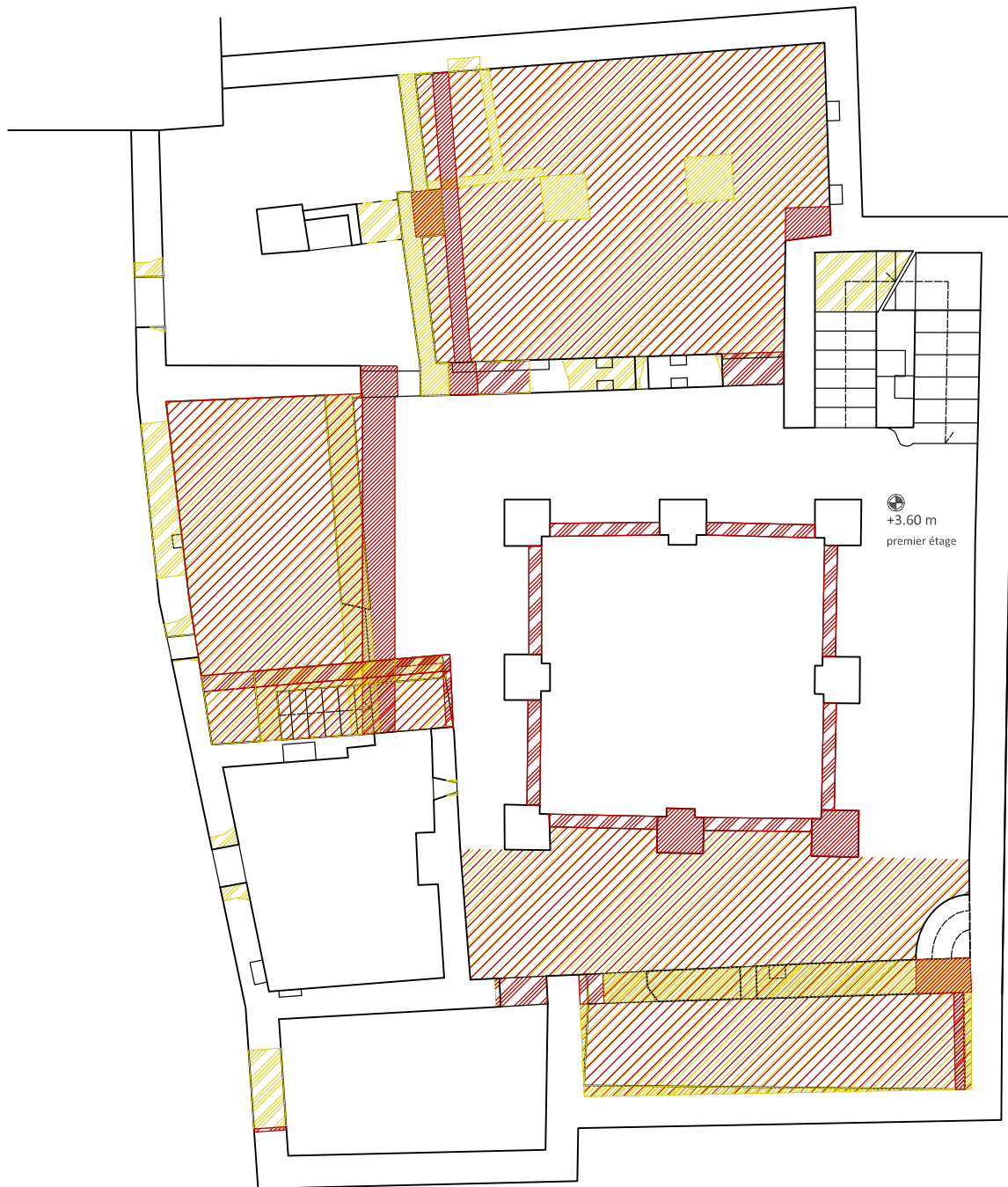
Progetto di una casa tradizionale\_copertura



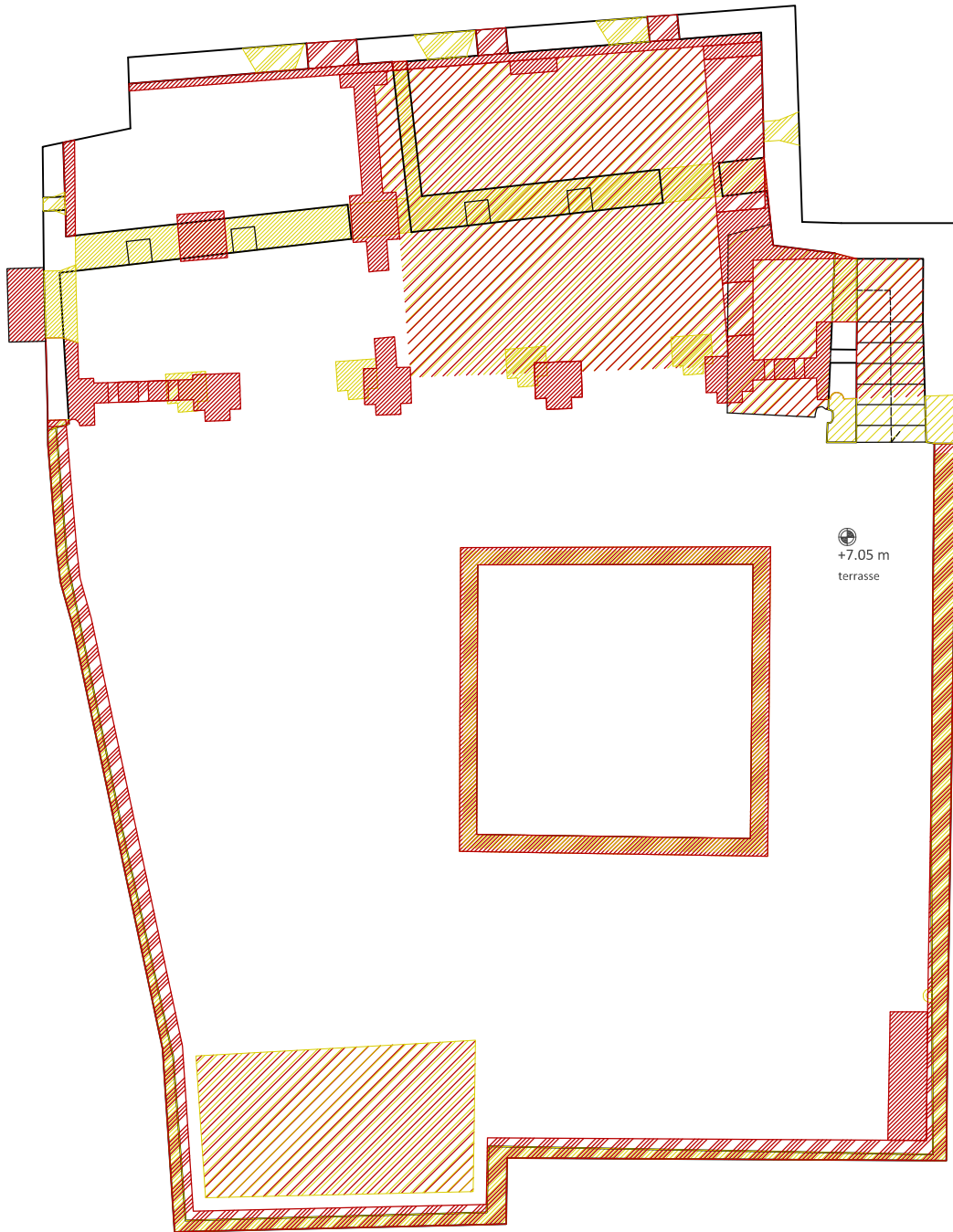


	demolizioni	costruzioni
tutta altezza		
parziali		

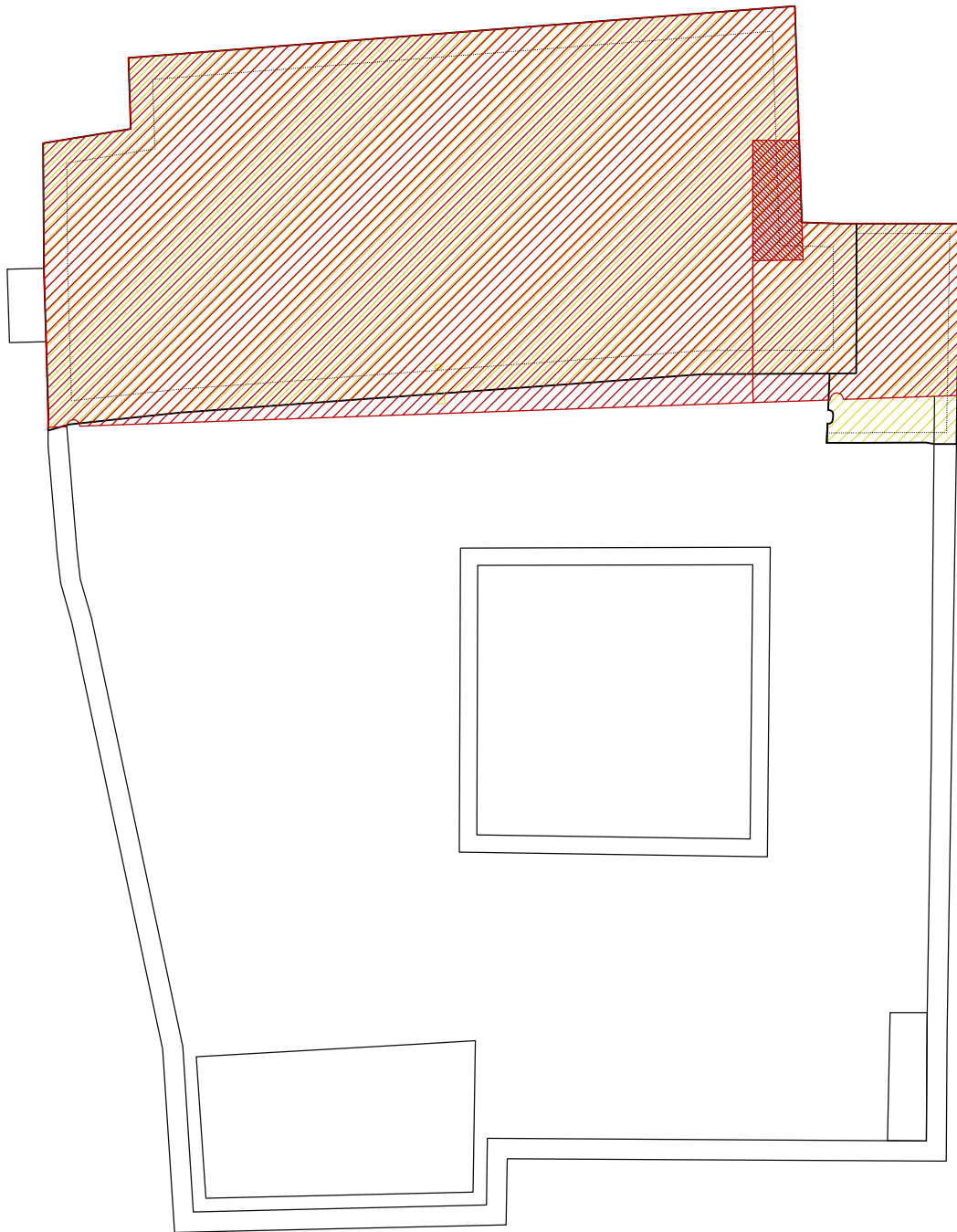
Progetto di una casa tradizionale\_piano terra

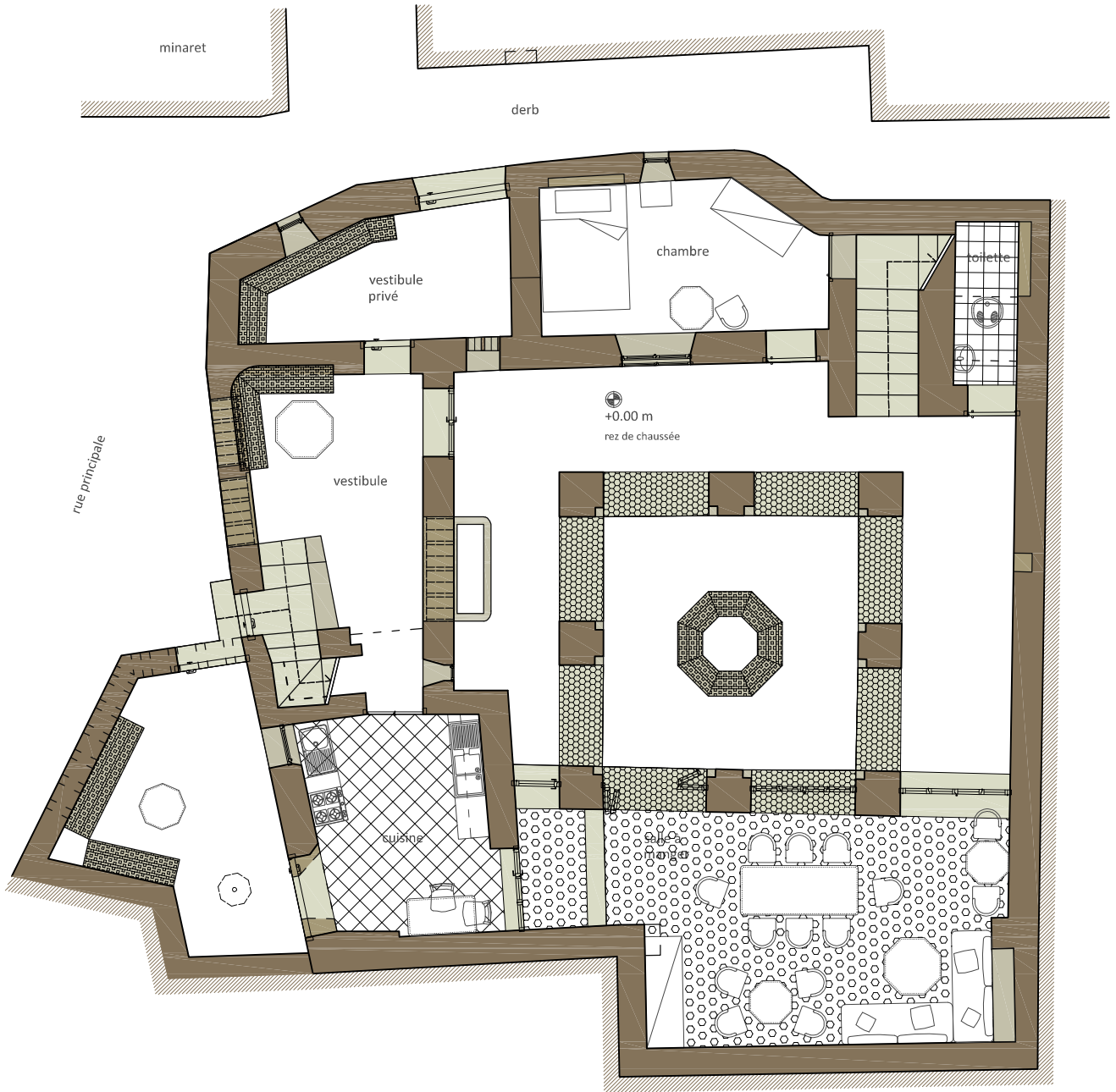








Progetto di una maison d'hôte\_piano primo



⊕  
+7.05 m  
terrasse

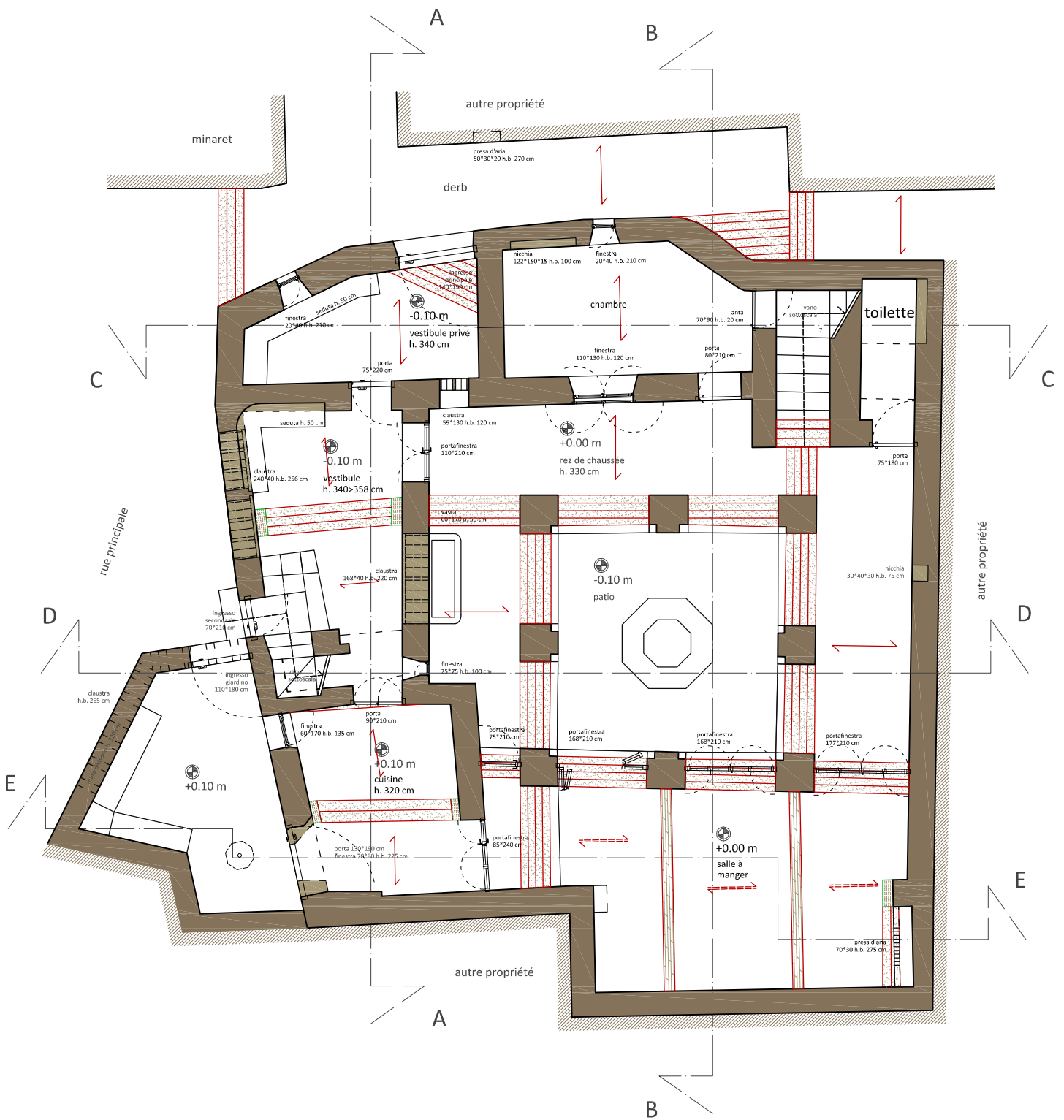









- |   |                      |   |                            |
|---|----------------------|---|----------------------------|
|  | chaux teinte         |  | bejmat                     |
|  | carreaux faïence     |  | chaux avec carreaux cuites |
|  | Pierre noir en dalle |  | carreaux cuites            |



