

Manuale per il recupero del patriMonio architettonico di pietra

tra Verbano C usio O ssola e C anton t icino



Unione Europea
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le opportunità non hanno confini.



Quadro della ricerca

programma operativo di cooperazione transfrontaliera

italia-svizzera 2007-2013

Misura 3.1.

Progetto "Valorizzazione dell'architettura tradizionale, tutela del paesaggio antropizzato e del costruito", ID progetto 27462783.

Capofila e partners del progetto

parte italiana

CAPOFILA

Provincia del Verbano Cusio Ossola, rappresentata da Luigi FORMOSO.

Partner Ass OCIAI I:

- Comune di Santa Maria Maggiore
- Comune di Beura Cardezza
- G.A.L. Laghi e Monti del Verbano Cusio Ossola s.c.r.l.
- Centro servizi Lapideo del Verbano Cusio Ossola (C.s.L.) s.c.p.a.
- Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria strutturale, edile e Geotecnica (D.I.s.e.G.)

parte svizzera

CAPOFILA

ente regionale di sviluppo Locarnese e Valle Maggia (ers.-L.V.M.)

Partner Ass OCIAI O:

Gruppo di Lavoro dell'Artigianato del ticino (G.L.A.t.i)

gruppo di lavoro e ricerca

parte italiana

provincia del Vco

CC Claudio COTTINI
LF Luigi FORMOSO
SA simona ALBERTELLA
SB sara BELTRAMI
MB Mario BRIGNONE
SG sergio GASPAROTTI
GI Gianluca IERVASI
CM Clelia MORANDI
VV Valentina VERNACI

comune di Santa Maria Maggiore

CC Claudio COTTINI
AS Antonella SALINA

comune di Beura Cardezza

DCa Davide CARIGI
DCe Dario CERIZZA
AR Angelo ROSSI

g.a.l. laghi e monti

MBr Mauro BRUSCAGIN
FS Ferruccio SBAFFI

centro servizi lapideo del Vco

MC Marco CERUTTI
EG e lisa GENNA
MM Massimo MARIAN
FP Federico PROTTI
AVR Anna Vittoria ROSSANO
MT Marzio TRONCONE
AP Arianna PELLA
BeZ Barbara e ster ZANI

politecnico di torino

AL Andrea Maria LINGUA
RN r iccardo NELVA
PP Paolo PIUMATTI
PS Gian Paolo SCARZELLA
MZ Marco ZERBINATTI

ASSEGNI DI RICERCA / BORSE DI STUDIO

EA e rika ALIOTTA
IB Isabella BIANCO
SF s ara FASANA
AG Alessandro GRAZZINI
PR Pablo Angel RUFFINO

parte svizzera

ente regionale di sviluppo

locarnese e Valle Maggia

(ers-IVM)

GBi Gabriele BIANCHI

gruppo di lavoro artigianato

ticino - g.l.a.t.i

MB Marcel BISI
CG Claudio GIANETTONI

contributi di professionisti, di

consulenti o di persone

appartenenti ad altri enti

EB e lena BONARDI
GB Gianni BRETTO
s dP s ara DALLA POZZA
SFr s tefan FRÜH
DG Daniele GUBETTA
SM s imone MALANDRA
CP Cristina PAGLINO
MP Marco PORINI
RR roberto R IPAMONTI
As Andrea S COTTON

Manuale per il recupero del patrimonio architettonico di pietra tra Verbano cusio ossola e canton ticino

(a cura di Marco ZERBINATTI)

coordinamento della ricerca

Marco ZERBINATTI

Metodi e strumenti per il rilievo di insediamenti tradizionali e del loro ambiente

Isabella BIANCO

sara FASANA

e lisa GENNA

Andrea Maria LINGUA

riccardo NELVA

Paolo PIUMATTI

Pablo Angel RUFFINO

Marco ZERBINATTI

scelte per il recupero

riccardo NELVA

Gian Paolo SCARZELLA

Marco ZERBINATTI

caratteri costruttivi e tecniche per interventi di conservazione e recupero

Alessandro GRAZZINI

sara FASANA

riccardo NELVA

Gian Paolo SCARZELLA

Marco ZERBINATTI

analisi della normativa vigente, proposte per la normativa di pianificazione e igienico edilizia

sara FASANA

elisa GENNA

roberto R IPAMONTI

Marco ZERBINATTI

casi studio

Gianni BRETTO

simone MALANDRA

Marco ZERBINATTI (revisione e coordinamento)

immagini e disegni

Tutte le fotografie relative a luoghi e manufatti sono degli Autori tranne:

- le figure delle schede di prima valutazione (pagine 133-138),

- le figure delle schede di intervento (pagine 140-148),

- le figure 2.2-75 e 5.2-3

I disegni e gli elaborati grafici eseguiti a mano (tranne dove espressamente indicato) sono di:

sara FASANA

riccardo NELVA

Paolo PIUMATTI

Pablo Angel RUFFINO

Marco ZERBINATTI

I disegni e gli elaborati grafici eseguiti con sistemi CAD (tranne dove espressamente indicato) sono di:

erika ALIOTTA

Isabella BIANCO

Gianni BRETTO

Andrea Maria LINGUA

simone MALANDRA

Paolo PIUMATTI

Pablo Angel RUFFINO

ringraziamenti

I componenti il gruppo di ricerca ringraziano per la fattiva collaborazione, per le informazioni, i materiali, gli strumenti, i contatti e ogni elemento utile fornito per migliorare gli esiti del lavoro:

- il Comune di Craveggia, in particolare il sindaco Paolo

GIOVANOLA

- il Comune di Montecrestese, in particolare i tecnici dell'Ut

Maurizio ROMEGGIO e elena ZARETTI

- il Comune di s. Maria Maggiore, in particolare il sindaco Claudio COTTINI

- l'Assograniti del VCO

- l'Assocave del VCO

- l'Associazione Canova

- la Fondazione Valle Bavona

- la società svizzera Impresa Costruttori sezione ticino (ssIC) di

Gordola e, in particolare, Luca

MASPOLI e Giorgio PETRINI

- la scuola edile del VCO e, in particolare, Marco PORINI

- Fabrizio BREGANNI

- stefan FRÜH, per il Parco nazionale del Locarnese

- Hans Peter KISTLER

- Andrea SCOTTON

- Giovanni SIMONIS

- Daniela TESTORI

- Paolo VOLORIO

- il personale tecnico amministrativo del DISeG del Politecnico di torino e, in particolare:

Marco C. ALESSIO, enrica BARZOTTO,

teresa Di BENEDETTO, Alberto

GIACARDI, Pierluigi GUARRERA, Paolo

Felice MASCHIO (DIAtI), Cinzia

MICHI, Fernanda PIZZOCCARO, rosan-

gela SOFIA, nicolina PANARELLO,

Piero PROVENZANO, nicoledda VENISTI,

Federica VOGLI.

edito dalla  **PROVINCIA**
VERBANO CUSIO OSSOLA

Stampa: Tipografia Bolongaro, Baveno
novembre 2014

IsBn 978-88-901652-0-7

*Tutti i diritti sono riservati:
nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo (compresi fotocopie e microfilms) senza il permesso scritto dell'editore e degli autori*