Progetto di una maison d'hôte\_piano terra

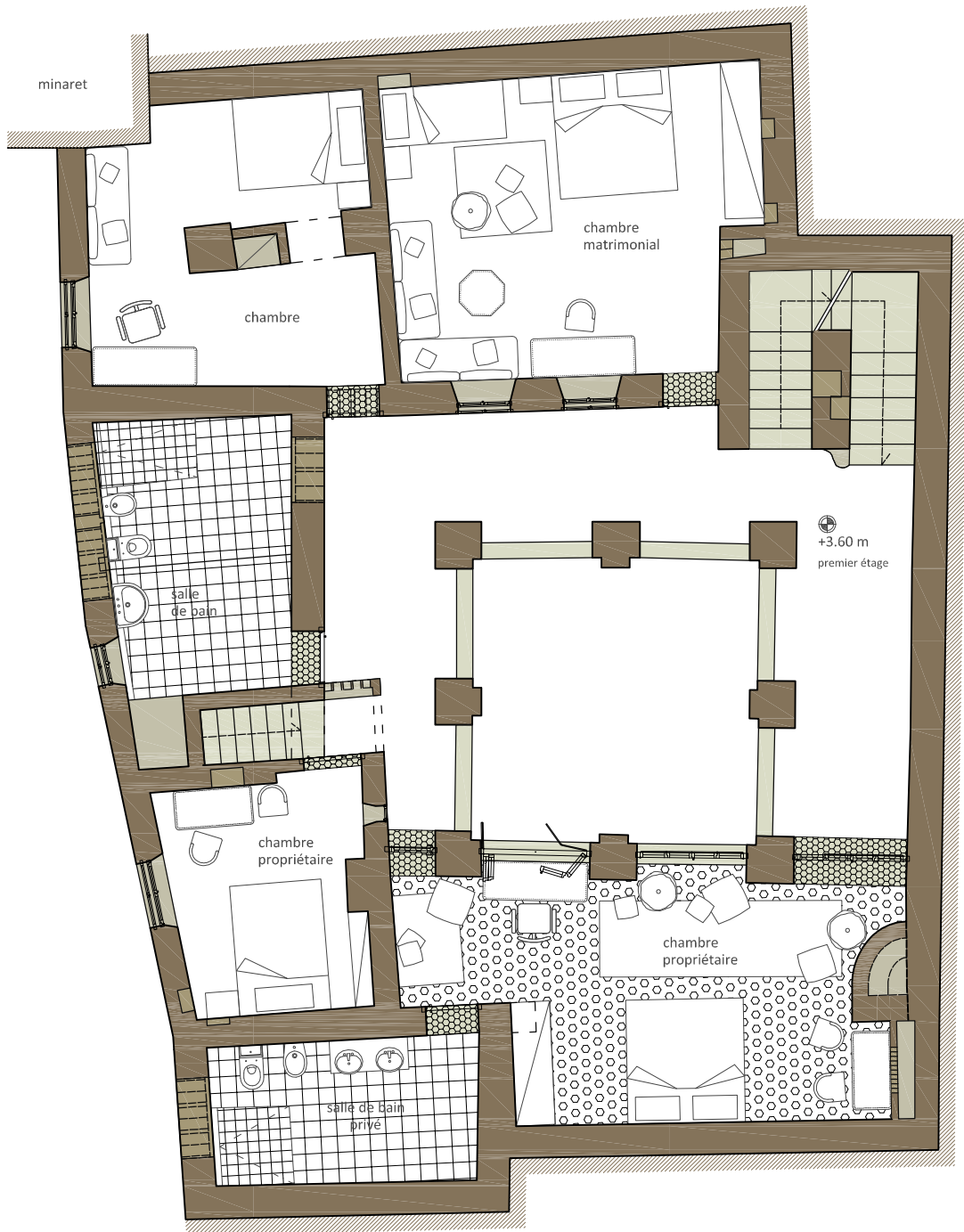







-  bruse
-  kantrara
-  trave giuntata palma

-  orditura solaio palma-karnef
-  orditura solaio palma-laurier rose



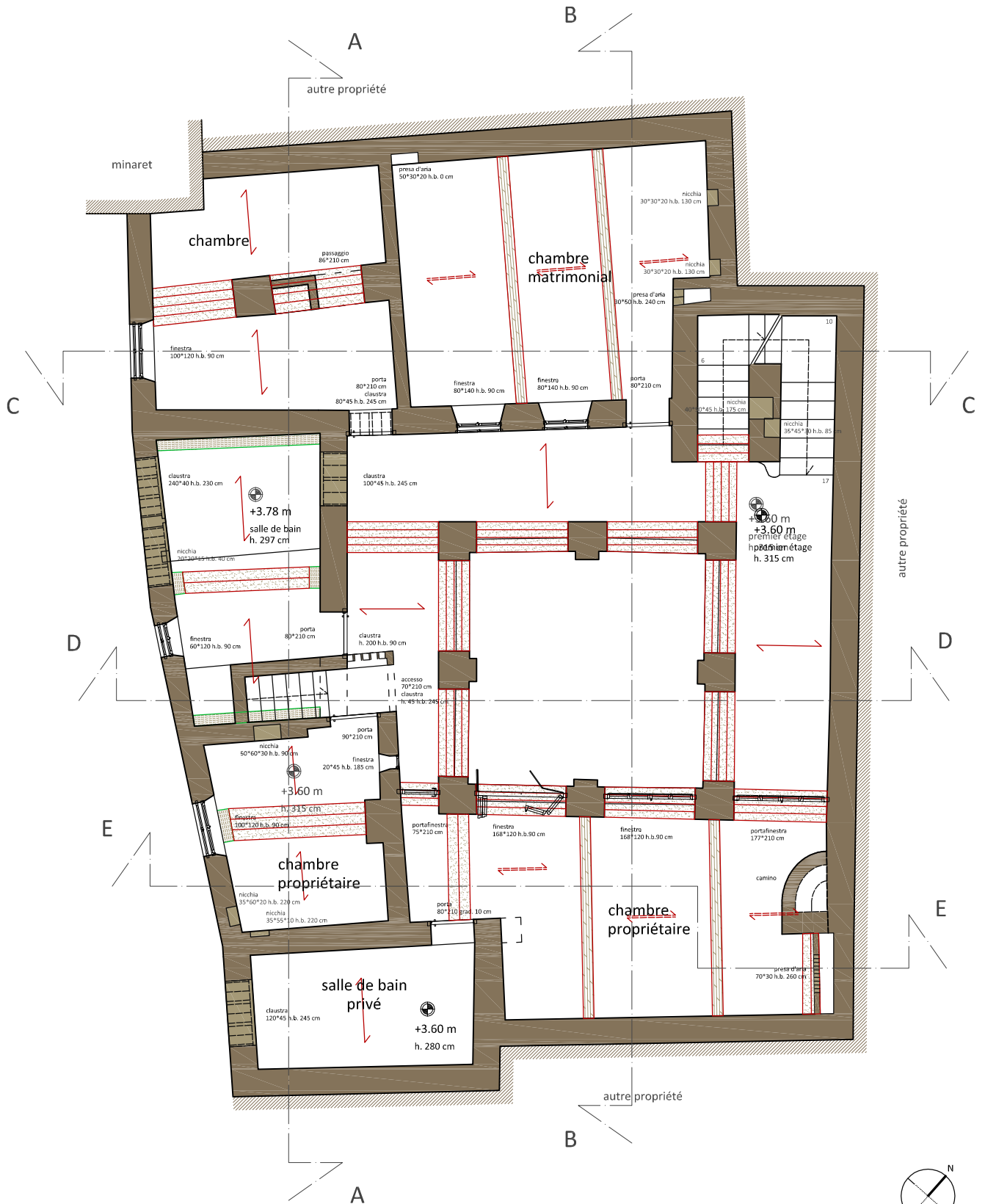
Progetto di una maison d'hôte\_piano terra



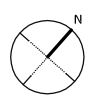
- |   |                      |   |                            |
|---|----------------------|---|----------------------------|
|  | chaux teinte         |  | chaux avec carreaux cuites |
|  | carreaux faïence     |  | carreaux cuites            |
|  | Pierre noir en dalle |   |                            |



Progetto di una maison d'hôte\_piano primo

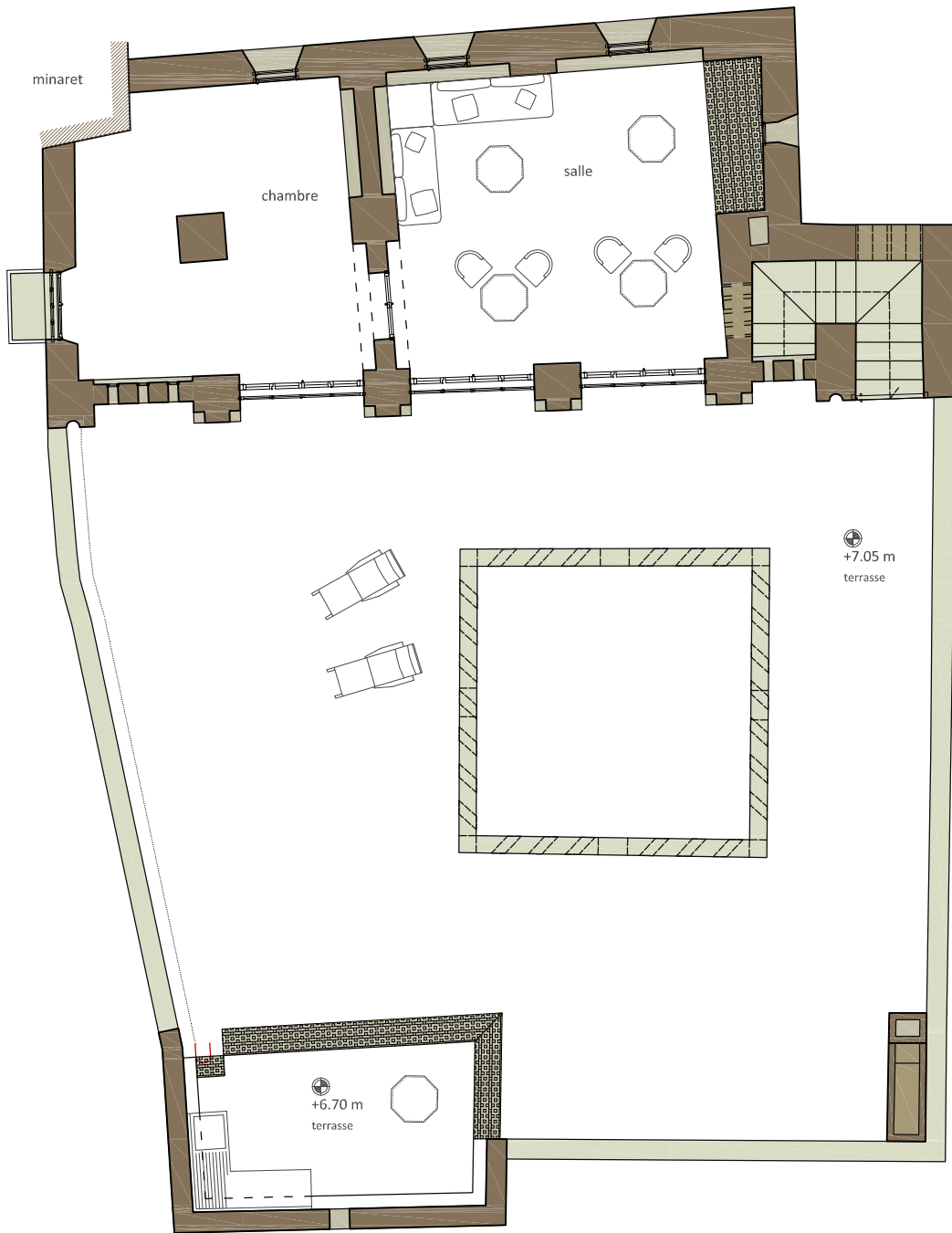


- bruse
- kantrara
- trave giuntata palma
- orditura solaio palma-karnef
- orditura solaio palma-laurier rose



Progetto di una maison d'hôte\_piano primo





chaux teinte

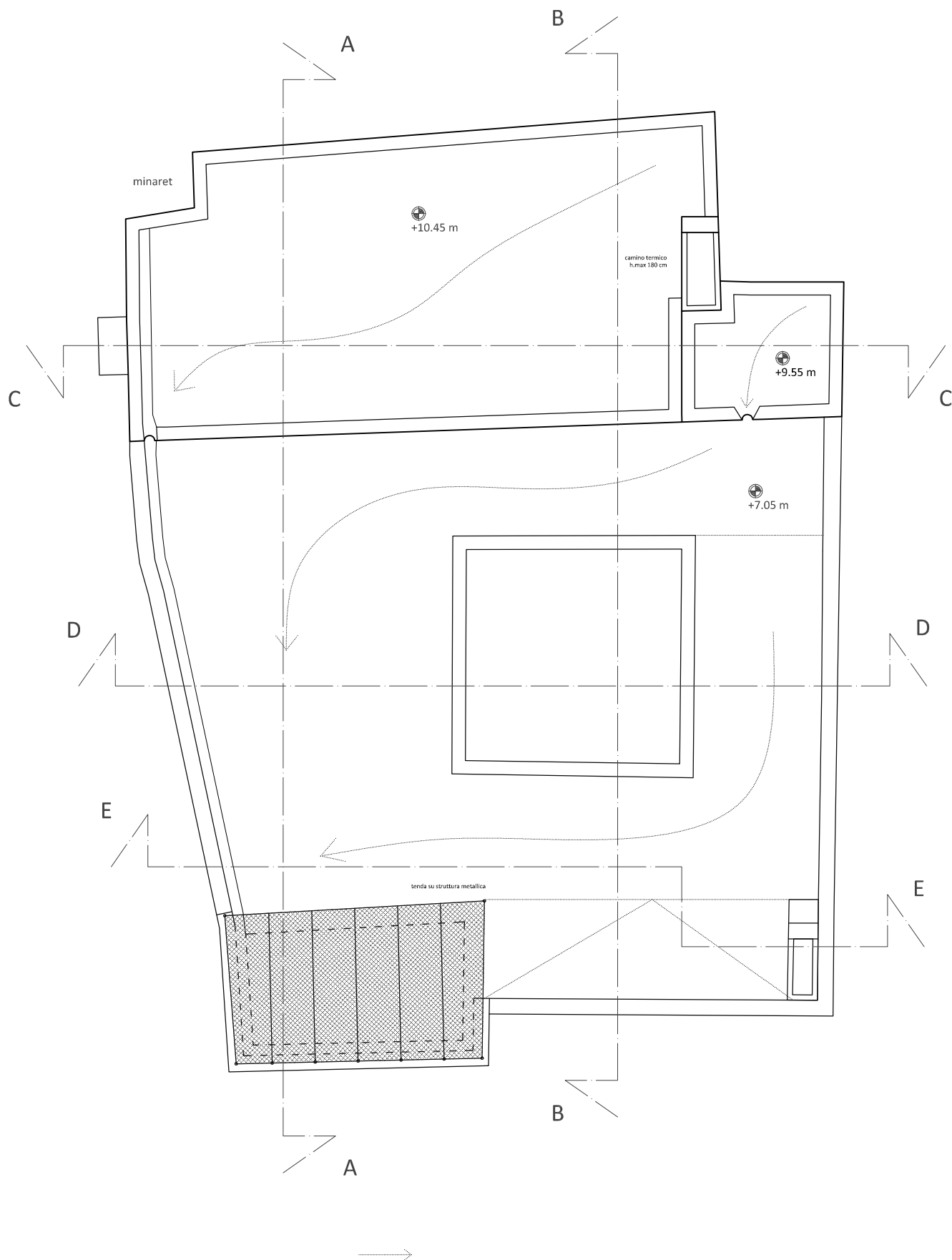
pierre noir en dalle

chaux avec carreaux cuites

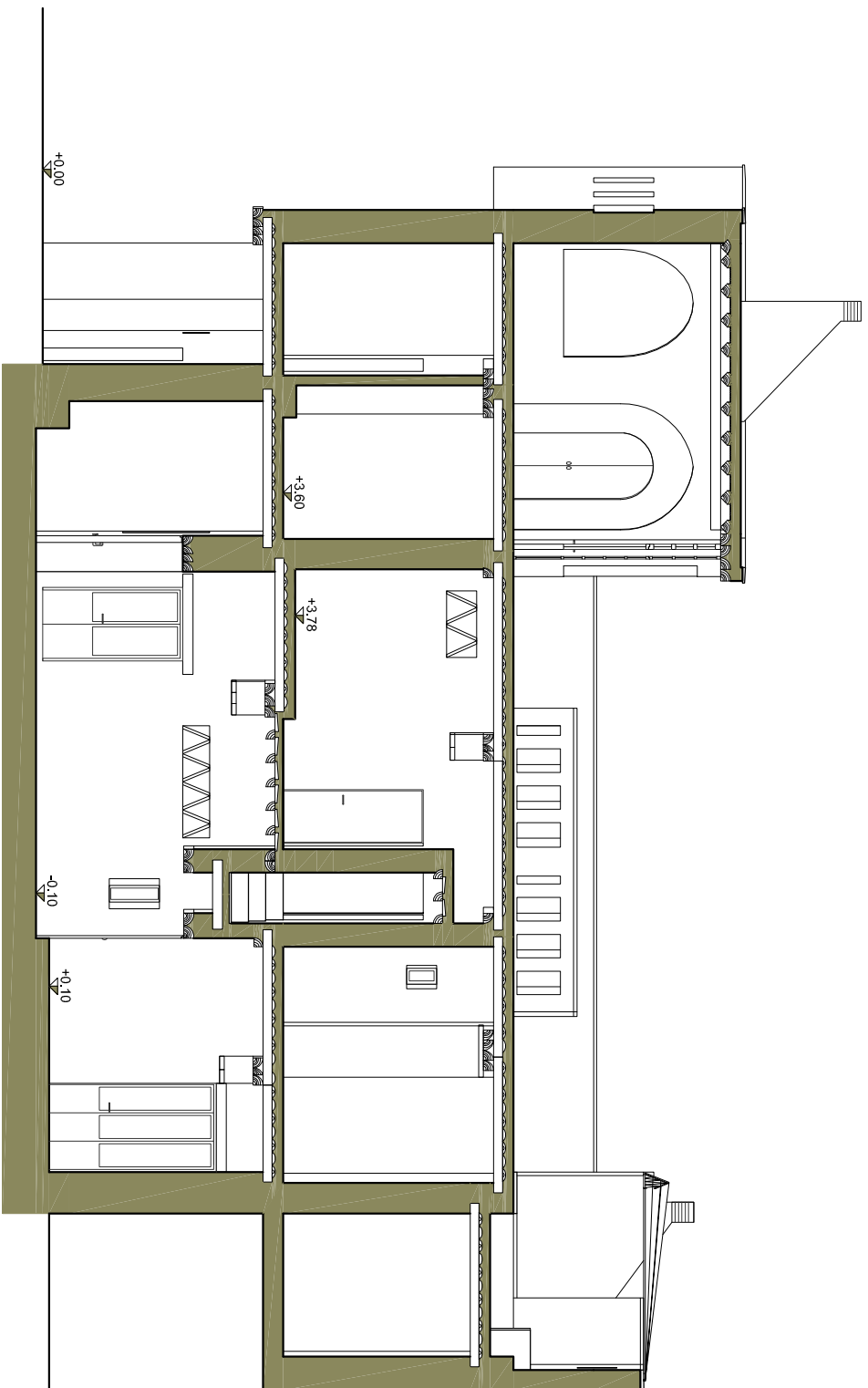
0 0.5 1 5 m

Progetto di una maison d'hôte\_terrazza

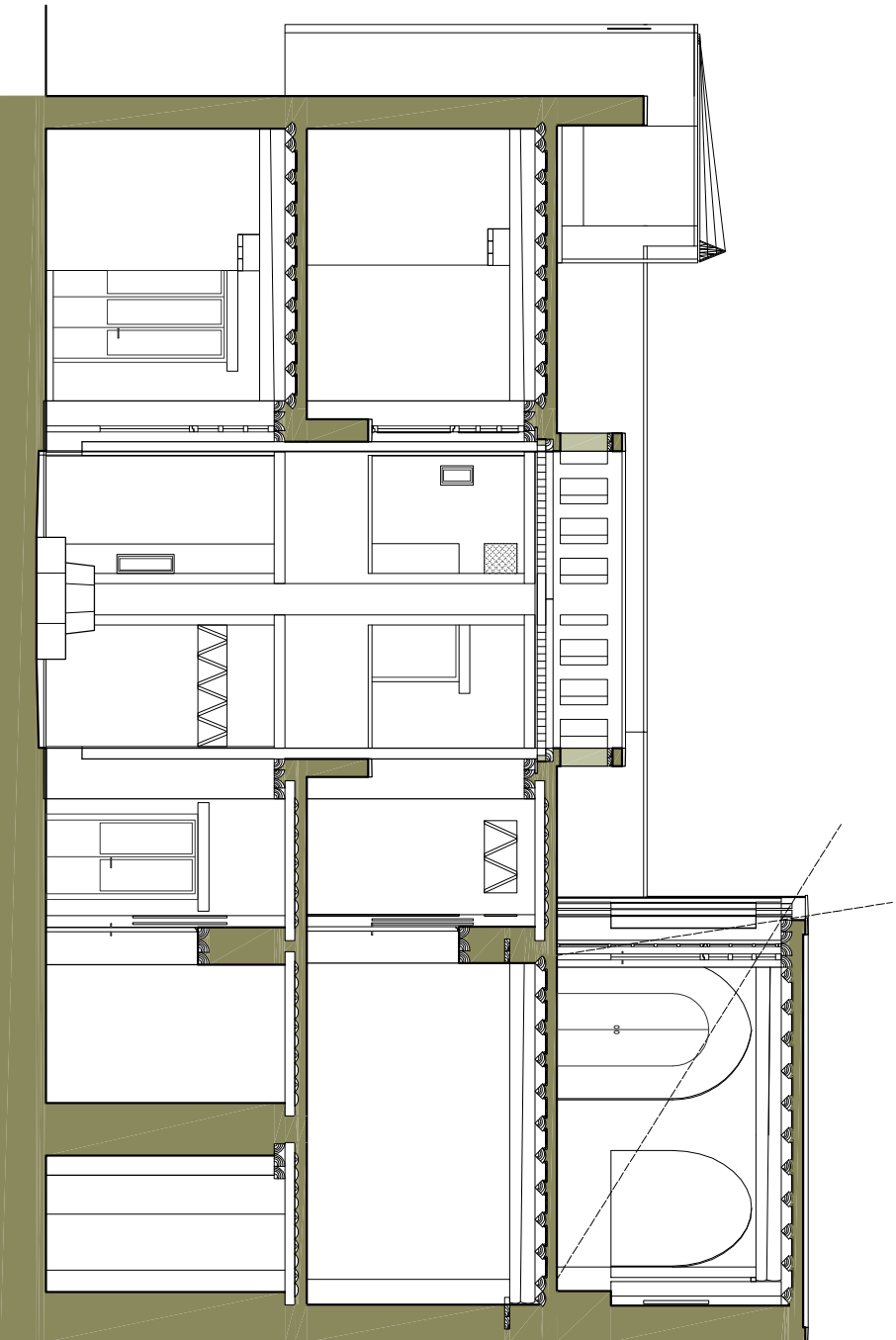




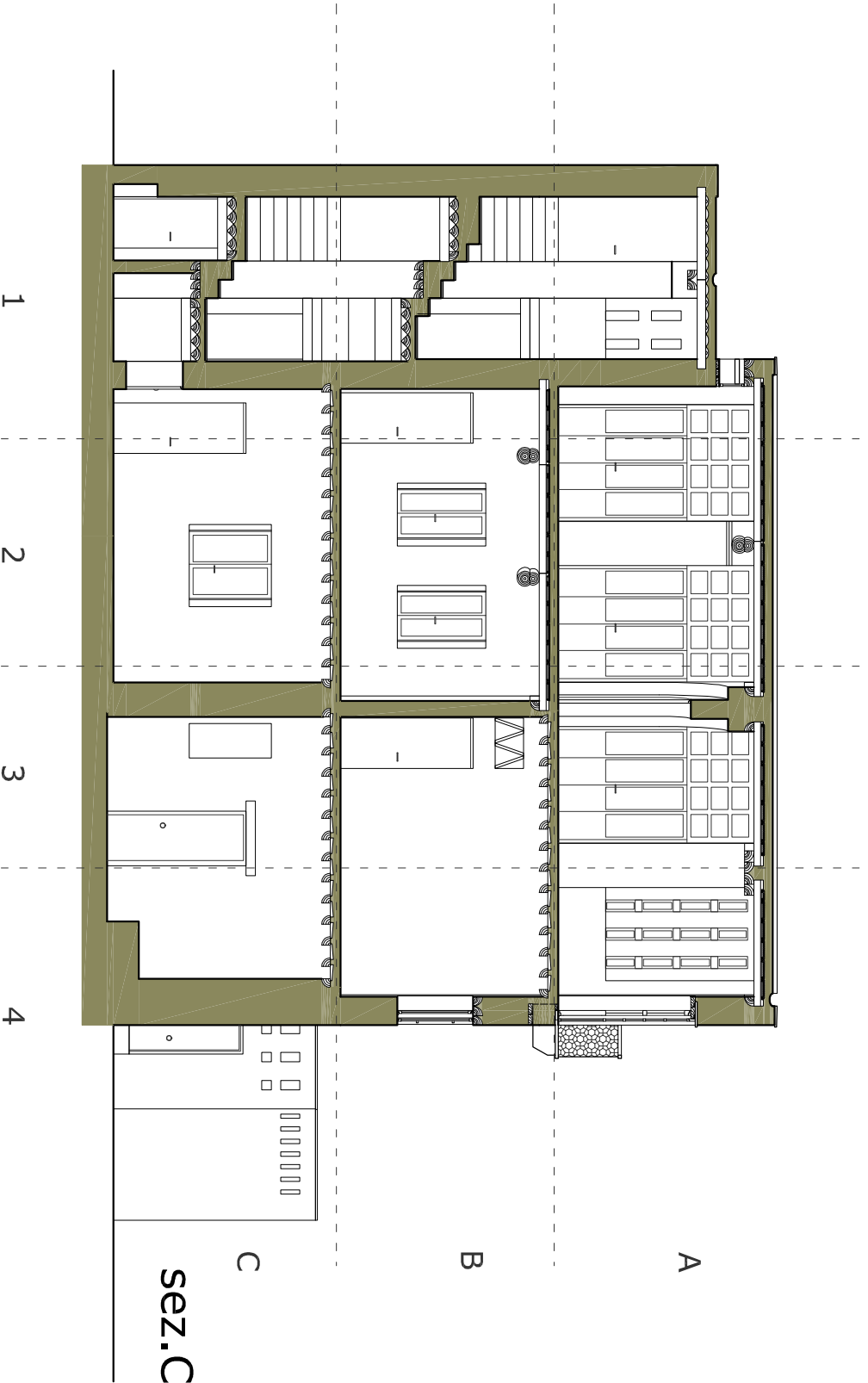
Progetto di una maison d'hôte\_copertura



sez. A



sez. B

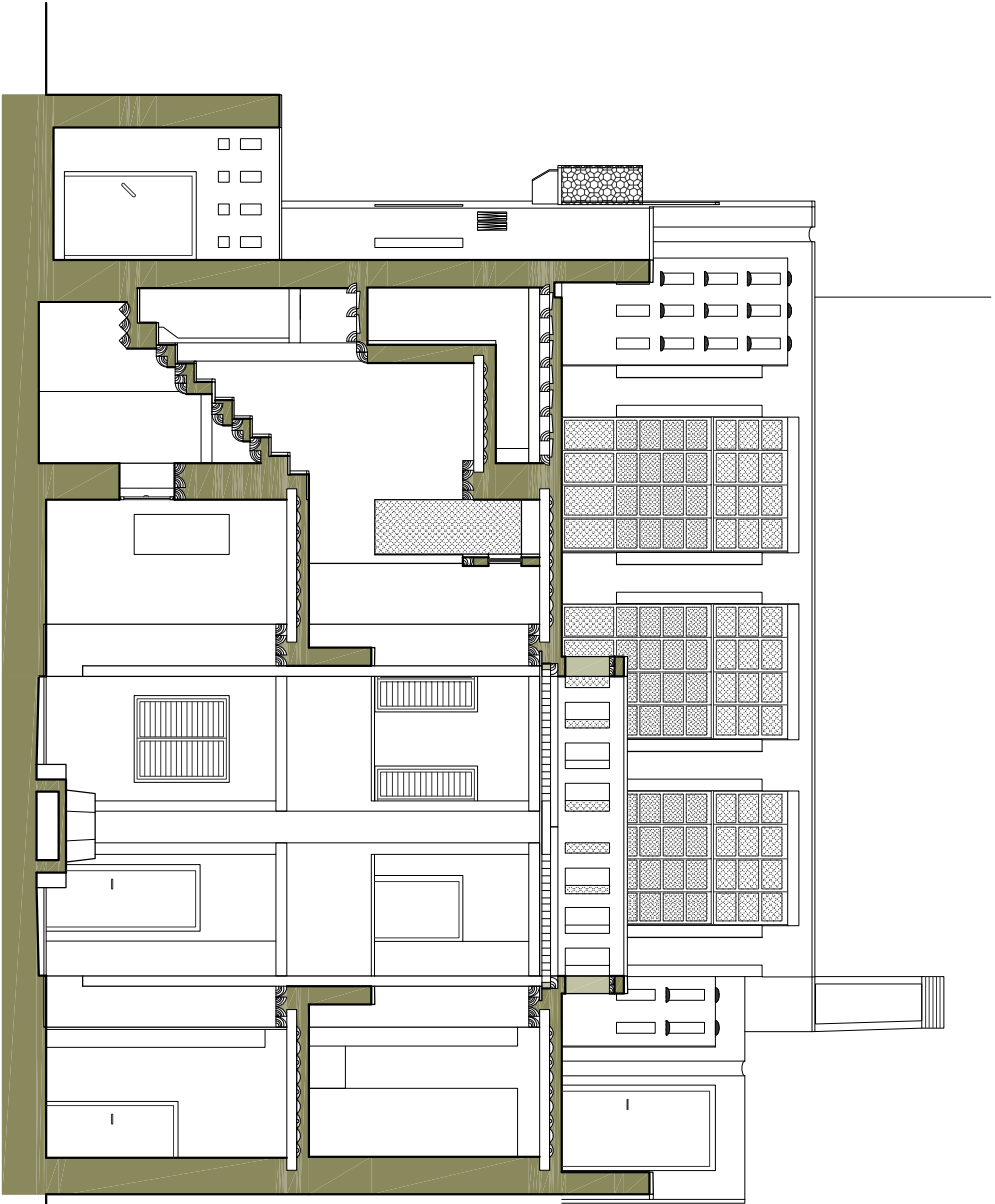


A

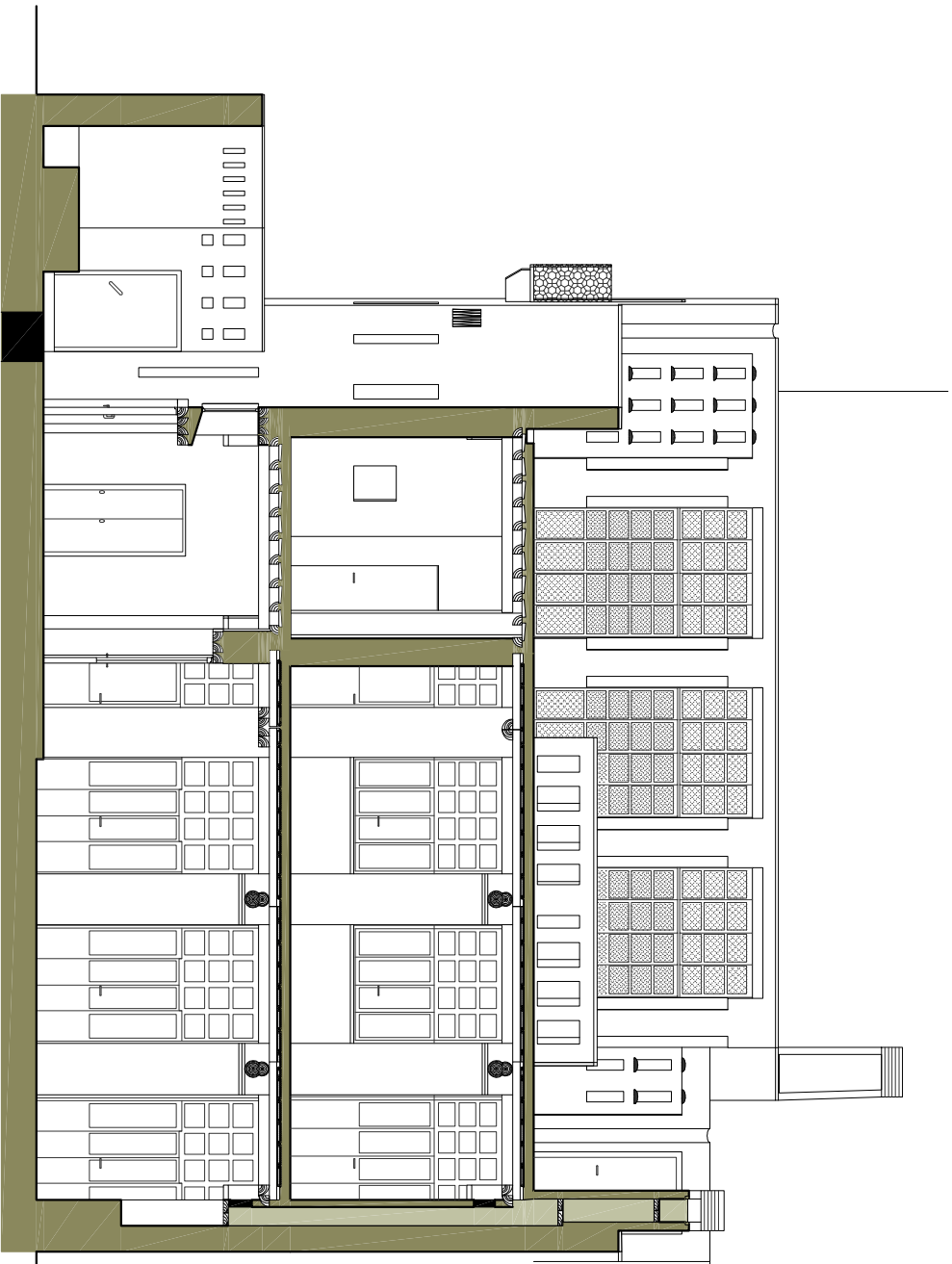
B

C

sez. C



sez. D



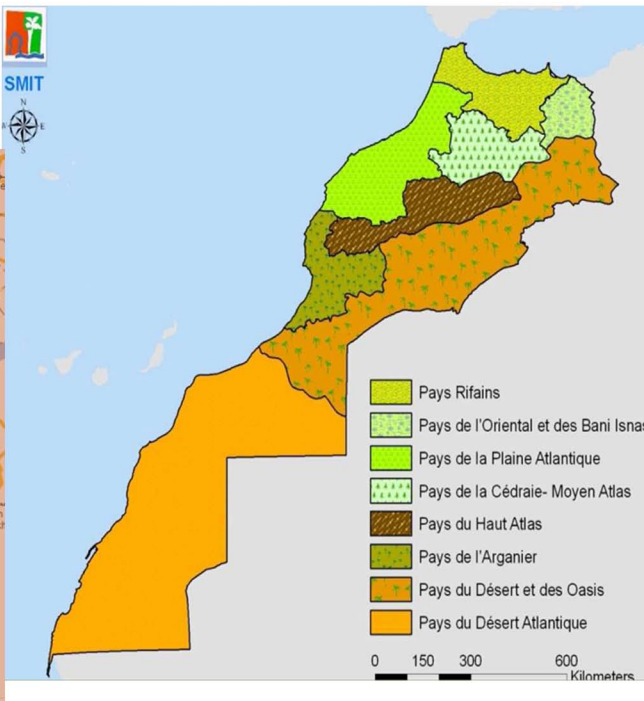
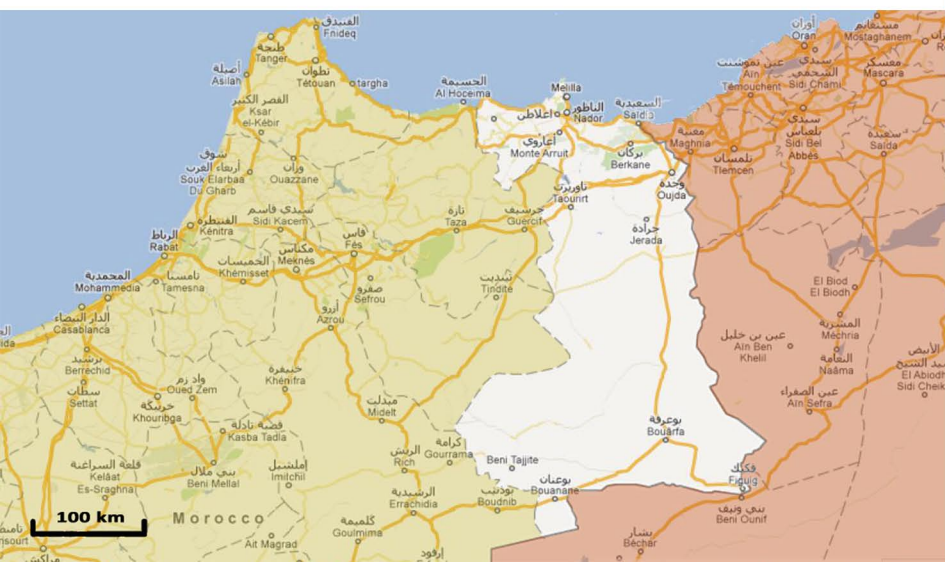
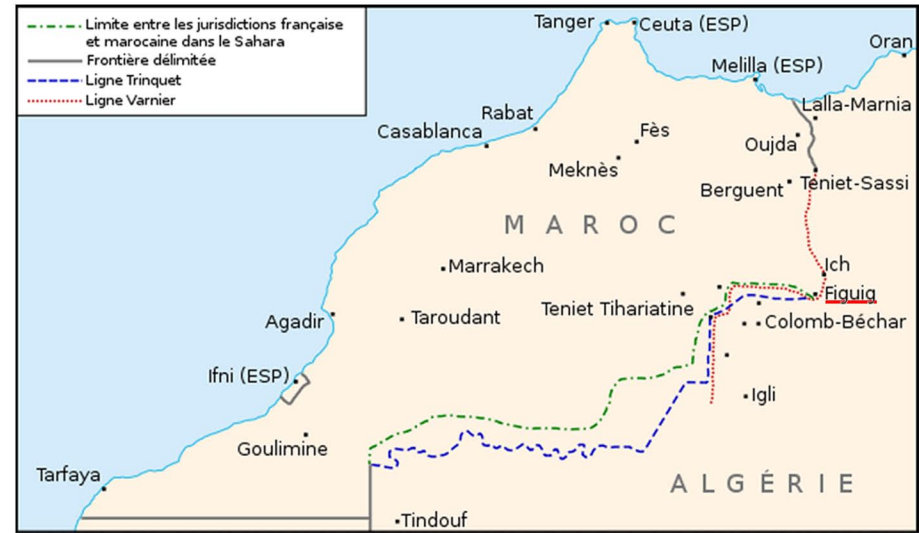
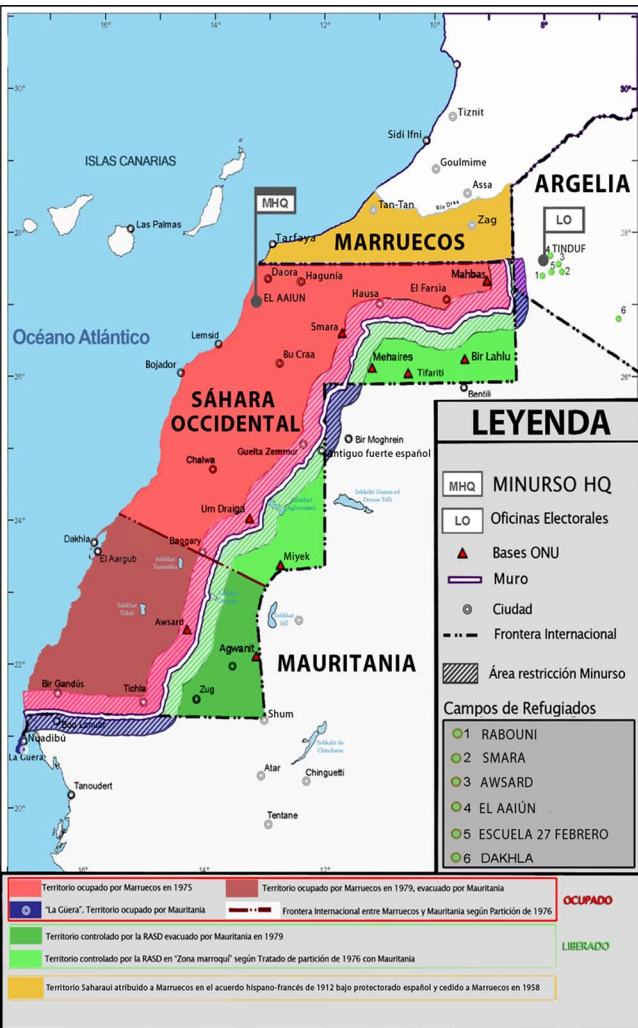
sez. E

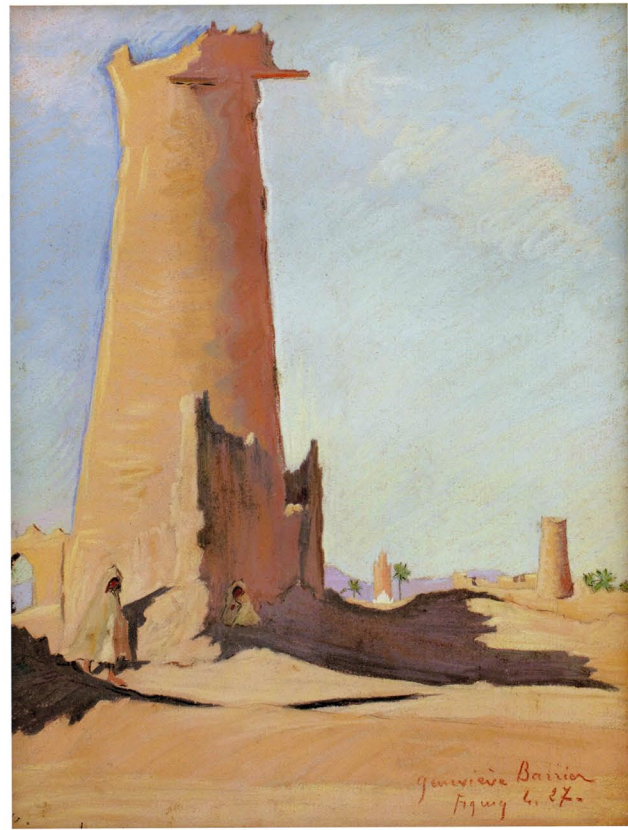
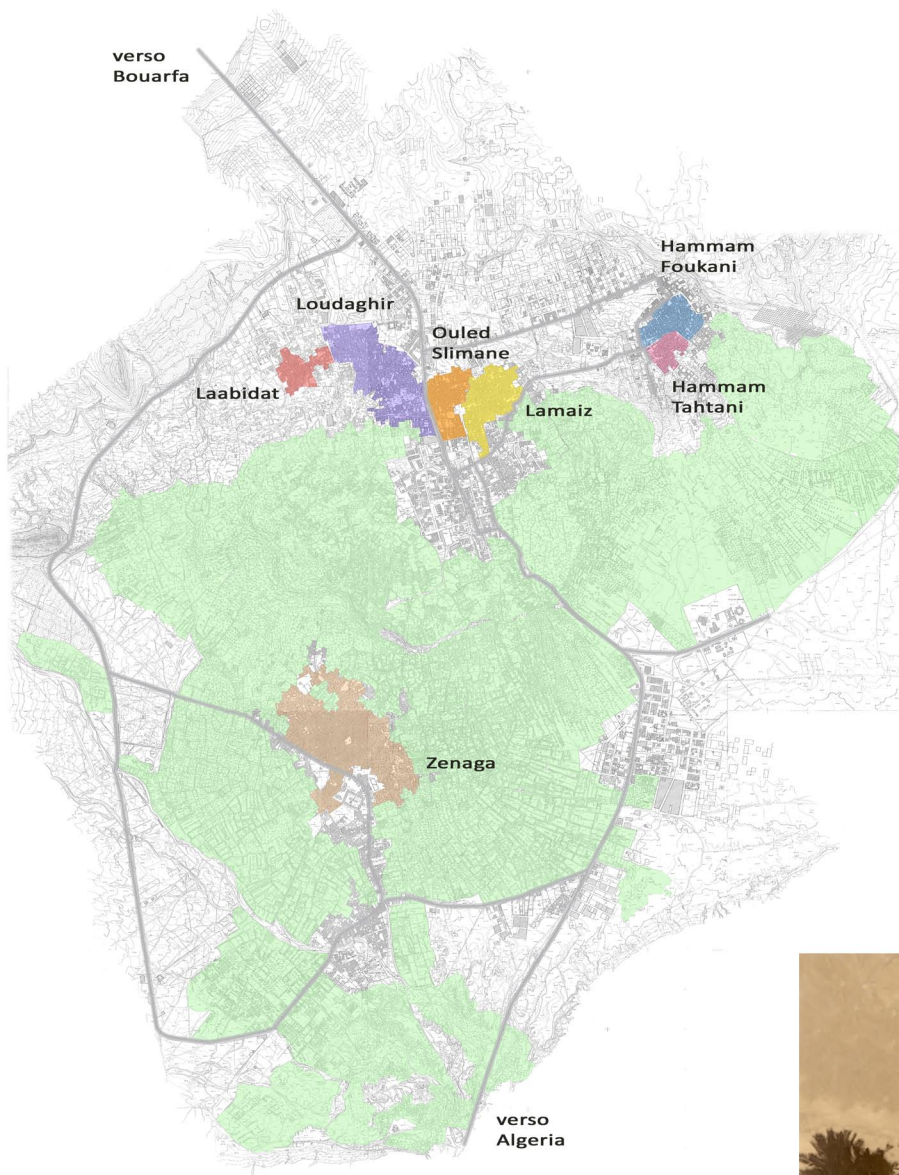






4 - I BERBERI



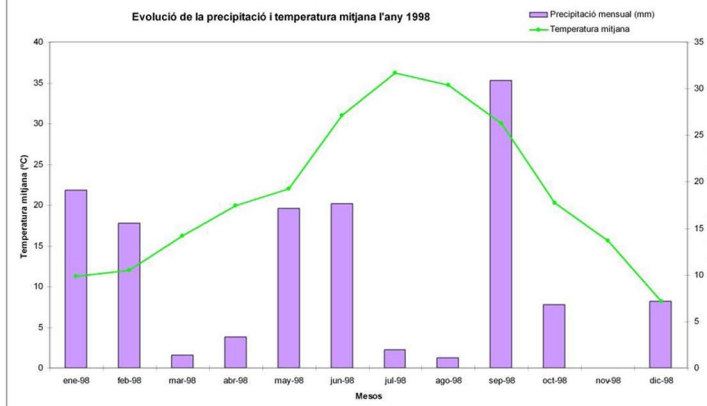
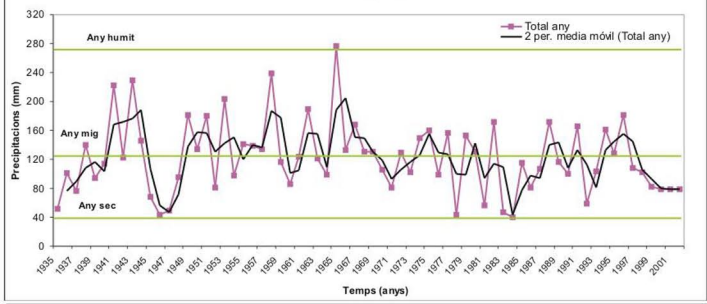