InDICE

1 - introduzione	1-1
1.1 - OGGETTO, IMPOSTAZIONE E SCOPI DELL'OPERA <i>Marco Zerbinatti</i>	1-3
1.2 - IL CONTESTO CULTURALE <i>Andrea Scotton</i>	1-7
1.3 - LO STATO DELL'ARTE <i>Marco Zerbinatti</i>	1-23
2 - Metodi e strumenti per il rilievo di insediamenti tradizionali e del loro ambiente	2-1
2.1 - RICHIAMO A STRUMENTI FINALIZZATI DI INDAGINE STORICO CRITICA <i>Marco Zerbinatti</i>	2-3
2.1.1 - Attività conoscitiva di base	2-3
2.1.2 - Rilievo filologico architettonico	2-5
2.1.3 - Rilievo di borghi montani e di paesaggi rurali	2-5
2.2 - RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE DI SISTEMI TERRAZZATI E DEL LORO STATO DI CONSERVAZIONE <i>Paolo Piumatti</i>	2-7
2.2.1 - Indicazioni metodologiche per il rilievo e la rappresentazione dei sistemi strutturati di uso del suolo	2-9
2.2.1.1 - Localizzazione degli insediamenti e organizzazione del territorio legato all'alpicoltura	2-9
2.2.1.2 - Caso studio: schematizzazione dell'organizzazione territoriale e dei caratteri funzionali-costruttivi degli alpeggi nel comune di Craveggia in Val Vigezzo <i>Edifici d'alpeggio senza abitazione, Edifici d'alpeggio con abitazione, Alpeggi comunitari</i>	2-9
2.2.1.3 - Carte di uso e copertura del suolo <i>Carte della copertura attuale del suolo, Carte degli usi storici del suolo</i>	2-11
2.2.2 - Indicazioni metodologiche per il rilievo di sistemi terrazzati e del loro stato di conservazione	2-27
2.2.2.1 - Inquadramento generale: definizioni, finalità, quadro normativo di pianificazione <i>Terrazzamenti artificiali - sistemi terrazzati, paesaggi terrazzati: alcune definizioni, Finalità - Inventario dei terrazzamenti nel quadro delle norme per la pianificazione in Svizzera e Piemonte</i>	2-27

2.2.2.2 - <i>Rappresentazione cartografica e classificazione dei paesaggi terrazzati</i>	2-30
<i>Individuazione cartografica dei paesaggi terrazzati - Sistemi di classificazione dei paesaggi terrazzati in Svizzera - Sistemi di classificazione dei paesaggi terrazzati in Italia - Mappatura e classificazione dei paesaggi terrazzati nelle valli ossolane</i>	
2.2.2.3 - <i>Classificazione e rilievo degli elementi costruttivi dei sistemi terrazzati</i>	2-34
<i>Fondazioni - Muro di contenimento in pietra a secco - Drenaggio - Piano - Collegamenti e percorsi di distribuzione</i>	
2.2.2.4 - <i>Problematiche di rilievo e rappresentazione cartografica della copertura del suolo terrazzato</i>	2-42
<i>Rappresentazione cartografica della copertura dei suoli terrazzati - Problematiche di applicazione di metodologie di telerilevamento e fotointerpretazione ai terrazzamenti in stato di abbandono</i>	
2.2.2.5 - <i>Il rilievo dello stato di conservazione dei terrazzamenti</i>	2-44
2.2.2.6 - <i>Schede di censimento dei sistemi terrazzati</i>	2-48
2.2.2.7 - <i>Caso studio: i terrazzamenti di Naviledo nel territorio di Montecrestese</i>	2-49
2.2.3 - <i>Indicazioni metodologiche per il rilievo delle vie di comunicazione storiche tradizionali</i>	2-53
2.2.3.1 - <i>Inquadramento generale: definizioni, finalità, quadro normativo di pianificazione</i>	2-54
<i>Vie di comunicazione storiche, itinerari e percorsi storici, patrimonio escursionistico: alcune definizioni - Finalità - Censimento della viabilità storica e pianificazione paesaggistica</i>	
2.2.3.2 - <i>Classificazione funzionale e rappresentazione cartografica delle vie di comunicazione storiche</i>	2-58
<i>Classificazione funzionale degli itinerari storici, Categorie di percorsi e loro rappresentazione nella cartografia storica</i>	
2.2.3.3 - <i>Indagini documentarie per il rilievo e la valutazione della consistenza storica.</i>	2-63
<i>I grandi itinerari storici di comunicazione transfrontaliera del Verbano-Cusio-Ossola e del Canton Ticino</i>	
2.2.3.4 - <i>Rilievo del tracciato, del contesto e dello stato di conservazione dei percorsi storici</i>	2-68
2.2.3.5 - <i>Rilievo degli elementi costruttivi dei percorsi storici</i>	2-70
2.3 - <i>IL rILieVO e LA rAPPresentAZIOne DeI tessUtI eDIFICAtI</i>	2-77
<i>Isabella Bianco, Pablo Angel Ruffino, Marco Zerbinatti</i>	
2.3.1 - <i>Metodi e strumenti operativi</i>	2-79
2.3.1.1 - <i>Documentazione preliminare</i>	2-79
2.3.1.2 - <i>Indagine preliminare</i>	2-79
2.3.1.3 - <i>Individuazione della simbologia di rappresentazione</i>	2-79

2.3.1.4 - <i>Simbologia degli elementi di contesto</i>	2-80
<i>Convenzioni e simboli, Vie di comunicazione - Opere di terrazzamento e confinamento - Costruzioni di servizio, Elementi naturali e coltivazioni</i>	
2.3.1.5 - <i>Simbologia degli elementi edilizi</i>	2-88
<i>Coperture - Timpanti aperti - Aperture - Balconi e lobbie - Camini e comignoli - Scale esterne - Stato di conservazione degli edifici - Indicazioni destinazioni d'uso e numero di piani</i>	
2.3.1.6 - <i>Rilievo diretto</i>	2-102
2.3.1.7 - <i>Fase di restituzione e di analisi critica</i>	2-102
2.4 - IL RILIEVO METRICO DEI TESSUTI EDIFICATI	2-111
<i>Isabella Bianco, Andrea Maria Lingua, Paolo Piumatti</i>	
2.4.1 - <i>Nozioni circa il rilevamento metrico</i>	2-111
2.4.1.1 - <i>Le caratteristiche della misura</i>	2-111
2.4.1.2 - <i>Precisione e tolleranza di un rilievo</i>	2-112
2.4.1.3 - <i>Il livello di dettaglio</i>	2-112
2.4.2.4 - <i>Il tipo di contenuto</i>	2-114
2.4.1.5 - <i>Sistema di riferimento</i>	2-114
<i>La direttiva europea INSPIRE, Sistemi di coordinate locali</i>	
2.4.2 - <i>Strumenti di misura tridimensionale</i>	2-117
2.4.2.1 - <i>Classificazione dei sensori 3D</i>	2-118
2.4.2.2 - <i>I laser scanner</i>	2-119
<i>I laser scanner triangolatori, I laser scanner distanziometrici, Classificazione e caratteristiche dei laser scanner terrestri</i>	
2.4.2.3 - <i>L'utilizzo dei dati acquisiti mediante laser scanner terrestre</i>	2-123
2.4.2.3 - <i>Fotogrammetria e imaging</i>	2-124
<i>L'elaborazione fotogrammetrica di dati raccolti con fotocamere digitali</i>	
2.4.3 - <i>Applicazioni di tecniche di misura tridimensionale al rilievo di edifici di pietra a secco</i>	2-128
2.4.3.1 - <i>Rilievo LIDAR e image-base di murature irregolari. Caso studio: pareti interne a Veglio (Montecrestese)</i>	2-128
2.4.3.2 - <i>Rilievo mediante metodi fotogrammetrici low-cost. Caso studio: alpeggi nel comune di Craveggia (Val Vigezzo)</i>	2-130
2.4.3.3 - <i>Generazione di sezioni bidimensionali e restituzione critica a partire da dati 3D</i>	2-131
2.5- PROPOSTA DI SCHEDE ATURA PER MANUFATTI DEL PATRIMONIO EDILIZIO DIFFUSO	2-135
<i>Sara Fasana, Marco Zerbinatti</i>	
2.5.1 - <i>Le schede di prima valutazione: struttura e contenuti</i>	2-135
2.5.1.1 - <i>Le schede di prima valutazione: esempi</i>	2-137