La grande tour, Figuy, Maroc, pastel, 30x21 cm, avril 1927

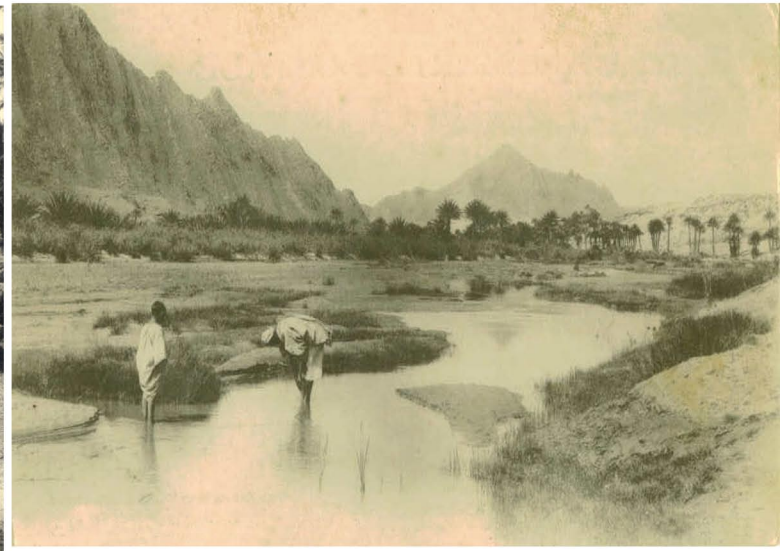
# cap. 1



Precipitacions a Figuió 1935-2002



cap.1



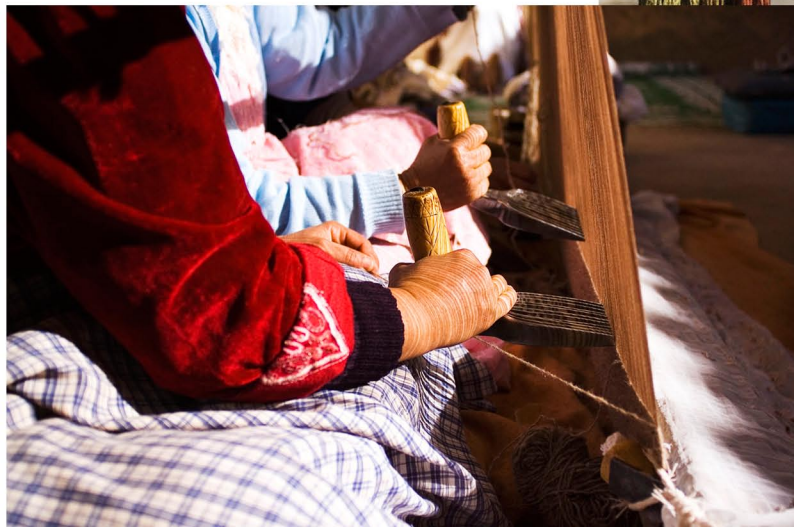


**Mineel**  
Figulg (Marocco), 2005

Anche gli ultimi nomadi si sedentarizzano  
e il bambino diventerà adulto in una casa  
di muratura.

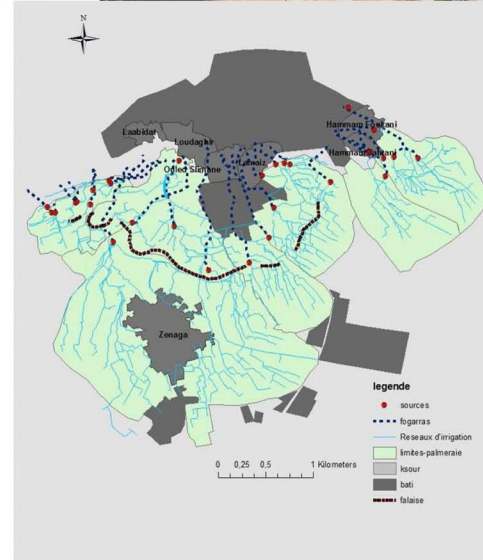
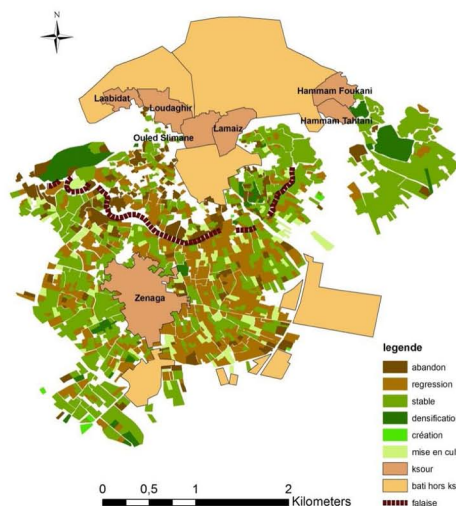
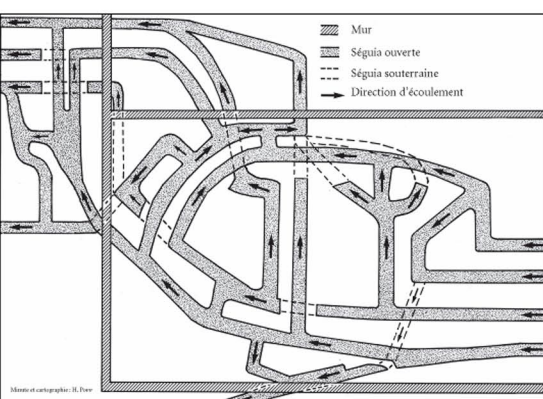
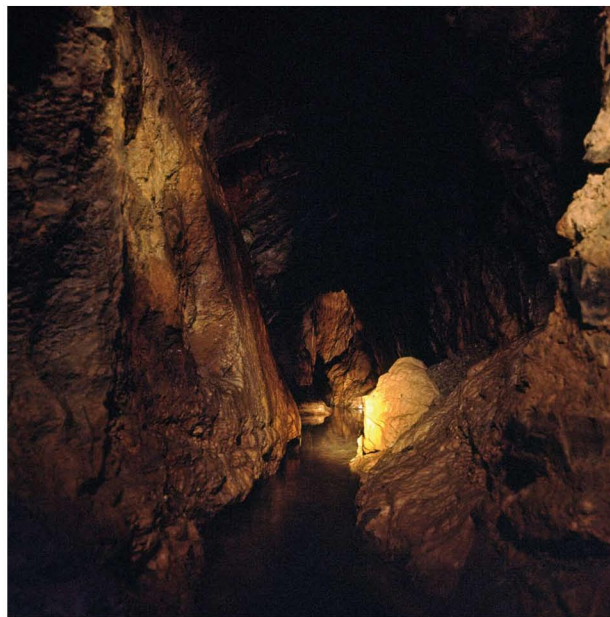


**cap.1**



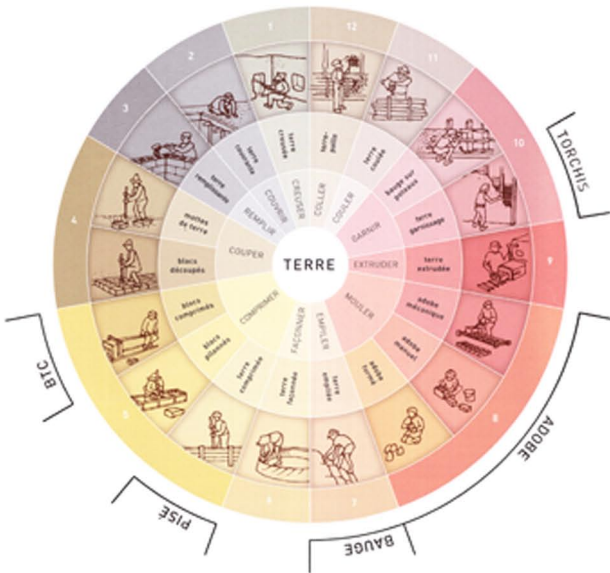


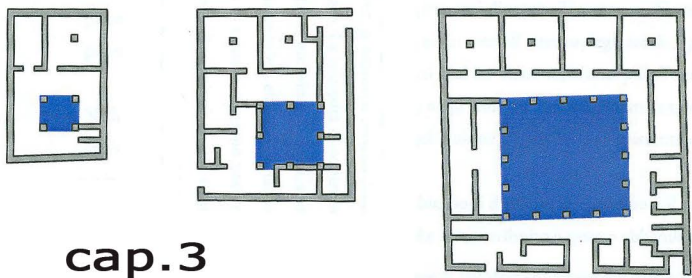
cap.2



Évolution de la palmeraie de Figui 1983-2008

Réseau d'irrigation et sources de Figui





cap.3





cap.4



**Determinazione dei valori  
di sforzo caratteristico e modulo elastico a compressione e flessione  
del tronco di palma da datteri  
(Phoenix dactylifera)**

laureando  
**Gabrieli Mattia**

esperienza maturata  
col supporto di



**Africa '70**



## INDICE

-Parole chiave	.....3
-Abstract	.....3
-Introduzione	.....3
-Scelta palme	.....4
-Taglio campioni	.....4
-Prove di laboratorio	.....5
-Elaborazione dati	.....6
-Conclusioni (risultati e rotture)	.....6
-Appendici	
<i>A_Immagini</i>	.....7
<i>B_Grafici</i>	.....8
<i>C_Densità materiali</i>	.....12
<i>D_Schede macchinari</i>	.....13
<i>E_Riferimento normativo</i>	.....15

## PAROLE CHIAVE

Palma da dattero; sforzo caratteristico; modulo di elasticità a compressione parallelo alla fibratura; modulo di elasticità a flessione globale; cooperazione internazionale

## ABSTRACT

Determinare i valori di resistenza a flessione e compressione del tronco di palma da dattero al fine di verificarne la giunzione in parti massicce nella realizzazione di un elemento portante di orizzontamento. Lo studio è svolto nell'ambito di una missione di cooperazione internazionale con la finalità di salvaguardare il patrimonio culturale ed architettonico locale minacciato da pratiche decisamente poco sostenibili.

## INTRODUZIONE

In contesti arretrati proiettati verso il modello occidentale, ricchi di un patrimonio tradizionale da conservare in pericolo di essere travolto dalle repentine e spesso inadeguate trasformazioni, occorre coinvolgere gli attori locali in un processo di sensibilizzazione e valorizzazione delle proprie risorse, al fine di pilotare e fornire gli strumenti per un armonico "aggiornamento" delle tradizioni. L'oasi di Fuguig, nella regione de l'Oriental marocchina, risponde a tale descrizione, tanto da essere stata inserita nella lista di selezione del patrimonio mondiale dell'Unesco.

Il delicato equilibrio tra elementi naturali ed antropici regolato su ritmi ed abitudini di vita ormai da molti abbandonati è infatti prossimo al punto di non ritorno, essendo l'area soggetta a forte emigrazione ed essendo la pratica agricola avversata dai molti. Conseguentemente poi all'introduzione acritica in età coloniale di tecniche costruttive esotiche il modello abitativo tradizionale di casa in terra è spesso facilmente abbandonato a favore del più occidentale calcestruzzo armato, comunque non padroneggiato compiutamente.

L'obiettivo di un progetto di cooperazione internazionale deve essere dunque quello di sensibilizzare promuovere buone pratiche presso i locali, sì da riattivare l'economia in quei settori capaci di perpetrare le tradizioni.

Nell'ambito architettonico ciò si traduce in uno sforzo per consapevolizzare gli autoctoni sulle qualità della loro tradizione confrontandole con le problematiche connesse ad un uso spesso improprio oltre che inadeguato del calcestruzzo armato. Ma non si può giustamente avere la pretesa di invertire la tendenza che naturalmente si è avviata solo appuntandole le debolezze, essa è infatti il risultato di un compromesso già in essere; bisogna dunque adeguare la tradizione alle richieste di cambiamento che hanno spinto gli abitanti ad abbandonarla.

Due sono gli aspetti che avvantaggiano il calcestruzzo rispetto le costruzioni in terra: il tempo che viene dedicato alla costruzione e cura della casa e l'introduzione di ambienti con superfici maggiori.

Concentrandosi sul secondo aspetto il problema si traduce nell'ottenere con i materiali presenti in zona travi rompitratta che permettano il raddoppiamento della luce standard, impostata sui 2,5/3 m, determinata da un'ancestrale tradizione che attribuisce alle travi in palma un'elevata deformabilità; ciò anche a causa del notevole carico che sostengono, essendo i pavimenti costituiti da uno strato di terra battuta sovente superiore ai 10 cm.

Ponendosi come obiettivo l'introduzione di tecniche capaci di ridurre la flessibilità dell'unico materiale locale utilizzabile per gli orizzontamenti, è parso necessario indagarne scientificamente le caratteristiche per poter supportare la fase progettuale con calcoli matematici.

Essendo la via scelta quella di un assemblaggio meccanico di parti massicce attraverso bulloni e connettori a piastra dentata bilaterale si è resa essenziale la conoscenza dei valori di resistenza a flessione ed a compressione del materiale, unitamente ai valori caratteristici dei componenti del pacchetto di solaio, al fine di identificare correttamente gli stati tensionali dell'elemento ed i carichi applicati.

## SCELTA PALME

L'identificazione della corretta materia prima è essenziale. All'interno della stessa oasi infatti sono presenti diverse specie della stessa palma, tutte coltivate a fini alimentari, che si differenziano oltre che per la qualità di datteri forniti anche per la differente resa in edilizia. La tradizione di utilizzare tale legno per i manufatti è infatti secolare, e su tale esperienza sono state selezionate le specie, ma non si deve dimenticare come solo a fine ciclo vita la pianta venga abbattuta per ricavarne travi o tavole, conoscendo così una seconda vita.

E' responsabilità dei capimastri dare l'assenso sull'uso di una data pianta, sovente reperita in seguito ad una perlustrazione del palmeto; una volta abbattuta viene suddivisa in spezzoni<sup>1</sup> ed in seguito spaccata longitudinalmente con l'uso di cunei; appoggiata su una superficie piana può dunque iniziare il processo di essiccazione, che può durare sino ad un anno, durante il quale la fibra umida è soggetta a facile deformazione anche sotto il suo stesso peso; si deve sottolineare come durante questa fase come per tutta la vita del manufatto lo strato corticale rimanga.<sup>2</sup>

Altre volte invece il pezzo è recuperato da un'altra costruzione in rovina ed è sempre controllato dal capocantiere, che ne saggia la massa e la sonorità colpendolo o battendolo a terra.

I provini sono stati conseguentemente tutti ricavati da pezzi già secchi, alcuni dei quali da travi già poste in opera.

## TAGLIO CAMPIONI

Come detto tradizionalmente la palma è stata copiosamente e differenziatamente utilizzata; con l'introduzione del legno di abete rosso e delle macchine da taglio elettriche è emersa la difficoltà di utilizzare tale lavorazione anche con la fibra di palma, relegandone l'uso a trave, come pezzo semilavorato, semplicemente spaccato.

Oltre al logorio delle lame della macchina difatti, le intense vibrazioni prodotte dalla sega circolare hanno sovente come risultato (soprattutto nel caso di pezzatura minuta) l'apertura di fessurazioni e cricche nel pezzo falsandone l'integrità.

Nel realizzare i campioni, per la cui regolarità era necessario l'uso di detti macchinari, si è sovente dovuto scartare il risultato del taglio, con l'ulteriore difficoltà di individuare le supposte fratture vista la marcata elasticità di questo materiale composito.

---

1 I primi tre metri dalla base sono i più solidi e vengono impiegati come travi; i successivi venivano, un tempo più d'ora, utilizzati per la piccola carpenteria; la parte apicale infine, se la pianta era viva al momento del taglio, può essere reimpiantata o più spesso mangiata. Nessuna parte di questa risorsa viene sprecata.

2 imm 1,2,3,4

Una volta tagliato il pezzo è stato liscio sempre con l'ausilio di utensili elettrici al fine di ottenere la maggior precisione possibile; tale procedimento ha inoltre smussato le numerose e traditrici fibre non ortogonali che fuoriescono con frequenza dalla faccia tagliata. In questo senso è d'obbligo precisare come l'indicazione normativa<sup>3</sup> riguardo alla direzione delle fibre nel provino sia rispettata nonostante la precisazione ora fatta; la natura stessa del materiale consente infatti di avere un'alta percentuale di fibre tra loro parallele ma mai la totalità; queste imperfezioni tuttavia riguardano aree molto ridotte (1-3 mm) e non falsano la prova.<sup>4</sup>

I provini sono stati realizzati da tre differenti palme selezionate da un capomastro per avere un confronto tra materiali assimilati nell'uso ma comunque di diversa provenienza.

Alcuni pezzi per i test a compressione realizzati secondo le proporzioni indicate (mediamente 3\*3\*18 cm) sono stati ridimensionati dopo le prime prove dimezzandone la lunghezza sia per facilitare la fase di carico sia per raffrontare i risultati.

I pezzi per le prove a flessione globale invece, pur mantenendo i rapporti dimensionali prescritti, avevano dimensioni differenti a seconda della palma di provenienza: una serie da 1,5\*2\*50, una da 2\*2\*45 ed una terza da 1,5\*1,8\*38 (misure medie in centimetri).

## PROVE LABORATORIO

I test sono stati effettuati presso il Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Milano, ove delle macchine di prova servoidrauliche sono stati testati a rottura i campioni.<sup>5</sup>

Per i provini a compressione è stato posto in zona di contatto uno strato di materiale gommoso per stabilizzare il provino in caso di lieve imperfezione delle facce d'appoggio.

Per i provini soggetti a flessione è stato necessario variare la geometria della macchina per rientrare nei rapporti indicati nella norma così come si è utilizzata una piccola placca di acciaio in corrispondenza dei punti di carico per non generare deformazioni localizzate.

In taluni test si è potuto notare come anche una leggera imprecisione nel provino o nella disposizione dello stesso sul banco abbia portato ad una rottura anomala e quindi leggermente penalizzante ai fini del calcolo.<sup>6</sup>

Per entrambi i tipi di prova è stato applicato un lieve precarico (20-50 N) al fine di stabilizzare il pezzo; la velocità di carico è stata desunta dalla geometria del provino come indicato.

Per l'elaborazione delle serie di dati è stato impiegato un foglio di calcolo col quale si sono ottenuti sforzi e spostamento per poi generare il relativo grafico sul quale andare a leggere le diverse fasi del materiale, estrapolando poi la fase elastica della deformazione. Seguendo le indicazioni normative si sono calcolati i moduli elastici ( $E_{c,0}$  ed  $E_{mg}$ ) dei provini ricavandone medie sia per la specie che per il materiale; successivamente, sempre grazie ad una lettura grafica, si è identificato il valore di sforzo caratteristico ( $f_{mk}$ ). Per essere conservativi anche i valori più penalizzanti, forse imputabili ad imperfezioni del provino, sono rientrati nei calcoli.

---

3 norma italiana UNI EN 408 12/2004

4 imm 5

5 vedi *appendici\_schede macchinari*

6 imm 6

## ELABORAZIONE DATI<sup>7</sup>

### Prove a compressione<sup>8</sup>

Nelle prove a compressione sono presenti due delle tre qualità di palma, denominate A e C; per la qualità A sono stati realizzate due taglie di provini, una di proporzioni standard (A) e l'altra con altezza dimezzata (As); tale pratica ha determinato una leggera differenziazione nei risultati, essendosi rilevati i provini più tozzi maggiormente resistenti.<sup>9</sup>

La formula per il calcolo del modulo di elasticità a compressione parallela alla fibratura è:

$$E_{c,0} = [l_1(F_2 - F_1)] / [A(w_2 - w_1)]$$

ove

$l_1$  = lunghezza iniziale provino

A = area di base provino

$(F_2 - F_1)$  ed  $(w_2 - w_1)$  = coppie di valori di forza e spostamento in corrispondenza dei punti finali ed iniziali del tratto lineare

### Prove a flessione globale<sup>10</sup>

In questa prova erano presenti le tre qualità di palma, una sfortunatamente in soli tre campioni (B), mentre un'altra con un elemento di dimensioni maggiori rispetto alla serie di riferimento (A24); proprio questo in effetti risulta meno prestazionale (curva azzurro scuro in *flessione\_A*), ma nonostante sia stato considerato nelle media permangono dei dubbi sulla sua integrità al momento di carico.

La formula per il calcolo di modulo di elasticità a flessione globale è:

$$E_{m,g} = \{ [l^3(F_2 - F_1)] / [bh^3(w_2 - w_1)] \} * [(3a/4l) - (a/l)^3]$$

ove

l = luce libera di flessione / distanza tra gli appoggi

b ed h = misure della sezione di base del provino

a = distanza tra punto di applicazione del carico ed appoggio più vicino

$(F_2 - F_1)$  ed  $(w_2 - w_1)$  = coppie di valori di forza e spostamento in corrispondenza dei punti finali ed iniziali del tratto lineare

## CONCLUSIONI

Dai risultati si evince come la palma da dattero fornisca una materia di non eccellente qualità, comparabile rispettivamente:<sup>11</sup>

$E_{m,g}$  classi C16/C18

$f_{m,k}$  classi C18/C22

$f_{c,0,k}$  classe C24

Nell'ottica del calcolo, sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite i valori di sforzo caratteristico vanno ridotti da coefficienti di sicurezza; per questo raffronto si è moltiplicato il valore ottenuto dalla lettura per  $k_{mod}/\gamma_m$  ove  $k_{mod} = 0,9$  e  $\gamma_m = 1,3$ .