2.5.2 - Le schede di intervento	2-143
2.5.3 - Le schede di intervento: esempi	2-144
2.5.3.1 - <i>Recupero di edificio di civile abitazione nel centro storico di Craveggia</i>	2-144
2.5.3.2 - <i>Recupero di edificio a destinazione turistico ricettiva</i>	2-146
2.5.3.3 - <i>Recupero di un lavatoio in disuso con la copertura parzialmente compromessa</i>	2-148
2.5.3.4 - <i>Intervento di risanamento della muratura su edificio di culto a Prestinone</i>	2-150
3 - Scelte progettuali per interventi di conservazione e per il recupero vivificante	3-1
3.1 - IntrODUZIOne <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	3-3
3.2 - IL reCUPerO FUNZIONALe DIstrIBUtIVO <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	3-7
3.3 - AsPetti FISICO-teCnICI <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	3-11
3.4 - CAtEGOrIe PrInCIPALI DI InterVent O <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	3-13
4 - C aratteri costruttiVi e tecniche per interventi di conservazione e recupero	4-1
4.1 - I MAterIALI LAPIDeI <i>Massimo Marian</i>	4-3
4.2 - IL COMPOrtAMent O stAtICO DeGLI eDIFICI In PIetrA , LA “strUtUrA sCAt OLAre ”, Le FONDAZIONi . IL MIGLIOrAMent O stAtICO strUtUrALe <i>Alessandro Grazzini</i>	4-19
4.2.1 - Introduzione	4-19
4.2.2 - Statica degli edifici murari	4-20
4.2.3 - Meccanismi di danno	4-29
4.2.4 - Principi di miglioramento sismico	4-34
4.3 - MUrAtUre DI PIetrA <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	4-37

4.3.1 - Caratteri costruttivi e classificazione delle murature	4-37
4.3.2 - Tecniche di intervento	4-43
4.3.2.1 - Controventamenti per migliorare l'effetto scatolare degli edifici	4-43
4.3.2.2 - Prove esplorative di valutazione della resistenza delle murature in corrispondenza dei capochiave dei tiranti	4-44
4.3.2.3 - Modiglioni di pietra e lastre per balconi. Prime prove statiche	4-49
4.3.2.3 - Cordoli di muratura armata in sommità delle pareti	4-52
4.3.2.4 - Interventi per irrigidire i solai rinforzandoli con doppio tavolato incrociato	4-53
4.3.2.5 - Interventi per irrigidire i solai con bandelle metalliche (o FRP)	4-54
4.3.2.6 - Interventi di rinforzo di solaio con tavolato collaborante	4-55
4.3.2.7 - Interventi di rinforzo di solaio con soletta collaborante	4-55
4.4 - BALCONI	4-57
<i>Riccardo Nelva</i>	
4.4.1 Criteri di dimensionamento di massima di lastre e mensole di balconi di pietra	4-57
4.4.1.1 - Dimensioni del balcone e degli elementi costituenti	4-58
4.4.1.2 - Verifica di massima a flessione della lastra	4-58
4.4.1.3 - Verifica di massima a flessione della mensola incastrata	4-59
4.4.1.4 - Verifica all'incastro nella muratura in pietra	4-59
4.5 - t e t t O C O n M A n t O "DI PIODE"	4-61
<i>Sara Fasana, Paolo Scarzella</i>	
4.5.1 - La struttura portante	4-62
4.5.2 - Varietà nei modi di disporre le capriate "di testata"	4-64
4.5.3 - Richiami di materiali e tecniche tradizionali per il taglio delle lastre da tetto	4-68
4.5.4 - Il manto tradizionale in lastre di pietra di elevato spessore	4-70
4.5.5 - Caratteristiche e comportamento di manti tradizionali: accorgimenti per la lavorazione e la disposizione in opera delle lastre	4-72
4.5.5.1 - Prevenzione delle infiltrazioni	4-72
4.5.5.2 - Stabilità del manto	4-74
4.5.6 - Valutazione della stabilità dei manti: proposta di un metodo	4-74
4.5.6.1 - Effetti della sovrapposizione e determinazione della forza agente sulla singola lastra	4-75
4.5.6.2 - Caratterizzazione delle superfici di sovrapposizione. Proposta di un metodo empirico per la valutazione della rugosità delle lastre	4-77
<i>Valutazione del JRC - Valutazione del JCS - Valutazione dell'angolo d'attrito di base f_b</i>	

4.5.7 - Scelta di materiali attualmente disponibili	4-79
4.5.8 - Linee risolutive per interventi di recupero e conservazione di tetti con manto di piode	4-80
4.6 - VOLte <i>Marco Zerbinatti</i>	4-83
4.7 - SOLAI <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	4-91
4.8 - Interventi Per MIGLIOrAr e Le PrestAZ IONi ene rG et ICHe e rIDUrr e IDIsPer DIMen t I t erM ICI <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	4-99
4.8.1 - Introduzione	4-99
4.8.2 - Soluzioni praticabili per l'isolamento	4-101
4.8.2.1 - <i>Stratigrafia con pannelli "minerali"</i>	4-101
4.8.2.2 - <i>Impiego di pannelli di isolamento ad altissime prestazioni, quali l'aerogel o materiali multistrati riflettenti.</i>	4-102
4.8.2.3 - <i>Applicazione di intonaco termico all'interno</i>	4-103
4.8.3 - Valutazione della quantità di vapore d'acqua condensata e verifica della sua rievaporazione in un ciclo stagionale	4-104
4.8.3.1 - <i>Ipotesi di calcolo</i>	4-104
4.8.3.2 - <i>Valutazione del fattore di resistenza alla diffusione al vapore μ</i>	4-105
4.8.3.3 - <i>Calcolo delle temperature, pressioni parziali del vapore e pressioni di saturazione negli strati, valutazioni del vapore condensato e rievaporato</i>	4-106
4.9 - Le sUPERFICI esterne : MALte , Int OnACI A VIstA , sUPERFICI tInteGGIate , DeCOrAZIONi Pltt OrICHe O A GrAFFIt O <i>Marco Zerbinatti</i>	4-117
4.9.1 - Introduzione	4-117
4.9.2 - Fenomeni di degrado "endemici"	4-119
4.9.2.1 - <i>Degrado indotto da risalita capillare</i>	4-120
4.9.2.2 - <i>Degrado indotto da dilavamento superficiale</i>	4-121
4.9.2.3 - <i>Forme di degrado riconducibili a errori di miscelazione o di applicazione</i>	4-122
4.9.2.4 - <i>Degrado indotto da colonizzazioni biologiche</i>	4-123
4.9.3 - Fenomeni di degrado provocati da interventi errati o inadatti	4-124
4.9.3.1 - <i>Scelta di materiali inadatti e conseguenti effetti "falsificanti"</i>	4-127
4.9.4 - Criteri di intervento e soluzioni tecniche compatibili	4-127

4.9.4.1 - Malte a base di calce	4-129
4.9.4.2 - Principi di base per la miscelazione di aggregati per malte a base di calce	4-129
4.9.4.3 - Caratteristiche principali di malte macroporose impiegate nel recupero	4-131
4.9.4.4 - Prodotti e sistemi per la tinteggiatura di superfici esterne	4-132
5 - indirizzi normativi per la pianificazione e la regolazione degli interventi di recupero	5-1
5.1 - IntrODUZIOn e <i>Marco Zerbinatti</i>	5-3
5.2 - OGgett O DeLLe nOrMe e DeGLI InDirIZZI <i>Roberto Ripamonti</i>	5-6
5.2.1 - Oggetto delle norme e degli indirizzi	5-6
5.2.2 - Carattere delle norme e degli indirizzi in funzione del progetto	5-6
5.2.3 - Principi generali	5-7
5.3 - CLAssIFICAZIOnE DeLLe COMPOnentI st OrICHe DeLL 'IDentItÀ terrIt OrIALe <i>Roberto Ripamonti</i>	5-8
5.4 - DeFInIZIOnE DeGLI InterVentI sUL PAtrIMOnIO eDILIZIO CLAssIFICAt O <i>Roberto Ripamonti</i>	5-10
5.5 - GestIOnE e APPLICAZIOnE DI nOrMe e InDirIZZI <i>Roberto Ripamonti</i>	5-11
5.6 - CentrI st OrICi e nUCLeI UrBAnI DI AntICA FOrMAZIOn e <i>Roberto Ripamonti</i>	5-12
5.7 - e DIFICI IsOLAtI e nUCLeI AntICHI MInOrI DI OrIGIne rUrALe <i>Roberto Ripamonti</i>	5-15
5.8 - e DIFICI DOtAtI DI PAntICOLArI CArAtterI ArCHItett OnICI, MOrFOLOGICI e COMPOStIVI DI Interesse st OrICO -CULIUrALe <i>Roberto Ripamonti</i>	5-17
5.9 - AMBIentI e sPAZI APertI COntenentI MAnUFAttI e InFrAstrUttUre COStItUentI "MeMOrIA st OrICA" <i>Roberto Ripamonti</i>	5-19
5.10 - MAnUFAttI e InFrAstrUttUre neL COntest O UrBAnO <i>Roberto Ripamonti</i>	5-21

6. i casi studio	6-1
6.1 - LA t Orre DeI LOssettI DI BeUrA CArDeZZA <i>Gianni Bretto</i>	6-3
6.1.1 - Il luogo	6-3
6.1.2 - Cenni storici	6-3
6.1.3 - Ipotesi funzionale	6-4
6.1.4 - Il manufatto: sintesi dell'analisi materiale	6-5
6.1.5 - Analisi del degrado e dei dissesti e delimitazione del caso di studio	6-5
6.1.6 - Il metodo di lavoro	6-6
6.1.7 - Il progetto di consolidamento: sette soluzioni a confronto	6-7
6.1.8 - Le matrici culturali	6-7
6.1.9 - Il progetto di recupero funzionale	6-8
6.2 - IL LAVAt OIO COMUnALe DI S AntA MArIA MAGGIOr e	
6.2.1 - Elementi connotanti l'intervento	6-11
6.2.1.1 - <i>Classificazione dell'intervento</i>	6-11
6.2.1.2 - <i>Elementi connotanti l'immagine dell'edificio</i>	6-11
6.2.1.3 - <i>Elementi peculiari del progetto</i>	6-12
6.2.1.4 - <i>Adattamenti in corso d'opera delle soluzioni progettate</i>	6-12
6.2.3 - Rifacimento parziale della copertura	6-13
6.2.4 - Risanamento dell'intonaco esterno	6-13
6.3 - IL LAVAt OIO COMUnALe DI BAnnIO Dett O "UL FUNTANÓN" <i>Gianni Bretto</i>	6-15
6.3.1 - "Il Funtanòn"	6-15
6.3.2 - La perizia di variante Ghisoli	6-16
6.3.2 - Degrado dei materiali e carenze statiche	6-20
6.3.3 - Interventi di manutenzione e restauro (progetto)	6-21
6.3.4 - Esecuzione	6-22
bibliografia generale	i

Capitolo 1

IntrODUZIOne

- | | |
|--|------|
| 1.1 - OGGettO , IMPOstAZIOne e sCOPI DeLL'OPerA
<i>Marco Zerbinatti</i> | 4-3 |
| 1.2 - IL COntestO CULiUrALe
<i>Andrea Scotton</i> | 4-7 |
| 1.3 - LO stAtO DeLL'Arte
<i>Isabella Bianco, Marco Zerbinatti</i> | 4-23 |



1.1 - OGGETTO , IMPOSTAZIONE e SCOPI DELL'OPERA

MARCO ZERBINATI

Una situazione critica - Il recupero dell'“edilizia storica” del patrimonio diffuso oggi costituisce una parte rilevante dell'attività edilizia, sia in Italia sia in Europa.

La crisi economica e il conseguente rallentamento dell'attività nel settore delle nuove costruzioni, la crescente consapevolezza di un dissesto idrogeologico del territorio, in parte legato a criteri di edificazione indiscriminati e in parte ai noti fenomeni di abbandono delle zone di montagna, una rinnovata attenzione verso più “sostenibili” modi di operare e di costruire, sono solo alcuni dei fattori che spingono a guardare con atteggiamento diverso e con crescente interesse verso il recupero del patrimonio edilizio esistente di valore storico, culturale, ambientale.

Questo interesse è in aumento anche grazie a un mutato approccio culturale: cresce la sensibilità verso la salvaguardia dell'ambiente, verso quanto è testimonianza del passato e affonda le radici in matrici condivise, o verso quanto contribuisce a instaurare un legame più profondo con le proprie origini e la propria identità comunitaria.

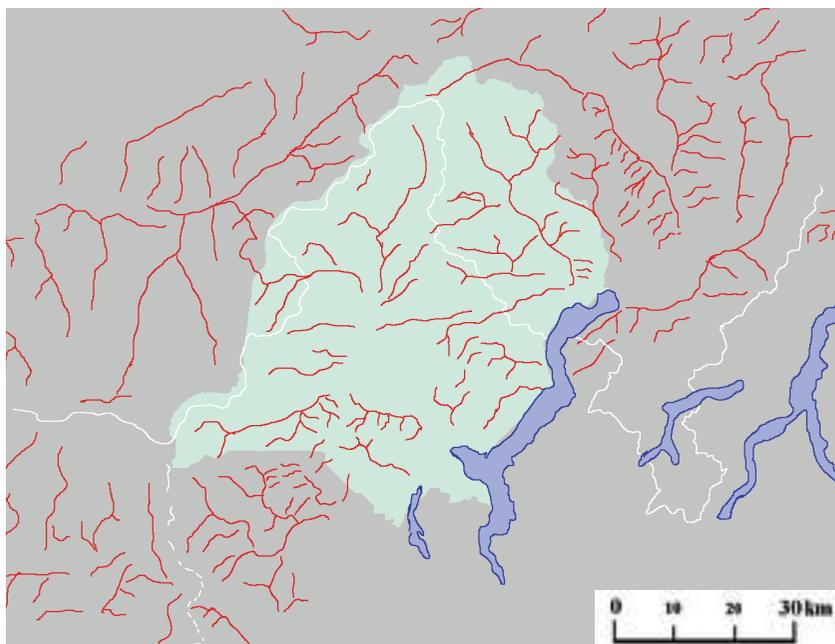
In relazione a questi e ad altri fattori, anche se le previsioni attuali a livello globale propendono per un sempre maggiore incremento della popolazione delle città, a livello locale è possibile prevedere un aumento del recupero di costruzioni esistenti e un conseguente ulteriore calo di nuove edificazioni.

Un auspicio condiviso tra i *partners* del progetto Interreg *Alpstone*¹ sull'architettura tradizionale tra VCO e Ticino costruita con la pietra è quello di

Fig. 1-1 - Mappa del territorio di confine tra Piemonte e Svizzera. La zona più chiara indica in modo approssimato le aree di diffusione dei sistemi di copertura con manti realizzati con lastre a medio e forte spessore.

Nota 1.1-1 - Interreg 2007-2013, Progetto “Valorizzazione dell'architettura tradizionale, tutela del paesaggio antropizzato e del costruito” (ID 27462783) - poi connotata con il titolo ALPstone .