7 per schemi di carico ed ulteriori specifiche fare riferimento alla normativa in appendice

8 grafici 1,2,3,4,5,6

9 verranno indicati con "uni" i valori medi dei provini con dimensioni a norma e con "misto" quelli comprendenti anche i provini più tozzi

10 grafici 7,8,9,10,11,12

11 Le classi di resistenza ed i valori caratteristici utilizzati nella comparazione sono quelle individuate per conifere e pioppo nella norma UNI EN 338



imm.1,2,3,4  
la palma appena tagliata adagiata al suolo, si notino i segni dei cunei lungo le facce di taglio;  
i cunei adoperati nelle fasi di spaccatura;  
differente composizione tra zona apicale e fibra di base



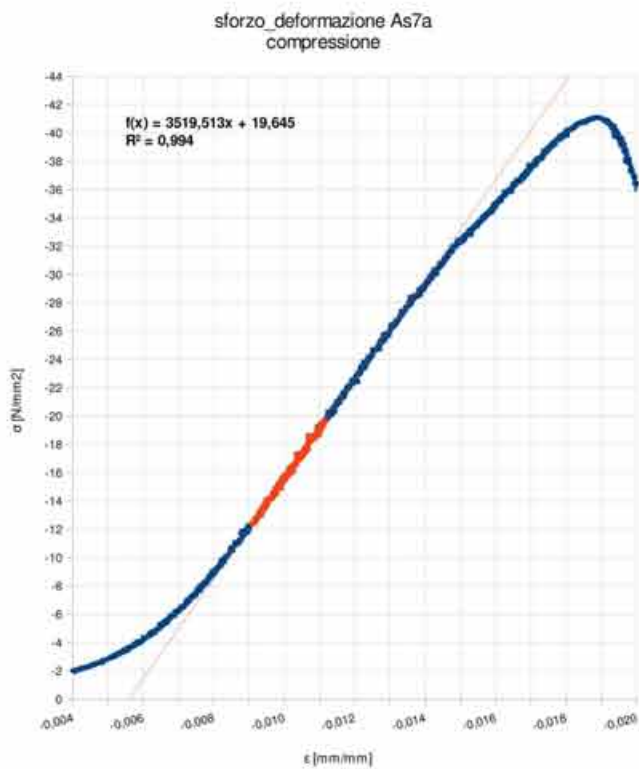
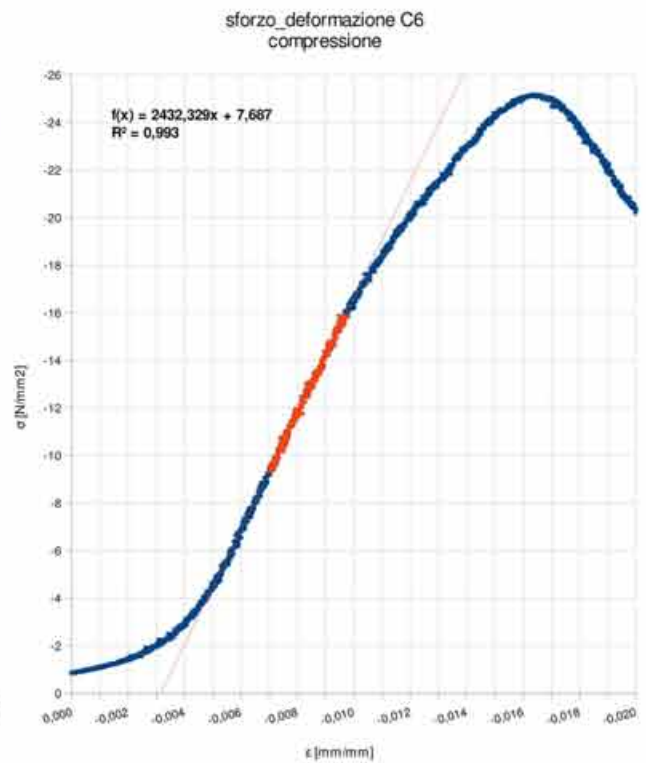
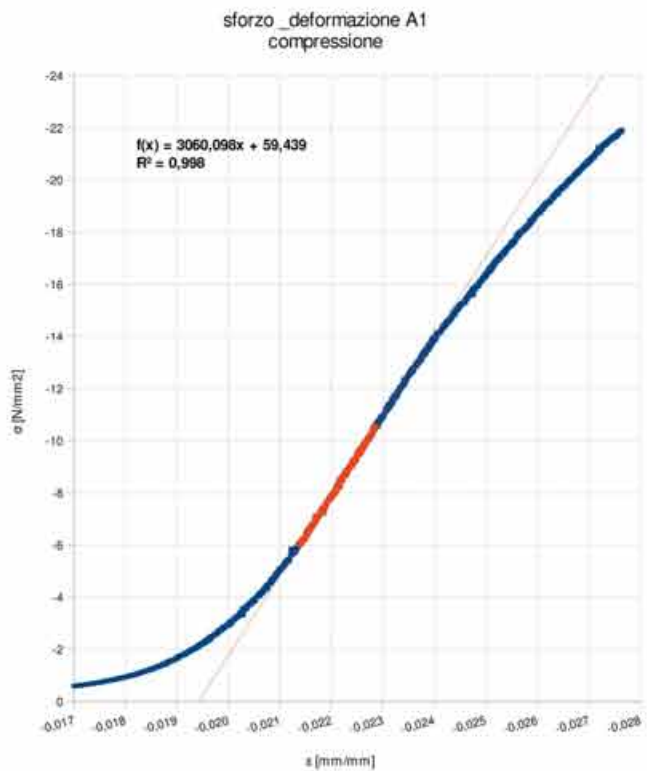
imm.6  
il provino presentava una leggera asimmetria dei lati, si da determinare instabilità sotto il carico.



imm 5  
si può notare sia la natura composta del materiale sia la presenza di fibre non parallele alla direzione predominante

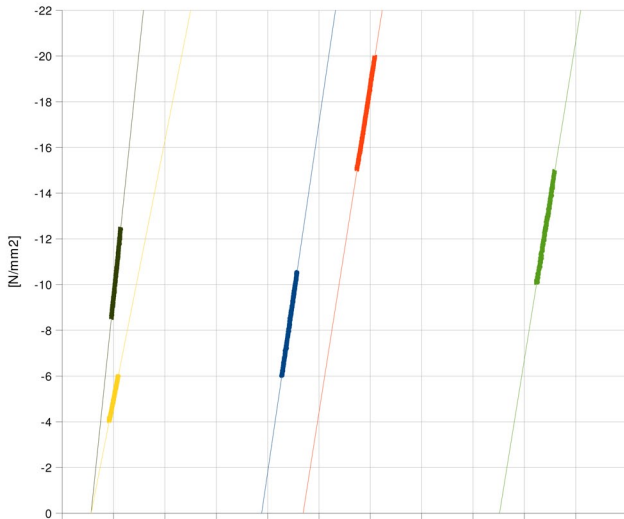


## APPENDICE\_B\_Grafici



**grafici 1\_2\_3**  
**prove di compressione dei**  
**singoli provini;**  
**si noti come modulo elastico e**  
**sigma caratteristico non siano**  
**direttamente proporzionali**

compressione\_A  
fasi lineari



equazioni rette e coefficienti di correlazione

$f(x) = 4313,921x + 12,138$   
 $R^2 = 0,996$

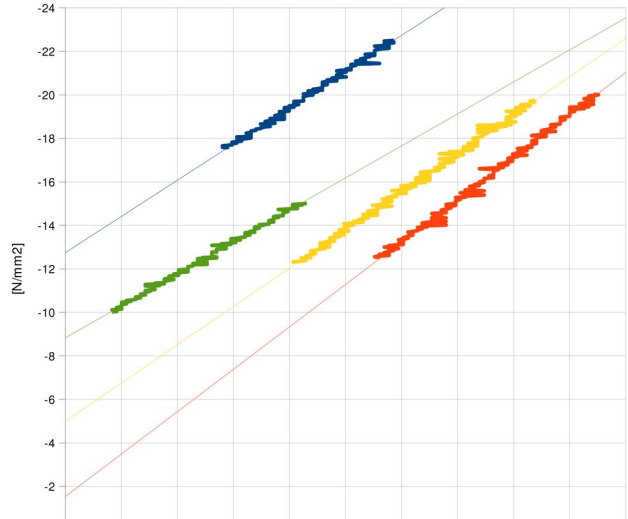
$f(x) = 3060,096x + 59,439$   
 $R^2 = 0,998$

$f(x) = 2783,252x + 118,525$   
 $R^2 = 0,995$

$f(x) = 2268,052x + 6,370$   
 $R^2 = 0,995$

$f(x) = 2861,365x + 67,132$   
 $R^2 = 0,999$

compressione\_As  
fasi lineari



equazioni rette e coefficienti di correlazione

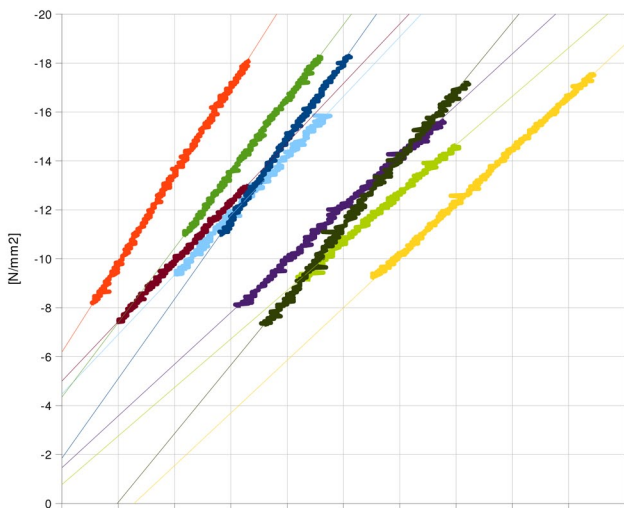
$f(x) = 3328,968x + 10,558$   
 $R^2 = 0,992$

$f(x) = 2941,732x + 11,763$   
 $R^2 = 0,994$

$f(x) = 3519,513x + 19,645$   
 $R^2 = 0,994$

$f(x) = 3898,175x + 25,753$   
 $R^2 = 0,994$

compressione\_C  
fasi lineari



equazioni rette e coefficienti di correlazione

$f(x) = 3620,203x + 11,907$   
 $R^2 = 0,998$

$f(x) = 2432,028x + 7,153$   
 $R^2 = 0,997$

$f(x) = 2114,630x + 9,111$   
 $R^2 = 0,996$

$f(x) = 3042,969x + 10,859$   
 $R^2 = 0,997$

$f(x) = 2432,329x + 7,687$   
 $R^2 = 0,993$

$f(x) = 1982,518x + 9,134$   
 $R^2 = 0,994$

$f(x) = 3246,249x + 14,371$   
 $R^2 = 0,996$

$f(x) = 2803,784x + 16,771$   
 $R^2 = 0,995$

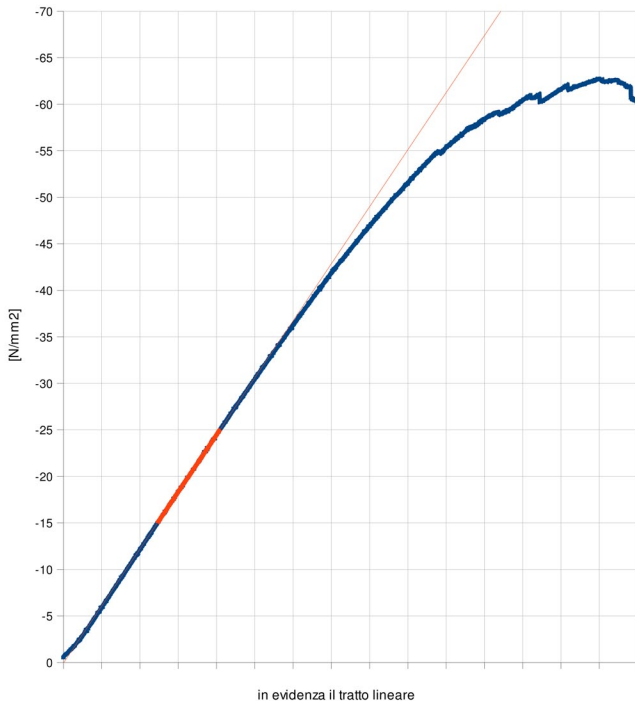
$f(x) = 2150,091x + 13,499$   
 $R^2 = 0,999$

**grafici 4\_5\_6**  
**comparazione tra i tratti lineari**  
**dei diversi tipi di provini (A,As,C)**  
**in basso i valori di coefficiente**  
**di elasticità**  
**e sigma caratteristico ricavati**

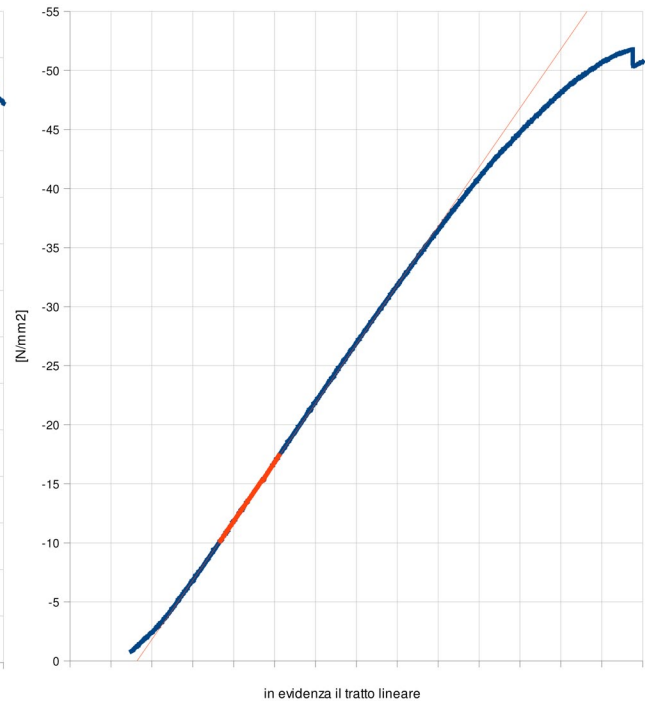
media $E_{c,0,CP} =$ 2615,68	media $E_{c,0,A} =$ 3093,16	medio $E_{c,0,uni} =$ 2854,42
[N/mm²]	media $E_{c,0,As} =$ 3396,72	medio $E_{c,0,misto} =$ 2930,31

medio $f_{(c,0,k)CP} =$ 22	media $f_{(c,0,k)A} =$ 19	medio $f_{(c,0,k)uni} =$ 20,5
[N/mm²]	media $f_{(c,0,k)As} =$ 26,88	medio $f_{(c,0,k)misto} =$ 22,47

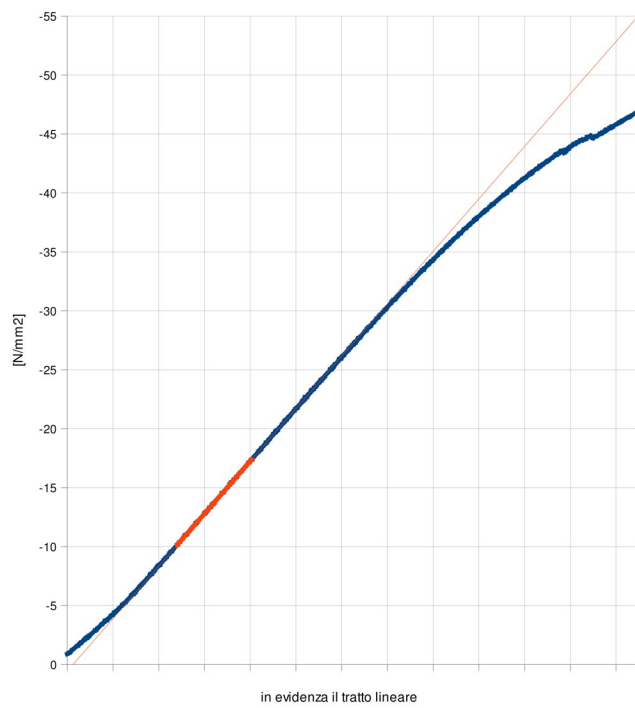
sforzo\_deformazione A8  
flessione



sforzo\_deformazione B3  
flessione

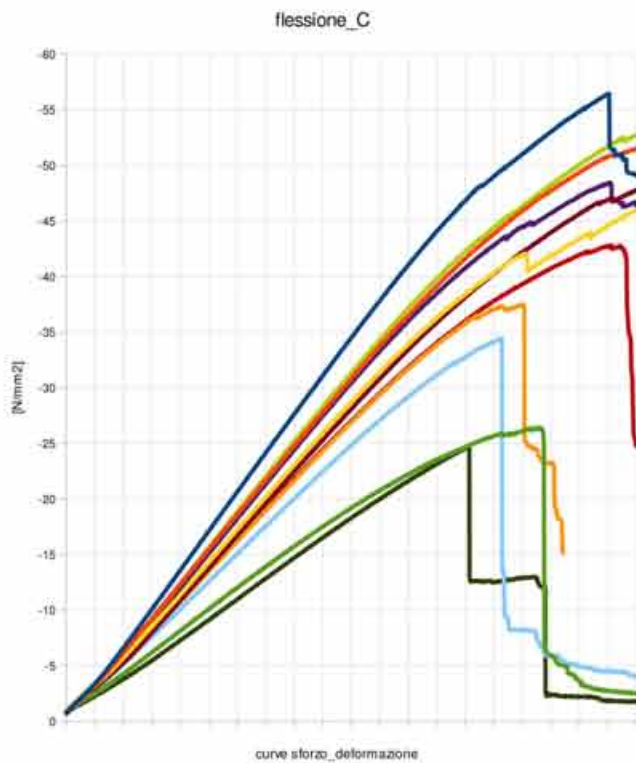
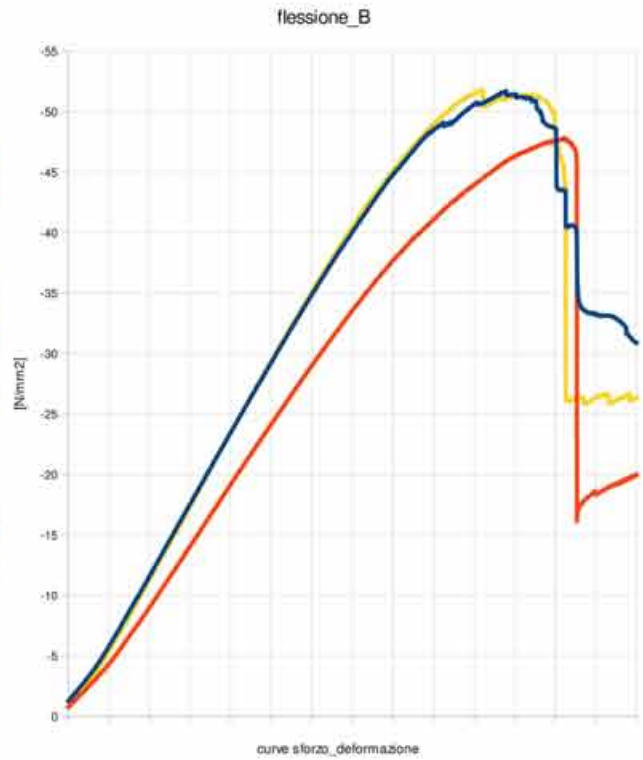
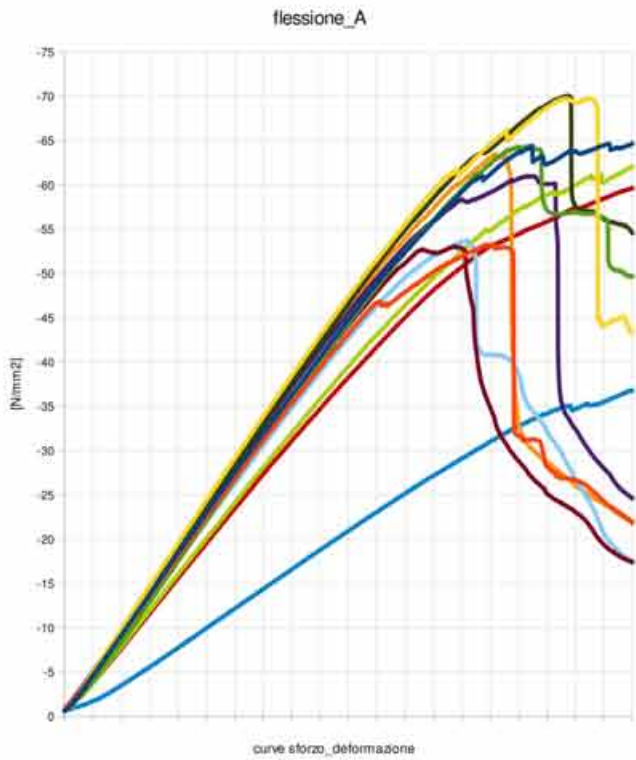


sforzo\_deformazione C9  
flessione



**grafici 7\_8\_9  
prove di flessione dei  
singoli provini**

APPENDICE\_B\_Grafici



**grafici 10\_11\_12**  
**comparazione tra i tratti lineari**  
**dei diversi tipi di provini (A,As,C)**  
**in basso i valori di coefficiente**  
**di elasticità**  
**e sigma caratteristico ricavati**

$$\Sigma E_{m,g,A} = 12564,59 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma E_{m,g,B} = 7577,27 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma E_{m,g,C} = 6202,12 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma E_{m,g} = 8781,33 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma f_{(m,k)A} = 32,58 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma f_{(m,k)B} = 29 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma f_{(m,k)C} = 24 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\Sigma f_{(m,k)} = 28,53 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