Nota 1.1-2 - Oggi, nessuno prende in considerazione l'idea di rifare completamente la lastronatura o l'impiallacciatura del mobile ottocentesco di famiglia o del mobile Anni Trenta acquistato al “mercato” di piccolo antiquariato; tutti concordano nel volere mantenere la materia autentica, segnata e patinata dal tempo e dall'uso, perché valore intrinseco dell'oggetto stesso. Si tratta di un riconosciuto valore estetico o “di immagine”, che si traduce naturalmente anche in caratteri di autenticità. Viceversa, le stesse persone richiedono di rivestire con un intonaco *civile* ben riquadrato e stagiato la propria vecchia casa del borgo da sempre in muratura a vista. Oppure esse richiedono di rimuovere intonaci antichi e stratificati, memoria di vicende edificatorie anche importanti, per portare alla luce, con esiti di dubbio gusto, tessiture murarie o parti di membrature architettoniche originariamente destinate ad essere intonacate. O, ancora, fanno eseguire rabbocature e stilature di giunti in murature “a vista” con malte inadatte per prestazioni e resa estetica, alterando completamente l'immagine stratificata della costruzione.



1.1-1

assistere a un crescente interesse verso questo patrimonio diffuso; il suo valore storico, ambientale e di testimonianza tecnologica è unanimemente riconosciuto a livello internazionale e ha anche portato, in tempi relativamente recenti, all'ipotesi di una sua possibile candidatura quale patrimonio riconosciuto dalla UNESCO.

Tuttavia, anche in questo contesto di elevato pregio, troppo frequentemente è possibile riscontrare un inaccettabile divario di qualità tra interventi condotti anche nell'ambito di uno stesso tessuto edilizio urbano o rurale. Sugli edifici storici monumentali, direttamente sottoposti a tutela dalle leggi dello Stato e al vaglio degli organi di controllo, sono spesso realizzati interventi conservativi o di restauro di elevata qualità, o addirittura esemplari; al contempo, sugli edifici del patrimonio diffuso, molto spesso sono eseguiti interventi inadeguati e "insostenibili"² che provocano danni irreversibili al patrimonio in questione.

Nonostante la cultura architettonica abbia largamente assimilato e ufficialmente sancito (per lo meno in Italia)³ il principio della *indifferenziabilità* operativa e di tutela tra gli antichi edifici di diversa natura e rilevanza caratterizzanti uno stesso tessuto urbano e rurale, il ritardo nell'attuare tale principio e la numerosità degli interventi inadatti appaiono oggi quasi disarmanti.

Senza ripercorrere una volta ancora le ragioni di tale ritardo, con il lavoro sviluppato nella ricerca *Alpstone Interreg* si è cercato di fornire alcuni strumenti utili per aiutare gli amministratori, gli operatori di settore e i cittadini a raggiungere risultati qualitativamente più elevati nelle operazioni di recupero di questi edifici, per usi attuali individuati come compatibili, congeniali e vivificanti.

Due obiettivi strategici - Il conseguimento di risultati all'altezza delle attese, ovviamente non può essere solo riconducibile alle azioni e agli obiettivi dichiarati di un singolo progetto di ricerca⁴. All'interno di uno scenario più vasto, questi, casomai, sono tasselli che compongono un quadro articolato di strumenti e di azioni che comprendono, a titolo di esempio:

- gli studi già condotti in passato sullo stesso patrimonio, i testi di lettura storica e i manuali di interpretazione tecnologica⁵,
- il nuovo Manuale del recupero del G.A.L. Laghi e Monti⁶ e i precedenti manuali del G.A.L.,
- gli esiti della ricerca CAPAcities⁷,
- le attività di divulgazione e di formazione condotte localmente dalle Associazioni (Associazione Canova, Associazione Musei d'Ossola, Fondazio-

Nota 1.1-3 - La Circolare del Ministero della Pubblica Istruzione italiano n° 117 del 7/4/1972, diramata alle Soprintendenze e agli istituti di ricerca, ispirata da Cesare Brandi e designata come *Carta del Restauro 1972*, All. "d", 8° capov., riporta chiaramente il principio della *indifferenziabilità* tra edifici maggiori e tessuti edificati in cui questi sono inseriti.

Nota 1.1-4 - Tra gli obiettivi espressi erano compresi: la definizione di soluzioni tecniche adatte per il patrimonio dell'edilizia storica di pietra, lo svolgimento di attività formative (*Workshop*) sul territorio, la proposta di norme, indirizzi e soluzioni tecniche da inserire negli strumenti di pianificazione, l'avvio della Agenzia di Valorizzazione dei rustici, l'esecuzione di "progetti pilota".

Nota 1.1-5 - La bibliografia sull'argomento è vasta ed è riportata interamente nel capitolo a essa dedicato. Qui, tra gli altri, sono solo ricordati gli studi di Giovanni Simonis, di Galeazzo M. Conti e Gilberto Oneto, di Giovanni Buzzi, di don Tullio Bertamini.

Nota 1.1-6 - Il nuovo Manuale del G.A.L. Laghi e Monti è stato pubblicato nel 2012 ed è a cura di Giovanni Simonis.

Nota 1.1-7 - Progetto CAPAcities: *Valorizzare le risorse della montagna, Savigliano*, Stamperia Artistica, 2011; *Valorizzare le risorse della valle Ossola*, Savigliano, Stamperia Artistica, 2011.

Fig. 1-2 - *La Colma* di Craveggia. Paesaggio verso la Bocchetta della Cima.



1.1-2

ne Svizzera per la tutela del paesaggio SL-FP, Fondazione Valle Bavona, per esempio).

Quindi, soltanto “mettendo a sistema” le conoscenze già acquisite, quelle derivanti da ricerche in corso o future, quelle in fase di ultimazione e i futuri apporti di ricerca sarà possibile perseguire più efficacemente nel tempo due obiettivi strategici:

1 - il primo è quello, basilare, di diffondere la cultura e la consuetudine del recupero e della conservazione dell'edilizia storica instillando tra i cittadini una diffusa coscienza dei valori e dei vantaggi acquisibili, suffragati dalla possibilità di constatarli in realizzazioni esemplari sotto gli occhi di tutti, capaci di innescare uno spirito di emulazione in una spirale “virtuosa”,

2 - il secondo obiettivo strategico è di far sì che le persone direttamente coinvolte nell'attuazione degli interventi (progettisti, imprese, maestranze, tecnici degli Enti locali preposti al controllo o degli Enti amministrativi territoriali) abbiano, da un lato affinato la sensibilità e maturato le competenze necessarie alla loro concezione e realizzazione, d'altro canto affinato la loro capacità di dialogo (*inter* e *intra* disciplinare) finalizzato al mutuo sostegno in tale attività.

Impostazione del manuale - Inizialmente l'obiettivo configurato era quello di redigere un manuale il più esteso possibile in relazione con molti degli aspetti edilizi e costruttivi dell'ambiente antropizzato preso in esame, con soluzioni tecniche per ogni argomento e sperimentazioni pratiche a corredo di tali soluzioni. Con il progredire del lavoro è maturata la consapevolezza che non sarebbe stato possibile esaurire tutti gli aspetti desiderati, ma sarebbe stato più efficace continuare in modo approfondito su alcuni di questi, rimandandone altri a successive fasi di ricerca applicata.

Di conseguenza, il manuale è stato impostato come un *documento aperto*, non concluso con la scadenza del progetto e sempre soggetto ad aggiornamenti, a integrazioni, sostituzioni di sue parti alla luce di nuove ricerche, di sperimentazioni sul campo o in laboratorio, di soluzioni tecniche innovative e così via.