## Densità componenti edilizie solaio tipico

Prove effettuate a Figui

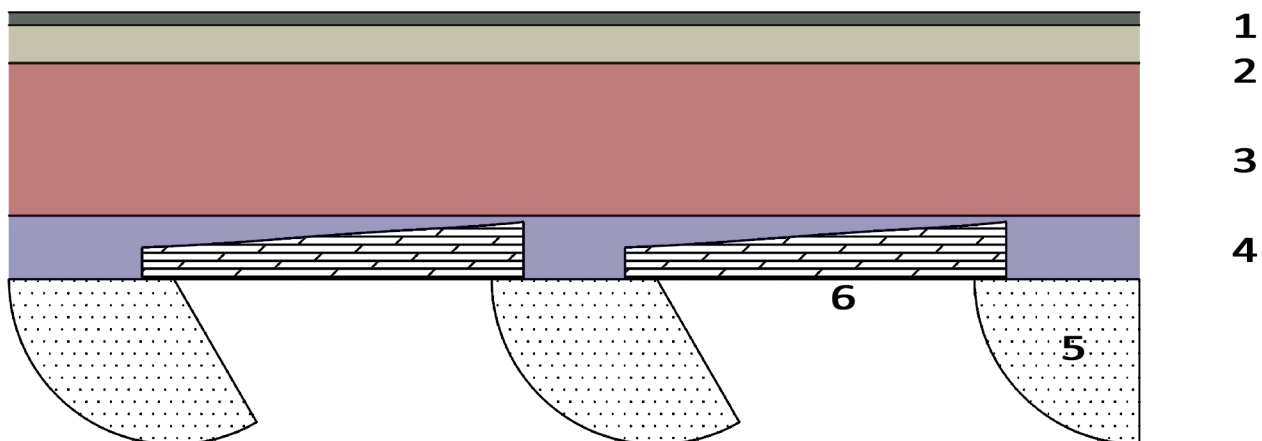
Densità media palma [kg/mc]	556,19	pesata e volume ottenuto per immersione; vaso graduato (+-2ml) - bilancia (+-1g)
Densità media kernaf [kg/mc]	235,34	
Densità media oleandro [kg/mc]	600,17	
Densità strato terra compressata asciutta [kg/mc]	1650	valore ottenuto misurando un mattone di composizione equivalente
Densità strato allettamento calce idraulica 25% sabbia 75% [kg/mc]	1438	valore ottenuto dai pesi specifici tabulati dei diversi materiali
Densità sottofondo calce idraulica 40% sabbia 60% [kg/mc]	1580	
Densità finitura calce aerea 100% [kg/mc]	500	

Misurazioni effettuate in laboratorio (diverse qualità di palma)

Densità media palma A [kg/mc]	478,7	Bilancia (+-0,01g); volume da misurazioni con calibro elettronico (+-0,01mm)
Densità media palma C [kg/mc]	415,51	
Densità media palma labs [kg/mc]	447,1	

Densità media palma [kg/mc]	513,95
-----------------------------	--------

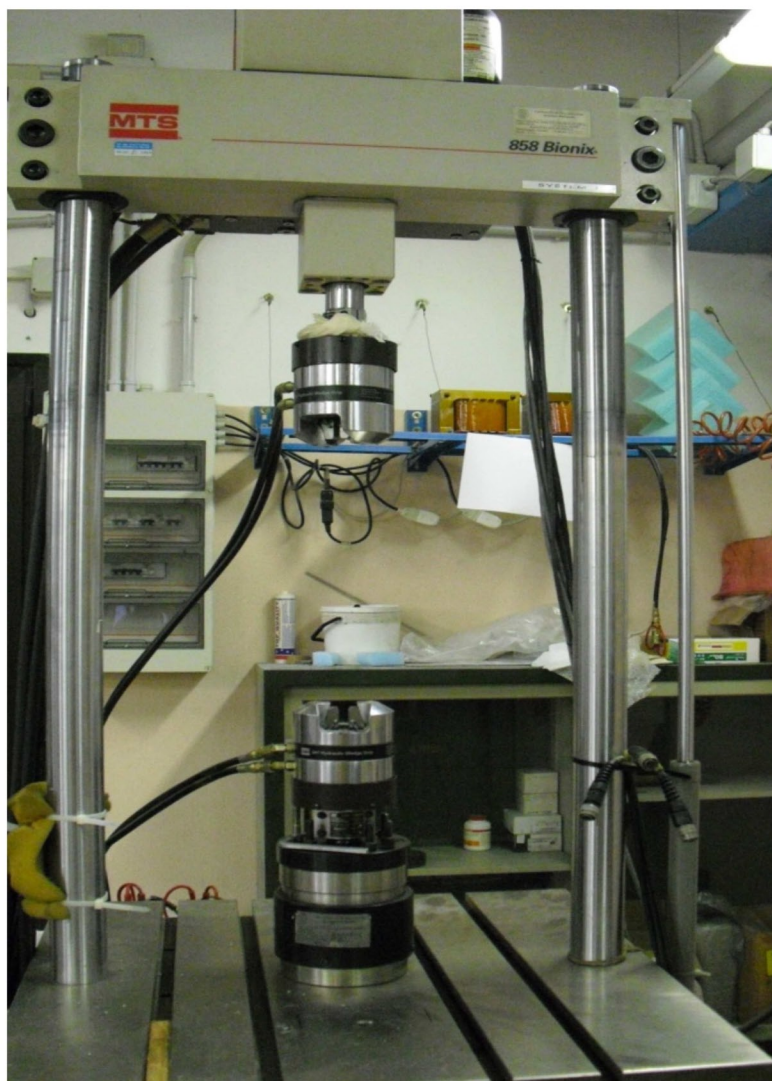
### sezione solaio



- 1\_calce idrata colorata sp. 1,5cm
  - 2\_sottofondo calce40%/sabbia60% sp.3cm
  - 3\_terra pressata sp.10/15cm
  - 4\_"allettamento" calce25%/sabbia75%
  - 5\_travetto in palma (quarto o terzo, r. 12/15cm) luce 2,5 m
  - 6\_kernaf h. 2-5cm
- interasse netto travetti 25cm

**Macchina 15 kN (TestStar3): (usata per le prove di flessione)**

Macchina di prova servoidraulica MTS 858 MiniBionix, n° di serie 1014952, (MTS, Minneapolis, MN), dotata di un attuatore idraulico assial-torsionale, con capacità assiale di 15 kN e torsionale di 150 Nm. I carichi applicati al campione di prova sono stati misurati da una cella di carico assial-torsionale, modello 662.20D-04, n° di serie 1011239, avente range di carico assiale di  $\pm 15$  kN e torsionale di  $\pm 100$  Nm; lo spostamento è stato misurato mediante un LVDT (Linear Variable Differential Transformer), avente range di spostamento di 100 mm.



**Macchina 100 kN (TestStar1): (usata per le prove di compressione)**

Macchina di prova servoidraulica MTS, n° di serie 0 215095, (MTS, Minneapolis, MN) un attuatore idraulico assial-torsionale, con capacità assiale di 100 kN e torsionale di 1000 Nm. I carichi applicati al campione di prova sono stati misurati da una cella di carico assial - torsionale, modello 662.10B-07, n° di serie V 121644, avente range di carico assiale di  $\pm 100$  kN e torsionale di  $\pm 1000$  Nm; lo spostamento è stato misurato mediante un LVDT (Linear Variable Differential Transformer), avente range di spostamento di  $\pm 100$  mm, infine l'angolo viene misurato con un ADT (Angular Differential Transformer), avente range angolare di  $\pm 50^\circ$ .



<b>NORMA ITALIANA</b>	<b>Strutture di legno</b> <b>Legno massiccio e legno lamellare incollato</b> <b>Determinazione di alcune proprietà fisiche e meccaniche</b>	<b>UNI EN 408</b>
		DICEMBRE 2004
	Timber structures Structural timber and glued laminated timber Determination of some physical and mechanical properties	
<b>CLASSIFICAZIONE ICS</b>	91.080.20	
<b>SOMMARIO</b>	La norma specifica metodi di prova per la determinazione delle seguenti proprietà del legno strutturale e del legno lamellare incollato: modulo di elasticità a flessione; modulo di taglio; resistenza a flessione; modulo di elasticità a trazione parallela alla fibratura; resistenza a trazione parallela alla fibratura; modulo di elasticità a compressione parallela alla fibratura; resistenza a compressione parallela alla fibratura. Inoltre, vengono specificate la determinazione delle dimensioni, dell'umidità e della massa volumica.	
<b>RELAZIONI NAZIONALI</b>	La presente norma è la revisione della UNI EN 408:1997 e, nel contempo, sostituisce la UNI EN 1193:1999.	
<b>RELAZIONI INTERNAZIONALI</b>	= EN 408:2003 La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 408 (edizione agosto 2003).	
<b>ORGANO COMPETENTE</b>	Commissione "Legno"	
<b>RATIFICA</b>	Presidente dell'UNI, delibera del 7 settembre 2004	

NORMA EUROPEA



modifiche o revisioni apportate a detta pubblicazione valgono unicamente se introdotte nella presente norma europea come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati, vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

EN 13183-1                      Moisture content of a piece of sawn timber - Determination by oven dry method

### 3                      **TERMINI E DEFINIZIONI**

Nessuno.

### 4                      **SIMBOLI E ABBREVIAZIONI**

$A$	area della sezione trasversale, in millimetri quadrati;
$a$	distanza tra un punto di applicazione del carico e l'appoggio più vicino in una prova di flessione, in millimetri;
$b$	larghezza della sezione trasversale in una prova di flessione, o dimensione minima della sezione trasversale, in millimetri;
$E_{c,0}$	modulo di elasticità a compressione parallela alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$E_{c,90}$	modulo di elasticità a compressione perpendicolare alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$E_{m,g}$	modulo di elasticità a flessione globale, in newton per millimetro quadrato;
$E_{m,l}$	modulo di elasticità a flessione locale, in newton per millimetro quadrato;
$E_{m,app}$	modulo apparente di elasticità a flessione, in newton per millimetro quadrato;
$E_{t,0}$	modulo di elasticità a trazione parallela alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$E_{t,90}$	modulo di elasticità a trazione perpendicolare alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$F$	carico, in newton;
$F_{c,90}$	carico di compressione perpendicolare alla fibratura, in newton;
$F_{c,90,max}$	carico massimo di compressione perpendicolare alla fibratura, in newton;
$F_{c,90,max,est}$	carico stimato massimo di compressione perpendicolare alla fibratura, in newton;
$F_{max}$	carico massimo, in newton;
$F_{max,est}$	carico stimato massimo, in newton;
$F_{t,90}$	carico di trazione perpendicolare alla fibratura, in newton;
$F_{t,90,max}$	carico massimo di trazione perpendicolare alla fibratura, in newton;
$f_{c,0}$	resistenza a compressione parallela alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$f_{c,90}$	resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$f_m$	resistenza a flessione, in newton per millimetro quadrato;
$f_{t,0}$	resistenza a trazione parallela alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$f_{t,90}$	resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$f_v$	resistenza a taglio parallelo alla fibratura, in newton per millimetro quadrato;
$G$	modulo di taglio, in newton per millimetro quadrato;

$h$	altezza della sezione trasversale in una prova di flessione, o dimensione massima della sezione trasversale, o altezza del provino in prove perpendicolari alla fibratura, in millimetri;
$h_0$	lunghezza di riferimento, in millimetri;
$I$	momento d'inerzia, in millimetri alla quarta;
$K, k$	coefficienti;
$k_G$	coefficiente per modulo di taglio;
$l$	luce libera di flessione, o lunghezza del provino tra gli afferraggi della macchina a compressione e a trazione, in millimetri;
$l_1$	lunghezza di riferimento per la determinazione del modulo di elasticità, in millimetri;
$T$	spessore della piastra, in millimetri;
$W$	modulo di resistenza della sezione, in millimetri alla terza;
$w$	deformazione, in millimetri.

### Suffissi

1, 2	si riferiscono ai carichi o alle deformazioni in particolari istanti di una prova e sono utilizzati nel testo se necessario.
------	--

## 5

### DETERMINAZIONE DELLE DIMENSIONI DEI PROVINI

Le dimensioni del provino devono essere misurate con accuratezza pari all'1%. Tutte le misurazioni devono essere effettuate quando i provini risultano condizionati come specificato nel punto 8. Se la larghezza o lo spessore variano all'interno di un provino, queste dimensioni dovrebbero essere registrate come la media di tre distinte misurazioni, effettuate in posizioni differenti lungo ciascun pezzo.

Le misurazioni non devono essere effettuate a meno di 150 mm dalle estremità.

I provini per prove perpendicolari alla fibratura devono essere piallati.

## 6

### DETERMINAZIONE DELL'UMIDITÀ DEI PROVINI

L'umidità del provino deve essere determinata in conformità alla EN 13183-1 su una sezione prelevata dal provino. Per il legname strutturale la sezione deve essere una sezione trasversale completa, priva di nodi e tasche di resina. Per provini perpendicolari alla fibratura, l'umidità deve essere determinata dal provino intero.

Nelle prove di resistenza a flessione e a trazione parallela alla fibratura e a compressione parallela alla fibratura, la sezione deve essere tagliata il più vicino possibile alla zona di rottura.

## 7

### DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI PROVINI

La massa volumica dell'intera sezione trasversale del provino deve essere determinata su una sezione prelevata dal provino stesso. Per il legname strutturale la sezione deve essere una sezione trasversale completa, priva di nodi e tasche di resina.

Nelle prove di resistenza, la sezione deve essere tagliata il più vicino possibile alla zona di rottura.

Per provini perpendicolari alla fibratura, la massa volumica dei provini deve essere determinata prima della prova dopo il condizionamento dalle misurazioni della massa e del volume dal provino intero.

## 10 DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITÀ A FLESSIONE GLOBALE

### 10.1 Provino

Il provino deve avere una lunghezza minima pari a 19 volte l'altezza della sezione. Quando ciò non è possibile, si deve riportare la luce della trave.

### 10.2 Procedimento

Il provino deve essere caricato simmetricamente a flessione, appoggiando su due punti che coprono una luce pari a 18 volte l'altezza come illustrato in figura 3. Se il provino e l'apparecchiatura non consentono di ottenere esattamente queste condizioni, la distanza tra i punti di applicazione del carico e gli appoggi può essere variata di una quantità non maggiore di 1,5 volte l'altezza del pezzo, mentre la luce e la lunghezza del provino possono essere variate di una quantità non maggiore di tre volte l'altezza del pezzo, mantenendo la simmetria della prova.

Il provino deve essere semplicemente appoggiato.

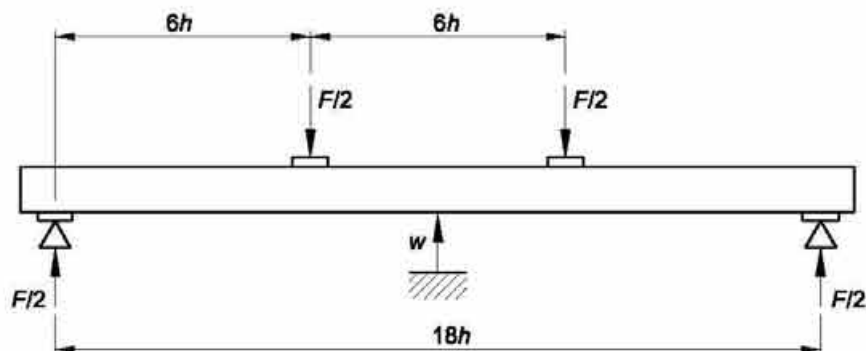
Nota 1 Tra il pezzo e le teste di applicazione del carico o i supporti possono essere inserite delle piastrine di acciaio non più larghe della metà dell'altezza del provino, in modo da minimizzare indentature localizzate.

Allo scopo di prevenire imbozzamenti, deve essere applicato un vincolo laterale. Tale vincolo deve consentire l'inflessione del pezzo senza attrito significativo.

Il carico deve essere applicato a velocità costante. La velocità di spostamento della testa di applicazione del carico non deve essere maggiore di  $0,003 h$  mm/s (vedere figura 3).

Il carico massimo applicato non deve essere maggiore di  $0,4 F_{\max}$  o causare danno al pezzo.

figura 3 Geometria di prova per la misurazione del modulo di elasticità a flessione globale



L'apparecchiatura di carico utilizzata deve essere in grado di misurare il carico con accuratezza pari all'1% del carico applicato al provino o, per carichi minori del 10% del carico massimo applicato, con accuratezza pari allo 0,1% del carico massimo applicato.

La deformazione  $w$  deve essere misurata al centro della luce e al centro del bordo di trazione o compressione. Quando  $w$  è misurata in corrispondenza dell'asse neutro, deve essere la media delle misurazioni effettuate su entrambi i lati del provino.

Le deformazioni devono essere determinate con accuratezza pari all'1% o, per deformazioni minori di 2 mm, con accuratezza pari a 0,02 mm.

Nota 2 Se la configurazione di prova differisce in qualsiasi modo da quella suddetta, tali differenze sono registrate e si determinano fattori di regolazione.

Nota 3 La deformazione  $w$  include eventuali indentature localizzate che possono verificarsi in corrispondenza degli appoggi e dei punti di applicazione del carico.

**Espressione dei risultati**

Il modulo di elasticità a flessione globale  $E_{m,g} = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{bh^3(w_2 - w_1)} \left[ \left( \frac{3a}{4l} \right) - \left( \frac{a}{l} \right)^3 \right]$

dove:

$F_2 - F_1$  è un incremento del carico sul tratto rettilineo della curva di carico deformazione, in newton (vedere figura 2);

$w_2 - w_1$  è l'incremento di deformazione corrispondente a  $F_2 - F_1$ , in millimetri (vedere figura 2).

Gli altri simboli sono come indicato nel punto 4.

Se  $E_{m,g}$  è calcolato dalla regressione lineare del carico/inflessione, il quadrato del coefficiente di correlazione dovrebbe essere maggiore di 0,99.

Il modulo di elasticità deve essere calcolato con accuratezza pari all'1%.

**DETERMINAZIONE DEL MODULO DI TAGLIO - METODO DELLA LUCE SINGOLA**

Nota La misurazione del modulo di taglio del legname strutturale e del legno lamellare incollato presenta considerevoli difficoltà ma valori adatti per l'utilizzo nella progettazione si possono ottenere mediante uno qualsiasi dei metodi descritti nei punti 11 e 12.

**Generalità**

Questo metodo implica la determinazione del modulo di elasticità a flessione locale  $E_{m,l}$  e del modulo di elasticità apparente  $E_{m,app}$  per lo stesso tratto di provino.

**Determinazione del modulo di elasticità a flessione**

Il modulo di elasticità a flessione locale deve essere determinato in conformità al punto 9.

**Determinazione del modulo di elasticità apparente****Provino**

Il provino deve essere quello utilizzato per la determinazione del modulo di elasticità a flessione locale, vedere il punto 11.2.

**Procedimento**

Il provino deve essere caricato a flessione in mezzzeria su una luce pari alla lunghezza di riferimento utilizzata nel punto 11.2 e includendo lo stesso tratto di prova, come illustrato in figura 4 (vedere anche figura 1). In questo caso  $l = l_f$

## 13 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE

### 13.1 Provino

Il provino deve normalmente avere una lunghezza minima pari a 19 volte l'altezza della sezione trasversale. Quando ciò non è possibile, si deve riportare nel resoconto di prova la luce della trave.

### 13.2 Procedimento

Il provino deve essere caricato simmetricamente a flessione, appoggiando su due punti che coprono una luce pari a 18 volte l'altezza come illustrato in figura 1. Se il provino e l'apparecchiatura non consentono di ottenere esattamente queste condizioni, la distanza tra i punti interni di applicazione del carico e gli appoggi deve essere variata di una quantità non maggiore di 1,5 volte l'altezza del provino, mentre la luce e la lunghezza del provino possono essere variate di una quantità non maggiore di tre volte l'altezza del provino, mantenendo la simmetria della prova.

Il provino deve essere semplicemente appoggiato.

Nota 1 Tra il pezzo e le teste di applicazione del carico o i supporti possono essere inserite delle piastrine di acciaio non più larghe della metà dell'altezza del provino, in modo da minimizzare indentature localizzate.

Allo scopo di prevenire imbozzamenti, deve essere applicato un vincolo laterale. Tale vincolo deve consentire l'inflessione del pezzo senza attrito significativo.

L'apparecchiatura di applicazione del carico utilizzata deve essere in grado di misurare il carico con accuratezza pari all'1% del carico applicato al provino.

Il carico deve essere applicato facendo muovere la testa di applicazione del carico ad una velocità costante, tale che il carico massimo sia raggiunto entro  $(300 \pm 120)$  s.

Nota 2 Questa velocità dovrebbe essere determinata in base ai risultati delle prove preliminari. L'obiettivo è quello di raggiungere  $F_{max}$  per ciascuno pezzo in 300 s.

Il tempo impiegato per arrivare alla rottura per ciascun pezzo deve essere registrato ed il relativo valore medio deve essere riportato nel resoconto di prova. Ogni singolo pezzo divergente per più di 120 s dall'obiettivo di 300 s deve essere riportato nel resoconto di prova.

### 13.3 Espressione dei risultati

La resistenza a flessione  $f_m$  è data dall'equazione  $f_m = a F_{max} / (2W)$ .

I simboli sono come indicato nel punto 4.

La resistenza a flessione deve essere calcolata con accuratezza pari all'1%.

La modalità di rottura e le caratteristiche di accrescimento in corrispondenza della sezione di rottura di ciascun provino devono essere registrate.

## 14 DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITÀ A TRAZIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### 14.1 Provino

Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale, e lunghezza sufficiente a presentare un tratto di prova non influenzato dagli afferraggi della macchina di prova di lunghezza pari ad almeno nove volte la maggiore dimensione della sezione trasversale.

### 14.2 Procedimento

Il provino deve essere caricato utilizzando dispositivi di afferraggio che permettano per quanto possibile l'applicazione di un carico di trazione senza indurre flessione. I dispositivi di afferraggio e le condizioni effettive di carico utilizzati devono essere riportati nel resoconto di prova.

15.3

### Espressione dei risultati

La resistenza a trazione  $f_{t,0}$  è data dall'equazione  $f_{t,0} = F_{\max}/A$ .

I simboli sono come indicato nel punto 4.

La resistenza a trazione deve essere calcolata con accuratezza pari all'1%.

La modalità di rottura e le caratteristiche di accrescimento in corrispondenza della sezione di rottura di ciascun provino devono essere registrate. Si deve riportare nel resoconto di prova se la rottura è associata agli afferraggi.

16

## DETERMINAZIONE DEL MODULO DI ELASTICITÀ A COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

16.1

### Provino

Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale e una lunghezza pari a sei volte la dimensione minima della sezione trasversale. Le superfici di estremità devono essere accuratamente preparate per assicurare che siano piane e parallele tra loro e perpendicolari all'asse del pezzo.

16.2

### Procedimento

Il provino deve essere caricato concentricamente utilizzando teste di applicazione del carico con alloggiamento sferico o altri dispositivi che permettano l'applicazione di un carico di compressione senza indurre flessione. Dopo l'applicazione di un carico iniziale, le teste di applicazione del carico devono essere bloccate per impedire movimenti angolari. I dispositivi di afferraggio e le condizioni effettive di carico utilizzati devono essere riportati nel resoconto di prova.