In tal senso, la disponibilità di una piattaforma *web* per *Alpstone* favorisce l'inserimento progressivo di contenuti aggiornati, con una duplice valenza:

- da un lato, chiunque si accrediterà sul sito avrà modo di scaricare il materiale a disposizione,

- da un altro lato, esiste la possibilità di arricchire il manuale con argomenti o contenuti non contemplati nella stesura iniziale. Ne è un esempio concreto la possibilità di proporre schede relative a edifici ritenuti interessanti per l'Agenzia di Valorizzazione, oppure relative a recuperi esemplari per le soluzioni adottate, da sottoporre all'attenzione collettiva.

L'opera è stata suddivisa in capitoli secondo i principali filoni di indagine avviati; per ognuno di tali filoni, a seconda degli specifici obiettivi dei contenuti, sono stati adottati criteri di esposizione tra loro differenti.

Per esempio, per le parti finalizzate ad accrescere la familiarità con strumenti di conoscenza e di indagine, i contenuti sono stati principalmente basati su reali casi di studio accompagnati da un repertorio di immagini e di elaborazioni grafiche atte a documentare i concetti espressi. In particolare, per il secondo

capitolo inerente strumenti per il rilievo degli insediamenti storici e dei loro ambienti, pare rilevante sottolineare due aspetti di ordine pratico:

- innanzitutto, sulla base del lessico grafico della Norma UNI 7310/74 sono stati elaborati simboli aggiuntivi del repertorio grafico disponibile, adatti per rappresentare particolari elementi del patrimonio edilizio o dell'ambiente circostante non presenti in altre realtà analoghe. Lo scopo è quello di sensibilizzare all'uso di strumenti normalizzati e condivisi per la rappresentazione dell'ambiente antropizzato, in sintonia con quanto indicato dalle linee guida normative del manuale⁸,

- poi, partendo da rilievi eseguiti con *laser-scanner* su edifici esistenti, sulle stesse costruzioni sono stati condotti rilievi con metodi fotogrammetrici basati sulla correlazione multi-immagine e su programmi *open source*. La sperimentazione ha fatto emergere interessanti opportunità di rilievo a basso costo⁹.

Per i capitoli e i paragrafi dedicati alle varie parti dell'organismo edilizio, il lavoro è stato impostato con una preliminare lettura dei "sistemi" e "sottosistemi" edilizi cui fanno riferimento precise funzioni (per esempio di ossatura muraria, di copertura, di chiusura esterna)¹⁰. Poi, in merito a ciascuna di esse, sono state preparate o imbastite soluzioni attraverso un percorso "reiterativo" di ipotesi, verifica, adattamento condotto con un continuo passaggio dal generale al particolare e viceversa, per una concezione specifica di interventi di conservazione e recupero. Questi percorsi reiterativi sono del tutto analoghi a quelli utilizzati nel passato per perfezionare le soluzioni tecniche adottate, nel tempo, in un particolare contesto, attraverso un uso ottimale delle risorse localmente disponibili.

Per le parti relative agli indirizzi normativi, i contenuti sono restituiti sotto forma di "linee guida" volte a indirizzare la stesura - o l'aggiornamento - di strumenti di pianificazione, regolamenti, strumenti esecutivi.

Il manuale comprende poi un capitolo incentrato su "casi di studio" relativi a recuperi di recente realizzazione. Tale parte, ora focalizzata su tre interventi, potrà essere arricchita nel tempo con nuovi esempi ritenuti significativi per gli aspetti critici, tecnici o di innovazione contenuti.



1.1-3

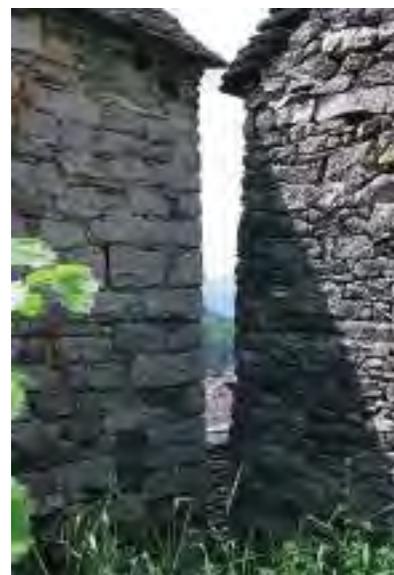
Nota 1.1-8 - Cfr. Cap. 5, Par. 5.3 e seguenti. La rappresentazione dell'ambiente circostante una costruzione è fondamentale per comprenderne le sue relazioni con il contesto. L'utilizzo di un modo condiviso e normalizzato di rappresentazione favorisce il dialogo tra operatori e la comprensione di ciò che è rappresentato.

Nota 1.1-9 - Cfr. Cap. 2.4. Il secondo metodo offre livelli di accuratezza di misura e di precisione nella restituzione abbastanza fedeli, con scostamenti di pochi centimetri su costruzioni di medie dimensioni - rispetto ai metodi più sofisticati - ma con costi assai più contenuti. La ricaduta pratica è facilmente intuibile: per esempio, è sufficiente pensare a quali vantaggi è possibile avere nel rilievo interno di un edificio dove mancano i solai intermedi e l'accessibilità è limitata. L'accuratezza del rilevamento geometrico e del rilievo critico riguardante le vicende edificatorie e le trasformazioni è fondamentale anche per le verifiche strutturali e le modellazioni numeriche al computer.

Nota 1.1-10 - Le parti di pura analisi storico tecnologica non sono riportate nel manuale. Esiste una base bibliografica precedente e vasta che ha approfondito ampiamente questi temi. Pertanto, si è cercato di non ritornare, se non per quanto ritenuto strettamente necessario, sui temi di "come si faceva" un tempo.

Fig. 1-3 - Borgata Bei. Rustico con camino "abitabile".

Fig. 1-4 - Naviledo, Montecrestese. Inclinazione opposta tra due muri di rustici confinanti.



1.1-4

Capitolo 2

MetODI e strUMentI Per IL rILieVO DI InseDIAMentI trADIZIONALI e DeL LOrO AMBIente

2.1 - r ICHIAMI A strUMentI FInALIZZAtI DI InDAGIne stOrICO CrItICA <i>Marco Zerbinatti</i>	2-3
2.1.1 - Attività conoscitiva di base	2-3
2.1.2 - Rilievo filologico architettonico	2-5
2.1.3 - Rilievo di borghi montani e di paesaggi rurali	2-5
2.2 - r ILieVO e rAPPresentAZIOne DI sIste MI trADIZIONALI DI strUtUrAZIOne DeL terrItOrIO <i>Paolo Piumatti</i>	2-7
2.2.1 - Indicazioni metodologiche per il rilievo e la rappresentazione dei sistemi strutturati di uso del suolo	2-9
2.2.2 - Indicazioni metodologiche per il rilievo di sistemi terrazzati e del loro stato di conservazione	2-27
2.2.3 - Indicazioni metodologiche per il rilievo delle vie di comunicazione storiche tradizionali	2-53
	2-77
2.3 - IL rILieVO e LA rAPPresentAZIOne DeI tessUtI eDIFICAtI <i>Isabella Bianco, Pablo Angel Ruffino, Marco Zerbinatti</i>	2-79
2.3.1 - Metodi e strumenti operativi	2-111
2.4 - IL rILieVO MetrICO DeI tessUtI eDIFICAtI <i>Isabella Bianco, Andrea Maria Lingua, Paolo Piumatti</i>	2-111
2.4.1 - Nozioni circa il rilevamento metrico	2-113
2.4.2 - Strumenti di misura tridimensionale	
2.4.3 - Applicazioni di tecniche di misura tridimensionale al rilievo di edifici di pietra a secco	2-128
	2-135
2.5- PrOPOStA DI sChEdAtUrA Per MAnUFAtI DeL PatRIMOnIO eDILIZIO DIFFUSO <i>Sara Fasana, Marco Zerbinatti</i>	2-135
2.5.1 - Le schede di prima valutazione: struttura e contenuti	2-143
2.5.2 - Le schede di intervento	2-144
2.5.3 - Le schede di intervento: esempi	



2.1 r ICHIAMI A strUMentI FInALIZZAtI DI InDAGIne stOrICO CrItICA

MArCO ZerBInAttI

2.1.1 - Attività conoscitiva di base

Il recupero con la conservazione di caratteri connotanti di un edificio di valore storico e ambientale deve essere impostato su di una attività conoscitiva di base deguatamente approfondita, composta dall'indagine storica (o delle vicende costruttive), dall'interpretazione critica, e dal rilievo filologico¹.

tale attività deve riguardare sia il manufatto edilizio, sia il suo contesto o il suo ambiente, a cui esso è inscindibilmente legato.

La realizzazione di edifici in un determinato ambito, la loro impostazione distributiva in rapporto alle diverse funzioni, nonché le soluzioni tecnico costruttive adottate (con i loro riflessi morfologici e compositivi) sono studiate adottando metodi ampiamente condivisi di lettura. Tali metodi sono diretti a interpretare efficacemente diversi ordini di problemi ricorrenti nell'edilizia storica quali, per esempio:

- *modi di inserire* l'edificio nell'ambiente rurale o nel tessuto edificato,
- *modi di organizzare* l'organismo edilizio nei suoi aspetti distributivi e funzionali,
- *modi di dimensionare* gli spazi in relazione alle funzioni assegnate,
- *modi di concepire e costruire* le diverse parti escogitando soluzioni capaci di ottimizzare l'impiego di risorse localmente disponibili (materiali locali e risorse umane),
- *modi di ornare* e abbellire edifici e manufatti anche attraverso l'utilizzo di elementi costruttivi con finalità compositive e decorative.

Per ogni caso di studio, i modi risolutivi elencati sono interpretati in relazione al caso specifico, alla sua particolare situazione, ai condizionamenti specifici dell'intorno. Quindi ogni edificio e ogni manufatto che concorrono a connotare un particolare ambito, presentano una propria *individualità architettonica*², da interpretare nella propria singolarità, seppure posta in relazione con gli edifici coevi simili (per funzioni, dimensioni, morfologia) per confronto tra le *analogie*³ di soluzioni e di modi costruttivi.

L'attività conoscitiva di base non deve essere limitata all'edificio storico oggetto di interesse, ai suoi caratteri intrinseci e al suo intorno. essa va sviluppata anche inquadrando l'oggetto di studio nella cornice

nota 2.1-1 - I principi e i metodi qui richiamati sono pubblicati in forma estesa in: SCAZZELLA P., ZerBINATTI M., *Recupero e conservazione dell'edilizia storica*, Firenze, Alinea, 2009, *Introduzione*, pp. 4-14.

L'attività conoscitiva di base, in Italia è individuata anche quale attività necessaria nel Decreto Legislativo 24 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (art. 3).

nota 2.1-2 - CAVALLARI MURAI A., *Classificazione dei materiali e delle opere in base al concetto di "individualità costruttiva"*, in: "Atti e rassegna tecnica", torino, 1952. Il saggio è stato ripreso dall'autore in: *Come carena viva*, Torino, Bottega d'erasmio, 1982, vol. 2.

nota 2.1-3 - SCAZZELLA P., *Introduzione all'esame critico e classificatorio dei processi autoformativi di cellule e tessuti*, in: *Ist. di Architettura tecnica del Politecnico di torino, Forma urbana ed architettura nella Torino barocca [...]*, torino, Utet, 1968, vol. I, pag. 616.

più generale della cultura costruttiva dell'ambito di interesse nel quale l'edificio è stato ideato e realizzato.

L'indagine e l'interpretazione delle informazioni acquisite devono proseguire per successive ipotesi, per confronto e verifica, per approssimazioni graduali mediante il continuo rimando dalla visione generale al particolare e, viceversa, dal particolare alla scala generale dell'edificio.

Attraverso un percorso che porti a individuare tutti i caratteri connotanti l'edificio e il suo ambiente, sarà possibile mettere a fuoco in modo efficace lo spirito ideativo, le intenzioni, le esigenze basilari di chi ha realizzato il manufatto oggetto di interesse. Da queste, possono scaturire:

- per i funzionari pubblici, le motivazioni a supporto di azioni di tutela,
- per i progettisti, linee guida risolutive per il progetto di recupero, da condurre sviluppando soluzioni *consonanti* con il palinsesto originario,
- per i proprietari, rinnovati stimoli per apprezzare soluzioni un tempo adottate correntemente e per assumere un atteggiamento di volontaria conservazione dell'edificio o di sue parti, adottando (e adattando) stili di vita consoni e singolari per abitarvi.

nota 2.1-4 - Il rilievo filologico si basa, ovviamente, sul rilievo geometrico. nell'ambito del manuale, per il rilievo geometrico sono proposti alcuni strumenti operativi atti a superare difficoltà pratiche che si possono incontrare in contesti ambientali difficili. Per tali aspetti si vedano i capitoli 2.4.2 e 2.4.3.