Il carico deve essere applicato a velocità costante. La velocità di spostamento della testa di applicazione del carico non deve essere maggiore di 0,000 05 /mm/s.

L'apparecchiatura di carico utilizzata deve essere in grado di misurare il carico con accuratezza pari all'1% del carico applicato al provino o, per carichi minori del 10% del carico massimo applicato, con accuratezza pari allo 0,1% del carico massimo applicato.

La deformazione deve essere misurata su una lunghezza di riferimento centrale pari a quattro volte la dimensione minima della sezione trasversale del pezzo. Si devono utilizzare due estensimetri, che devono essere posizionati in modo da minimizzare gli effetti della distorsione.

Le deformazioni devono essere determinate con accuratezza pari all'1% o, per deformazioni minori di 2 mm, con accuratezza pari a 0,02 mm.

16.3

### Espressione dei risultati

Il modulo di elasticità a compressione  $E_{c,0}$  è dato dall'equazione:

$$E_{c,0} = \frac{l_1(F_2 - F_1)}{A(w_2 - w_1)}$$

dove:

$F_2 - F_1$  è un incremento del carico sul tratto rettilineo della curva di carico deformazione, in newton (vedere figura 2);

$w_2 - w_1$  è l'incremento di deformazione corrispondente a  $F_2 - F_1$ , in millimetri (vedere figura 2).

Gli altri simboli sono come indicato nel punto 4.

Se  $E_{c,0}$  è calcolato dalla regressione lineare del carico/deformazione, il quadrato del coefficiente di correlazione dovrebbe essere maggiore di 0,99.

Il modulo di elasticità a compressione deve essere calcolato con accuratezza pari all'1%.

---

## 17 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA

### 17.1 Provino

Il provino deve avere sezione trasversale corrispondente all'intera sezione strutturale e una lunghezza pari a sei volte la dimensione minima della sezione trasversale. Le superfici di estremità devono essere accuratamente preparate per assicurare che siano piane e parallele tra loro e perpendicolari all'asse del pezzo.

### 17.2 Procedimento

Il provino deve essere caricato concentricamente utilizzando teste di applicazione del carico con alloggiamento sferico o altri dispositivi che permettano l'applicazione di un carico di compressione senza indurre flessione. Dopo l'applicazione di un carico iniziale, le teste di applicazione del carico devono essere bloccate per impedire movimenti angolari. I dispositivi di afferraggio e le condizioni effettive di carico utilizzati devono essere riportati nel resoconto di prova.

L'apparecchiatura di carico utilizzata deve essere in grado di misurare il carico con accuratezza pari all'1% del carico applicato al provino.

Il carico deve essere applicato con un movimento della testa di applicazione del carico costante, regolato in modo da raggiungere il carico massimo entro  $(300 \pm 120)$  s.

Nota Questa velocità dovrebbe essere determinata in base ai risultati delle prove preliminari. L'obiettivo è quello di raggiungere  $F_{\max}$  per ciascuno pezzo in 300 s.

Il tempo impiegato per arrivare alla rottura di ciascun pezzo deve essere registrato e il relativo valore medio deve essere riportato nel resoconto di prova. Ogni singolo pezzo divergente per più di 120 s dall'obiettivo di 300 s deve essere riportato.

### 17.3 Espressione dei risultati

La resistenza a compressione  $f_{c,0}$  è data dall'equazione  $f_{c,0} = F_{\max}/A$ .

I simboli sono come indicato nel punto 4.

La resistenza a compressione deve essere calcolata con accuratezza pari all'1%.

La modalità di rottura e le caratteristiche di accrescimento in corrispondenza della sezione di rottura di ciascun provino devono essere riportate nel resoconto di prova.

---

## 18 DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE A TRAZIONE E A COMPRESSIONE PERPENDICOLARI ALLA FIBRATURA

### 18.1 Requisiti dei provini

#### 18.1.1 Fabbricazione

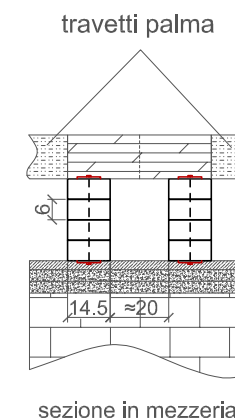
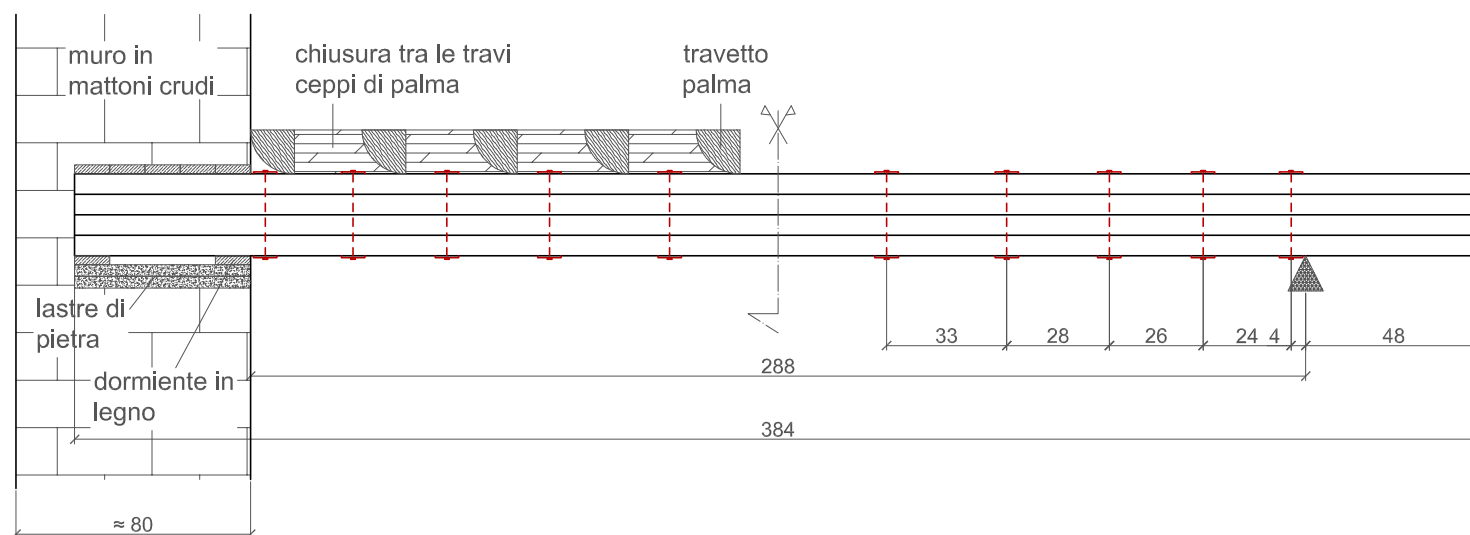
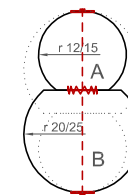
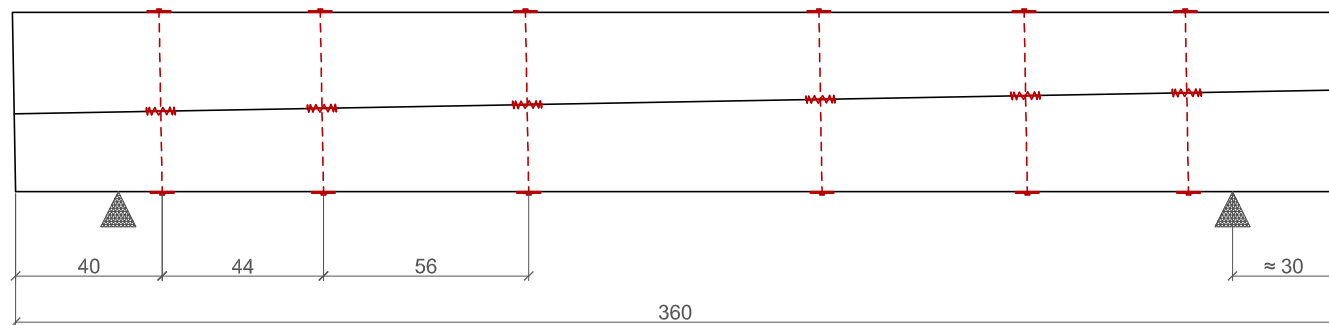
La fabbricazione dei provini deve essere tale da consentire l'applicazione dei carichi al provino.

Nota 1 Configurazioni adatte sono illustrate nelle appendici A e B.

Per le prove di trazione il provino deve essere incollato a piastre di acciaio. Il processo di incollaggio deve essere in grado di garantire la posizione specificata del provino durante le prove.

Nota 2 Un adesivo adatto per il fissaggio delle piastre di acciaio al provino di legname è una colla epossidica a due componenti. Immediatamente prima dell'incollaggio, le superfici da unire dovrebbero essere preparate piallando le superfici dei provini di legname e sabbiando le piastre di acciaio.

# LA TRAVE GIUNTATA



La trave è stata pensata per fungere da rompitratta, con dunque 2,5m di solaio tradizionale praticabile gravante ( $\approx 3,6 \text{ KN/m}^2$ ).

Il diametro ed il numero dei bulloni, ossia la distanza tra i fori, dipende dalla resistenza a compressione (da cui è desumibile quella al rifollamento) e dalla tendenza al distacco del legno; il foro più esterno non deve difatti mai porsi troppo prossimo alla fine del pezzo, anche per rendere agevole il secondo serraggio da effettuarsi dopo la posa in opera. La distanza tra i bulloni, proporzione alla pendenza del grafico del momento, è crescente con l'avvicinarsi al centro, ove il taglio si annulla.

Il principio di funzionamento è generare tra le facce a contatto sufficiente attrito da contrastare lo scorrimento indotto dalla flessione, contrasto generato anche nel foro del bullone. Si può optare per l'accoppiamento al connettore di una corona dentata che serve ad aumentare la resistenza allo scorrimento e contemporaneamente ad impedire che la zona del foro prossima alla faccia di contatto -la più sollecitata- tenda a rifollarsi.

Si è deciso di far coincidere testa con coda tra le due travi sia per ottenere un elemento col profilo quasi rettangolare (appoggi alla stessa altezza, orizzontalità dell'impalcato sovrastante) sia per bilanciare il decadimento prestazionale della parte apicale accoppiandola con la base.

L'appoggio è composto da due lastre in pietra su cui è collocato un dormiente ligneo che serve a correggere eventuali differenze di quota tra appoggi ed anche per non danneggiare il punto di contatto della trave. La lastra superiore, oltre a facilitare la posa dei corsi superiori, trasmettere parte del carico del muro alla trave creando un momento d'incastro che diminuisce quello in mezzeria.





Per prima cosa è necessario porre molta attenzione nella scelta della palma e nella sua essiccazione.

Ciò implica tra l'altro l'immediata decorticazione ed il taglio -grossolano- della faccia che sarà lisciata quando il tronco sarà secco.

Per effettuare questo taglio ci si è aiutati con tracciando le linee con un filo a gesso, cercando di raggiungere il massimo contatto tra le due facce.





Quando la palma è secca si porta a termine il lavoro sulle facce di contatto. Si comincia con la pialla e successivamente con la levigatrice, sempre aiutandosi con uno strumento per mantenere la planarità. pour maintenir la ligne.



**Per essere precisi le due travi devono essere forate assieme. Si è reso necessario saldare alla punta un tondino per avere la lunghezza necessaria. E' essenziale che il foro non superi il diametro del bullone che si intende usare. Successivamente si posizionano le corone dentate che saranno incassate entro le travi.**

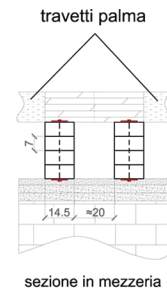
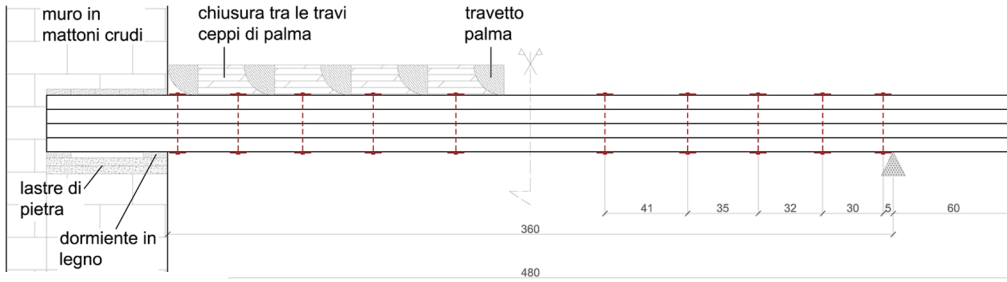
Affinchè la corona possa arrivare a filo è stato ricavato l'alloggio.



Prima del serraggio conviene appiattare la sede delle rondelle, che dovranno essere grandi per contrastare la penetrazione di queste nel legno, accentuata nelle parti apicali dei pezzi. Il serraggio può procedere stringendo i bulloni un pò per volta.



# PROGETTO TRAVE ABETE ROSSO



PASSO TRAVI = 2,2 m => INTERASSE (i)	1,1	m
LUNGHEZZA TRAVE (L)	4,8	m
CARICO PERMANENTE SOLAIO (G)	3,5	kN/m <sup>2</sup>
CARICO ACCIDENTALE DI PROGETTO (Q)	2	kN/m <sup>2</sup>
VOLUME TRAVE SU LUCE LIBERA (V <sub>l</sub> )= A * L <sub>s</sub>	0,15	m <sup>3</sup>
PESO TRAVE SU LUCE LIBERA (Gk)= V <sub>l</sub> * R <sub>k</sub>	0,61	kN

Classi di resistenza abete rosso (C14)	
Rk [kg/m <sup>3</sup> ]	420
f <sub>m,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	11
f <sub>t,0,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	8
f <sub>t,90,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,3
f <sub>c,0,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	16
f <sub>c,90,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	4,3
f <sub>v,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	1,7
E <sub>0,mean</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	7000
E <sub>90,mean</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	230
E <sub>0,05</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	4700
G <sub>mean</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	440

La classe di resistenza assunta è la C14, la meno performante tra quelle relative a conifere e pino della norma UNI EN 338, ad eccezione del valore della densità che è stato verificato.

L <sub>s</sub>	G <sub>k</sub>	Q <sub>k</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>
m	kN/m	kN/m	kNm	kN
3,6	3,85	2,20	14,14	15,71
base	altezza	Area	w	I
m	m	m <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>
0,145	0,28	0,0406	1894,67	26525,33

$$\sigma_{(md)} = M_{max}/w \quad 7,46 \quad \sigma_{(md)} < f_{(md)} ?$$

$$f_{(md)} = (k_{mod} * f_{(m,k)}) / \gamma_m \quad 7,62$$

$$\tau_{(d)} = (V_{max} * 1,5) / (b * h) \quad 0,58 \quad \tau_{(d)} < f_{(vd)} ?$$

$$f_{(vd)} = (k_{mod} * f_{(v,k)}) / \gamma_m \quad 1,18$$

La verifica è soddisfatta sebbene si debba ricordare che i calcoli effettuati si riferiscono al semplice appoggio, nella situazione reale bisogna considerare che sicuramente il muro di un piano che si erige sopra i lembi terminali (di 60 cm) della trave dà un contributo di incastro riducendo quindi il M<sub>max</sub> in mezzzeria. E' altresì vero che la sezione è composta da pezzi separati e forati per cui non lavora in maniera identica ad una sezione intera.

Freccia istantanea carichi permanenti [mm]

$$U_{(ist,perm)} = [(5 * l^4) / 384 * E_{om} * I] * (Gk) + (1,2 * Gk * l^2) / 8 * Gm * A \quad 4,95$$

Freccia istantanea carichi variabili < L/300 [mm]

$$U_{(ist,var)} = [(5 * l^4) / 384 * E_{om} * I] * (Qk) + (1,2 * Qk * l^2) / 8 * Gm * A \quad 2,83 \quad OK$$

Freccia finale < L/250 [mm]

$$L/250 = 14,4$$

**TEST DI CARICO**

Carico	Freccia	Ora	Ora progr.
N	mm	hh:mm	hh:mm
0	0	11:00	0:00
(700*9,81)/2	2,03	11:07	0:07
(700*9,81)/2	2,05	12:15	1:15
(1400*9,81)/2	4,05	12:30	1:30
(1400*9,81)/2	4,26	13:50	2:50
(2100*9,81)/2	7,01	14:00	3:00
(2100*9,81)/2	8,02	09:30	22:30
0	5,83	10:00	23:00

soffitto non finito su cui si è  
eseguito il test 2,8  
kN/m<sup>2</sup>

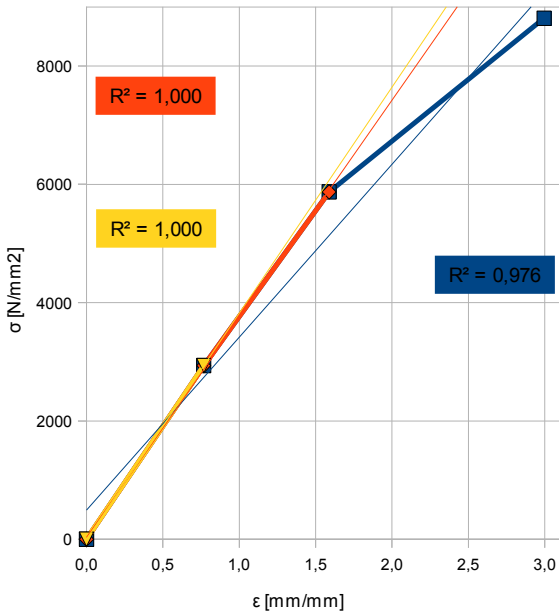
carico test (2100 kg distribuiti su  
2 travi => 1 trave = 2,60  
kN/m<sup>2</sup>  
((2100\*9,81)/2)/(l\*i)/1000

**Deformazione completa**

Freccia	Carico	Deformazione	Sforzo	Freccia	Carico	Deformazione	Sforzo
mm	N	ε [mm/mm]	σ [N/mm <sup>2</sup> ]	mm	N	ε [mm/mm]	σ [N/mm <sup>2</sup> ]
0	0	0,0000	0,000	0	0	0,0000	0,000
2,05	3433,5	0,7684	2935,751	2,03	3433,5	0,7609	2935,751
4,26	6867	1,5883	5871,502	4,05	6867	1,5100	5871,502
8,02	10300,5	2,9954	8807,254	7,01	10300,5	2,6182	8807,254

**Deformazione istantanea**

sforzo deformazione  
deformazione completa

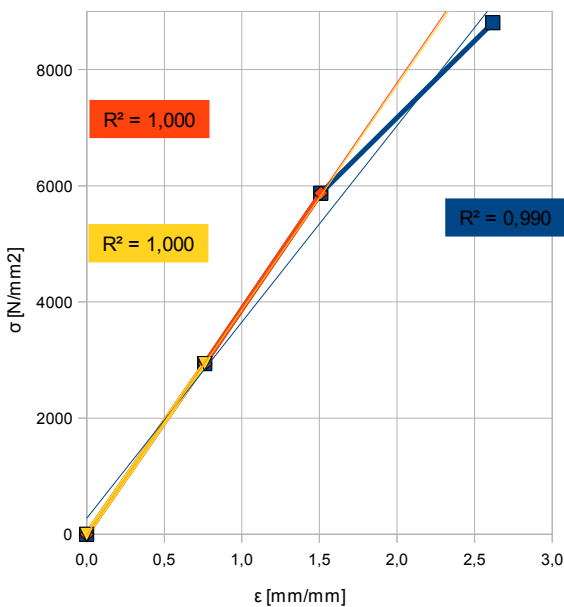


$E = 5/384 * (p * L^4) / F * I$

$\epsilon = \sigma / E$

3820,83	lineare
3696,68	lineare
2940,22	totale
0,77	lineare
1,59	lineare
3	totale

sforzo deformazione  
istantanea



$E = 5/384 * (p * L^4) / F * I$

$\epsilon = \sigma / E$

3858,47	lineare
3888,36	lineare
3363,84	totale
0,76	lineare
1,51	lineare
2,62	totale

Modulo di elasticità medio (tra i due ratti lineari, riferito ai valori istantanei)

3873,42 [N/mm<sup>2</sup>]

# CAPACITA' PORTANTE CONNETTORE

## Coefficienti

$k_{mod} =$	1
$\gamma_{M,connessione} =$	1,5

## Connettori

Tipologia di connettore	Bullone
$\phi =$	16 mm diametro del connettore
$f_{u,k} =$	400 MPa resistenza caratteristica a trazione dell' acciaio
$M_{y,k} = 0,3 f_{u,k} \phi^{2,5} =$	162141,13 Nmm momento caratteristico di snervamento del connettore

## Legno 1 (eguale legno 4)

$t_1 =$	70 mm spessore dell'elemento 1
$\rho_k =$	420 kg/m <sup>3</sup> densità caratteristica del legno
$f_{h,1,k} = f_{h,o,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1) =$	18,19 MPa resistenza caratteristica a rifollamento nel legno
$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \phi) \rho_k =$	28,93 MPa resistenza caratteristica a rifollamento di base
$k_{90} = 1,35 + 0,015 \phi =$	1,59 parametro
$\alpha_1 =$	90 ° angolo tra sforzo e fibre negli elementi laterali

## Legno 2 (eguale legno 3)

$t_2 =$	70 mm spessore dell'elemento 1
$\rho_k =$	420 kg/m <sup>3</sup> densità caratteristica del legno
$F_{h,2,k} = f_{h,o,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1) =$	18,19 MPa resistenza caratteristica a rifollamento nel legno
$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 \phi) \rho_k =$	28,93 MPa resistenza caratteristica a rifollamento di base
$k_{90} = 1,35 + 0,015 \phi =$	1,59 parametro
$\alpha_1 =$	90 ° angolo tra sforzo e fibre negli elementi laterali

## Capacità portante di progetto di un connettore

minimo tra i seguenti:

$R_k = \min$	
$f_{h,1,k} t_1 \phi =$	20,378 kN
$0,5 * f_{h,2,k} t_2 \phi =$	10,189 kN
$[ f_{h,1,k} t_1 \phi / (1 + \beta) ] [ [ \beta + 2\beta [ 1 + t_2/t_1 + (t_2/t_1)^2 ] + \beta (t_2/t_1)^2 ]^{0,5} - \beta (1 + t_2/t_1) ] =$	8,441 kN
$[ 1,05 f_{h,1,k} t_1 \phi / (2 + \beta) ] [ [ 2 \beta (1 + \beta) + 4 \beta (2 + \beta) M_{y,k} / (f_{h,1,k} \phi t_1^2) ]^{0,5} - \beta ] =$	9,386 kN
$1,15 [ 2 \beta / (1 + \beta) ]^{0,5} ( 2 M_{y,k} f_{h,1,k} \phi )^{0,5} =$	11,174 kN

$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k} =$	1 parametro
$R_{k, connettore} =$	8,44 kN capacità portante caratteristica per un piano di taglio
$R_{d, connettore} =$	5,627 kN capacità portante di progetto per un piano di taglio
$R_d = k_{mod} R_{k,conn} / \gamma_m$	

$n^\circ$ piani di taglio	3
$R_{d, connettore} = n^\circ$ piani di taglio * $R_d =$	16,882 kN capacità portante di progetto di un connettore

## Capacità portante di progetto di più connettori

$R_{d, totale} = n_{file} n_{ef} R_{d, connettore} =$	168,818 kN capacità portante totale di progetto dei connettori
$n =$	10 numero di connettori allineati lungo la direzione della fibratura
$n_{file, min} =$	0 numero minimo di file di connettori allineati = $V_{,d} / (n_{ef} * R_{d, connettore})$
$n_{file} =$	1 numero di file di connettori allineati
$a_1 =$	300 mm spaziatura fra i bulloni in direzione della fibratura
$d =$	16 mm diametro del connettore
$n_{ef} =$	10 numero di connettori efficaci (per carichi ortogonali alla fibratura $n_{ef} = n$ )
$R_{d, connettore} =$	16,88 kN capacità portante (non ridotta) di progetto del singolo connettore

## Numero efficace di connettori

Nel caso di unione con bulloni o spinotti, per una serie di elementi di collegamento allineati lungo la direzione dello sforzo, il numero efficace di connettori  $n_{ef}$  si calcola come segue:

$$n_{ef} = \min \{ n ; n^{0,9} ( a_1 / (13d) )^{0,9} \} \quad 8,705$$



## CONTROLLO CAPACITA' PORTANTE CONNESSIONI

luce totale l	4,8	[m]
sezione	0,0406	[m <sup>2</sup> ]
carico lineare (G*γ+Q*γ)*Linf	8,5	[KN/m]
Tmax=(1/2*Q*I)	20,39	[KN]
τmax=(3/2*(Tmax/A)	753,47	[KN/m <sup>2</sup> ]
scorrimento S=(1/2*τmax*b*I/2)	131,1	[KN]
Capacità portante caratteristica di un connettore		
$[ f_{h,1,k} t_1 \phi / (1+\beta) ] [ [\beta + 2\beta^2 [1 + t_2/t_1 + (t_2/t_1)^2] + \beta^3 (t_2/t_1)^2 ]^{0,5} - \beta (1+t_2/t_1) ]$	8,44	[KN]
Capacità portante di progetto di un connettore		
Rd = kmod Rk,conn / γm	16,88	[KN]
Capacità portante di progetto di più connettori		
Numero efficace di connettori	8,7	[nef]
Rd,totale = n°file*nef*Rd,connettore	56,27	[KN]
Capacità portante complessiva connessioni		
	146,96	[KN]
	>S	OK

Sono state reperite informazioni più dettagliate riguardanti i risultati delle analisi di laboratorio su campioni di terra prelevati a Figuig, nei siti Ahbaben e Abidat (a ovest di Figuig), nell'ambito del progetto pilota promosso da Analisi effettuate a Marrakech da ERAC/Tensift (Institut-Terre) nel 2000-2001. Queste analisi vengono riportate nelle tabelle seguenti.

52

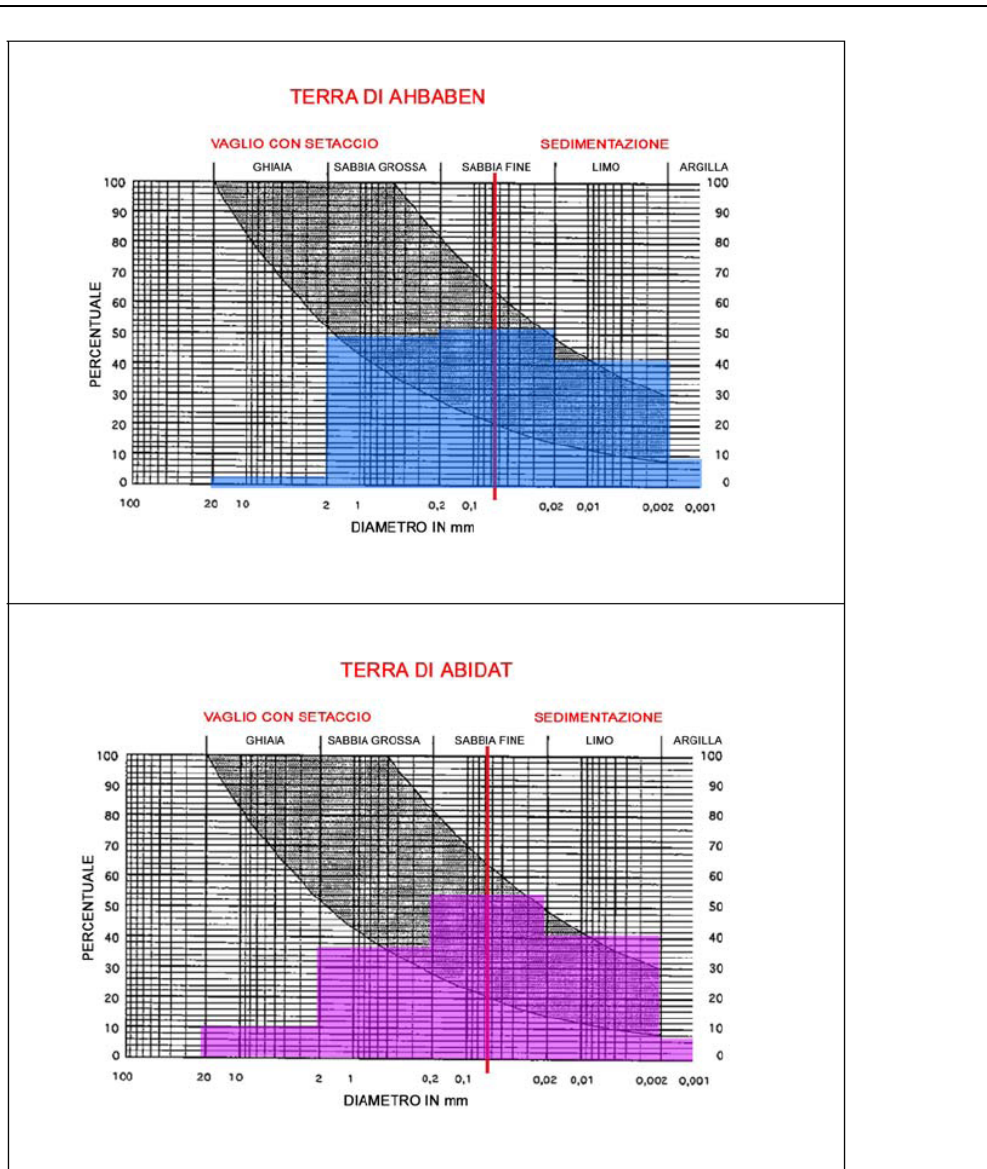


Fig. 3.1.1. Analisi granulometrica terra

Terra	Granulometria %				
	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Fine
Ahbaben	2	48	41	9	50
Abidat	10	37	46	7	54

**Campioni di terra prelevati a Ahbabben - Prove di laboratorio sulla terra****Analisi granulometrica**

L'analisi granulometrica è stata effettuata per via secca e completata con l'analisi di sedimentazione, per gli elementi di diametro inferiore a 80 µm.

<b>Componente</b>	<b>Fine</b>	<b>Argilla</b>	<b>Limo</b>	<b>Sabbia</b>	<b>Ghiaia</b>
<b>%</b>	50	9	41	48	2

Interpretazione: la curva granulometrica del campione di terra analizzato si iscrive all'interno del fuso limite corrispondente alla tecnica dei blocchi di terra compressa, eccetto per una piccola parte di sabbia media e fine, compresa tra 0.5 e 0.1 mm, prova che la terra presenta un leggero eccesso di sabbia.

**Limiti di Attenberg**

Questi limiti sono stati realizzati sulla frazione 0/400 µm di materiale. Risultati:

<b>Valori</b>	<b>Limite liquido (Wl)</b>	<b>Limite plastico (Wp)</b>	<b>Indice di plasticità (Ip)</b>	<b>Coefficiente di attività (Ca)</b>
<b>%</b>	20	13	7	0.66

La determinazione dei limiti di Attenberg (limiti che indicano il valore limite del contenuto di acqua per il quale si registra una transizione dello stato fisico del terreno), ha rilevato un indice di plasticità (7%) corrispondente a un limite liquido del 20%. Questo risultato esce dalla gamma di valori raccomandati e mostra che si tratta di una terra poco plastica. Il coefficiente di attività mostra la presenza di argilla inattiva.

**Prova Proctor**

Per stimare il tenore in acqua ottimale corrispondente a una densità secca ottimale, parametro essenziale per l'ottenimento di un blocco di buona compattezza, il campione individuato, setacciato a 10 mm è stato oggetto della prova Proctor statica. Risultati:

<b>Densità secca massima</b>	1907 kg/m <sup>3</sup>
<b>Tenore in acqua ottimale</b>	10%

Interpretazione:

Il campione di materiale testato presenta caratteristiche di riferimento accettabili

**Prova al blu di metilene**

La prova al blu di metilene è stata eseguita su 30g della frazione 0/80 m. (Tale strumento fornisce una valutazione semi-quantitativa dell'attività del geomateriale e della sua interazione con l'acqua)

Risultati

Il valore totale VB (tot)=1.16

Interpretazione

Il valore di blu totale (1.16) è inferiore a 2, ciò significa che la parte fine di questo suolo è inattiva (questo conferma i risultati ottenuti dal coefficiente di attività 0.66)

**Analisi chimica**

Risultati

Sostanza	Cloruri (Cl)	Solfati (So3)	Materie organiche
Quantità %	0.04	0.12	0.1

Interpretazione

Il tasso di cloruri, solfati e materie organiche ottenuti sono inferiori all'1%.

**Campioni di terra prelevati a Abidat - Prove di laboratorio sulla terra****Analisi granulometrica**

L'analisi granulometrica è stata effettuata per via secca e completata con l'analisi di sedimentazione, per gli elementi di diametro inferiore a 80 µm.

<b>Componente</b>	<b>Fine</b>	<b>Argilla</b>	<b>Limo</b>	<b>Sabbia</b>	<b>Ghiaia</b>
<b>%</b>	54	7	46	37	10

**Interpretazione**

La curva granulometrica del campione di terra analizzato esce leggermente dal fuso limite corrispondente alla tecnica dei blocchi di terra compressa, per la parte di sabbia media.

**Limiti di Attenberg**

Questi limiti sono stati realizzati sulla frazione 0/400 µm di materiale.

**Risultati**

<b>Valori</b>	<b>Limite liquido (Wl)</b>	<b>Limite plastico (Wp)</b>	<b>Indice di plasticità (Ip)</b>	<b>Coefficiente di attività (Ca)</b>
<b>%</b>	24	17	7	

**Interpretazione**

La determinazione dei Limiti di Attenberg ha rilevato un indice di plasticità (7%) corrispondente a un limite liquido del 24%. Questo risultato esce dalla gamma di valori raccomandati e mostra che si tratta di una terra poco plastica.

**Prova Proctor****Risultati:**

<b>Densità secca massima</b>	2030 kg/m <sup>3</sup>
<b>Tenore in acqua ottimale</b>	10%

**Interpretazione**

Il campione di materiale testato presenta caratteristiche di riferimento accettabili

**Prova al blu di metilene**

La prova al blu di metilene è stata eseguita su 30g della frazione 0/80 m. Il valore totale VB (tot)=0.7

Interpretazione Il valore di blu totale (0.7) è inferiore a 2, ciò significa che la parte fine di questo suolo è inattiva

**Analisi chimica**

Risultati

Sostanza	Cloruri (Cl)	Solfati (So3)	Materie organiche
Quantità %	0.7	0.3	0.8

Interpretazione:

Il tasso di cloruri, solfati e materie organiche ottenuti sono inferiori all'1 %.

**Sintesi dei dati**

Campione	Granulometria				Plasticità			Blu
	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Wl	Wp	Ip	VB
<b>Ahbaben</b>	2	48	41	9	20	13	7	1.16
<b>Abidat</b>	10	37	46	7	24	17	7	0.7

## Bibliografia

AA.VV., *Alternative eco-tecnologiche per l'habitat nei Paesi in via di sviluppo*, documento del gruppo di lavoro E. Alberton, CLUT 1995

AA.VV., *Apprivoiser l'eau pluviale. Une demarche de projet urbain pour une ville durable*, convegno di Bobigny 2003 ES13

AA.VV., *Construction en matériaux locaux a Figuig. Etude du processus et procédé de construction*, Institut-terre, Marrakech, 2001 A10

AA.VV., *Il legno: un materiale strutturale dal passato al futuro*, workshop RILEM, Trento 1994

AA.VV., *Manuale del legno strutturale*, a cura di L.Uzielli, Mancosu 2006

AA.VV., *Riqualificazione del patrimonio culturale dell'oasi di Figuig*, Progetto di sviluppo nr.8665/MA70/MAR, aprile 2006 Milano

Abbou A., Cafarelli M., "Réflexion sur l'architecture en terre de Figuig et les enjeux de sa conservation", in *Mediterra 2009. Prima conferenza mediterranea sull'architettura in terra cruda*, Edicom, 2009 b14

Addarkaoui A., *Essai de revalorisation des Qsours de Figuig*, tesi di laurea, 2000 a8

Alvino C., Canevaro E., Contini P., Zanini M., *Tecnologie appropriate per l'edilizia abitativa. Caratterizzazione fisico-meccanica di materiali ibridati a basso contenuto energetico: la terra e la risulta di cantiere*, ESITI n.14, Politecnico di Torino 1995

Bairati C., *Il rustico della costruzione. Elementi costruttivi*, Minerva Tecnica 1961

Balderrama A., Albertini C., "L'architettura di terra nell'ambito delle attività dell'ICCROM", relazione, Roma 2003 b35

Begdouri & Omrane, *Etude architecturale des Qsours de l'oasis de Figuig*, realizzato per il Ministero marocchino dell'urbanistica, Rabat 2002-4 a3d 3/3

Benmessaoud S., *Prospection pour l'introduction de la construction en matériaux locaux dans le secteur du logement a Tamanrasset*, diploma di specializzazione, Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble, 2006 b28

Bertagnin M., *Costruzioni in terra cruda. Manualistica ed esperienze didattiche*, ESITI n.7, Politecnico di Torino 1995

Bertagnin M., *Architetture di terra in Italia. Tipologie, tecnologie e culture costruttive*, Edicom 1999

Biondi B., (a cura di), *Architectural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions*, ETS 2005

- Boilève M., Witt P., *Figuiq. La ville oasis de l'Oriental marocain*, Chems 2008
- Bollini G. (a cura di), *La ricerca universitaria sull'architettura di terra*, Edicom 2002
- Cafarelli M., "Figuiq, un'oasi sospesa tra la dinamicità del Mediterraneo e l'immobilità del deserto", intervento alla Festa della Terra 2004 [a7.a](#)
- Canavesio G. (a cura di), *Mostra di tecnologie ibridate. Proposte dalla Scuola di specializzazione in Tecnologia, architettura e città nei Paesi in via di sviluppo*, Politecnico di Torino 1996
- Casetta M.C., *Tecnologie ibridate per l'habitat a basso costo. Verifica di durabilità e progettazione di strutture in legno lamellare economico*, tesi di laurea, Politecnico di Torino 1996
- Ceragioli C., Maritano Comoglio N., De Filippi F., "Uscire dal tunnel: tecnologie intermedie o avanzate e l'ibridazione tecnologica per l'habitat nei Paesi in via di sviluppo", in A. Missori (a cura di), *Tecnologia, progetto, manutenzione. Scritti sulla produzione edilizia in ricordo di Giovanni Ferracuti*, Franco Angeli 2004
- Comoglio Maritano N. (a cura di), *Sperimentando l'autocostruzione*, CELID 1992
- Comoglio Maritano N., "Low-cost Laminated Wood", intervento al convegno *Construction in Developing Economies: New Issues and Challenges*, Santiago del Cile 2006
- De Filippi F., *Le tesi di 74 specialisti 1989-1999*, Politecnico di Torino 1999
- De Filippi F. (a cura di), *L'ambiente costruito nella cultura islamica. Il progetto di conservazione, riqualificazione, innovazione tecnologica*, Politecnico di Torino 2005
- Del Rosso G., Bertagnin M., *Il pisé e la regola. Manualistica settecentesca per l'architettura in terra*, EdilStampa 1992
- Fadli A., Hilali T., *Figuiq a travers ses maisons*, tesi di laurea, 1991 [a11](#)
- Farioli E., *Il recupero di un edificio in terra cruda a Figuiq (Marocco)*, tesi di laurea, Politecnico di Milano 2009
- Fathy H., *Architecture for the Poor. An Experiment in Rural Egypt*, University of Chicago 1973
- Fathy H., *Natural Energy and Vernacular Architecture. Principles and Examples with Reference to Hot and Dry Climate*, University of Chicago 1986
- Fontaine L., Anger R., *Batir en terre*, Belin 2010
- Fumagalli C., Menescardi A., "Intervento sulla città-oasi di Figuiq" in *Città visibili. Parigi, Porto, Figuiq, Piacenza, Spalato, Berlino, Cambridge*, seminario 2009-10 di Analisi della Morfologia Urbana, Politecnico di Milano. [a34](#)
- Fusaro F., *La città islamica*, Laterza, 1984
- Ghibaud E., *Restauro sostenibile e promozione delle costruzioni tradizionali in terra. La Maison*



- Kouddane nell'oasi di Figuig (Marocco)*, tesi di laurea, Politecnico di Torino 2010
- Gilibert A., Mattone R. (a cura di), *Terra: incipit vita nova. L'architettura di terra cruda dalle origini al presente*, atti del seminario, Politecnico di Torino 1998
- Giordano G., *La moderna tecnica delle costruzioni in legno*, Hoepli 1947
- Giordano G., *Il legno lamellare economico*, CLUT 1994
- Grosso M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli 1997
- Grosso M., Peretti G., *Flussi d'aria e ventilazione naturale negli edifici*, UNCSAAL 1990
- Keefe L., *Earth Building. Methods and Materials, Repair and Conservation*, Taylor & Francis 2005
- Laureano P., *La piramide rovesciata. Il modello dell'oasi per il pianeta Terra*, Bollati Boringhieri 1995
- Laureano P., *Atlante d'acqua. Conoscenze tradizionali per la lotta alla desertificazione*, Bollati Boringhieri 2001
- Lemarquis A., *Etudes sur les sols interieurs en terre crue*, diploma di specializzazione, Ecole nationale superieure d'architecture de Grenoble, 2008 b46
- Mahfoudi J., *Etudes des architectures régionales de l'Oriental. Analyse et recommandations*, 1998 a5
- Margherini L., Totaro A., *Terra d'Africa*, tesi di laurea, Politecnico di Milano 2011
- Mascarucci R., *Municipalité de Figuig. Résumé des normes de sauvegarde*, rapporto di fine missione dell'Università di Pescara 2010 a36
- Mathissen H. et al., *Importance des modes de construction en terre dans le travail de développement*, relazione b36
- Memeo F., *Tecnologie avanzate ed edilizia a basso costo*, ESITI n.10, Politecnico di Torino 1995
- Minervini C., *Sistemi di evacuazione e smaltimento di rifiuti organici nei Paesi in via di sviluppo*, ESITI n.15, Politecnico di Torino 1997
- Minke G., *Earth Construction Handbook. The Building Material Earth in Modern Architecture*, Wit press, 2000
- Moretti G., *Abitare il deserto. La casa de la mujer a Rabouni (Algeria) per l'unione delle donne Sarahawi*, Centro città del terzo mondo, Politecnico di Torino 2008 b63
- Natterer J., Herzog T., Volz M., *Atlante del legno*, Utet 1999

Nutsch W., *Manuale tecnico del legno: guida pratica per l'edilizia e gli interni: progettazione e costruzione, materiale e tecniche di lavorazione* (edizione italiana a cura di G. E. Buzzelli), Sistemi Editoriali 2006

Oberti G., Goffi L., *Tecnica delle costruzioni*, Levrotto & Bella 1999

Olgay V., *Progettare con il clima*, Franco Muzzio 1981

Pollicino M.A., *Ipotesi tecnologiche per interventi di edilizia per tutti*, ESITI n.4, Politecnico di Torino 1994

Puigserver Cuerda D., *Modélisation mathématique de débit et de transport du système aquifère de l'Oasis de Figuig en tant qu'outils de gestion des ressources hydriques*, tesi di dottorato, Università di Barcellona, 2004

Reyner A., "Morocco's International Boundaries. A Factual Background", *The Journal of Modern African Studies*, 1, 1963

Ruffino M., *Il legno lamellare incollato. Guida alla progettazione*, CLUT 1982

Saadi A., *Requalification et mise a niveau de la ville de Figuig*, studio urbanistico 2009 A9.a

Sanna M., *Progetto di recupero di una casa a corte nello ksar Zenaga a Figuig, Marocco*, tesi di laurea, Università di Cagliari, 2009 A33

Trivero A., *Analisi su tecnologie a bassissimo costo. Elementi costruttivi in legno lamellare residuale. Processi tecnologici di realizzazione e verifica strutturale*, tesi di laurea, Politecnico di Torino 1995

Scudo G., Narici B., Talamo C., *Costruire con la terra. Tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni*, Sistemi Editoriali 2001 b9

Zaid O., *Figuig. L'aménagement traditional et les mutations de l'espace oasien*, tesi di laurea, 1984 qwerty

Ziegert C., "Terre et confort interieur. L'equilibre", intervento alle *Premières assises nationales de la construction en terre*, Grenoble 2005 b38

Gli utensili utilizzati per il lavoro