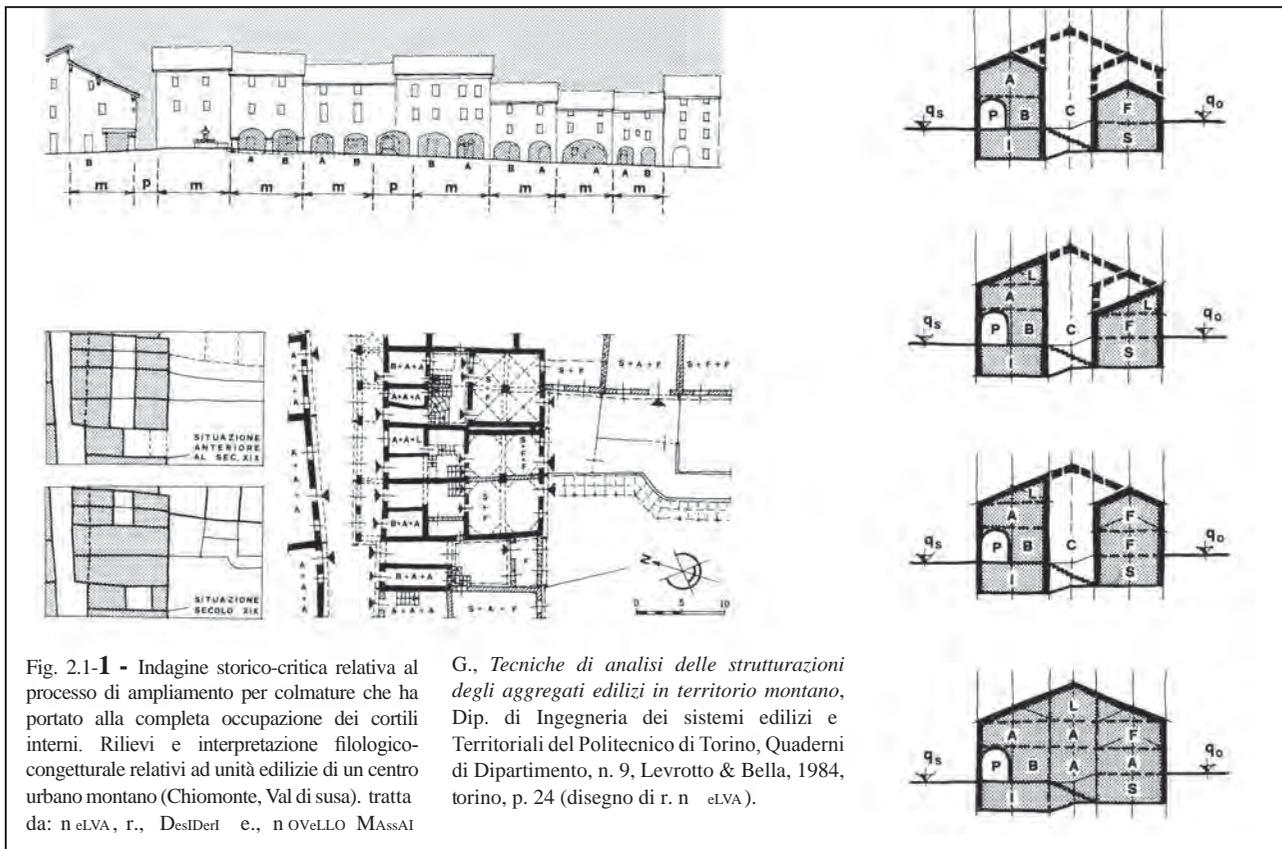


Fig. 2.1-1 - Indagine storico-critica relativa al processo di ampliamento per colmature che ha portato alla completa occupazione dei cortili interni. Rilievi e interpretazione filologico-congetturale relativi ad unità edilizie di un centro urbano montano (Chiomonte, Val di Susa). tratta da: n eLVA, r., DesiDerf e., n OVeLLO MAAssAI

G., *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Dip. di Ingegneria dei sistemi edilizi e Territoriali del Politecnico di Torino, Quaderni di Dipartimento, n. 9, Levrotto & Bella, 1984, torino, p. 24 (disegno di r. n eLVA).

2.1.2 - Rilievo filologico architettonico

Il rilievo filologico architettonico è finalizzato a definire la configurazione complessiva di un organismo edilizio, attraverso la lettura e l'evidenziazione degli elementi riconosciuti di valore storico, architettonico, di documento materiale⁴.

Gli elaborati grafici devono porre in risalto, in modo schematico, quegli elementi connotanti di valore meritevoli di conservazione. Per esempio, le piante degli edifici riportano:

- il disegno in proiezione di volte, travi e solai,
- il disegno schematico di eventuali pavimentazioni di pregio,
- il disegno di elementi storici fissi caratterizzanti l'ambiente (chiambrane, porte e portoni, cappe di camino importanti o di camini "abitabili", per esempio),
- il disegno di elementi di pregio all'esterno dell'edificio (come pergolati con montanti di pietra, pavimentazioni selciate o lastricate, fontanili, tavolati di balcone lavorati facendo combaciare tavole specchiate, parapetti, muri di recinzione o lastre poste in verticale per delimitare i confini, per esempio).

2.1.3 - Rilievo di borghi montani e di paesaggi rurali

Il rilievo filologico di borghi antichi e di paesaggi rurali di montagna ha la finalità di configurare i caratteri strutturanti il tessuto agricolo o pastorale, ivi compresi i manufatti isolati, i casolari e relativi elementi accessori. Per questo genere di rilievo è indicata una scala di rappre-

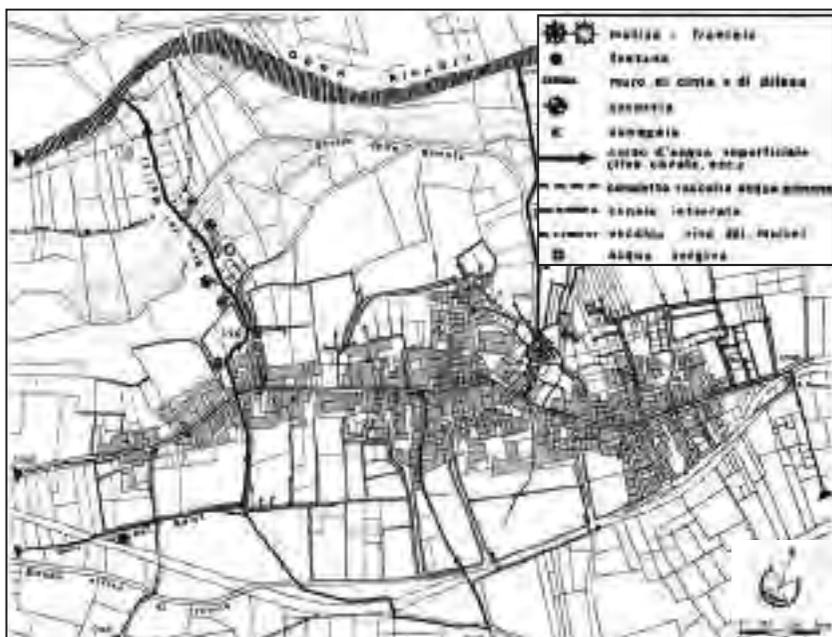
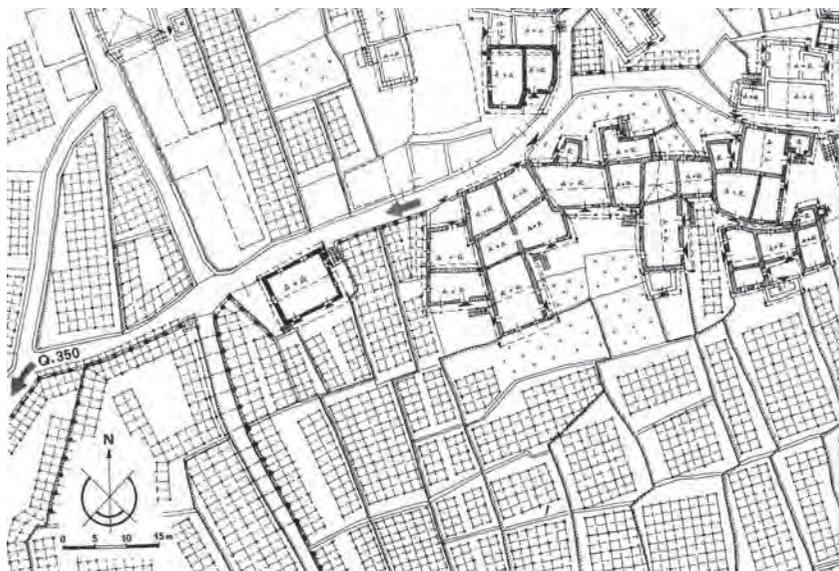


Fig. 2.1-2 - Carta tematica di indagine storico-critica dell'organizzazione idraulica di distribuzione e raccolta delle acque di un borgo alpino (Chiomonte, Val di Susa). tratta da: n eLVA, r., DesIDERI e., n OVELLO MASSAI G., *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, cit., p. 13 (disegno di r. n eLVA).

sentazione intermedia tra il rilievo filologico architettonico e il rilievo filologico di tipo urbanistico (da 1:200 a 1:750). Le campiture dei muri in sezione con diversa intensità evidenziano corpi e strutture di diversa epoca (più scure per le più antiche, più chiare per le più recenti). La funzione storica riconosciuta degli edifici è indicata con lettere maiuscole (per esempio S + F, stalla con sovrastante fienile, cfr. Fig. 2.3-88). All'esterno e al contorno, possono essere evidenziate strutture di colonizzazione: infatti, quando il rilievo dei borghi interessa in modo estensivo un complesso ambientale, è opportuno produrre un elaborato riguardante le opere infrastrutturali storiche connotanti (come corsi d'acqua principali, rete di fossi di irrigazione, muri, terrazzamenti, recinzioni) e servizi della borgata (come abbeveratoi, forni, cappelle). La simbologia grafica per gli ambienti montani oggetto di ricerca è basata su una metodologia ormai consolidata - elaborata inizialmente dall'Istituto di Architettura tecnica del Politecnico di torino - applicata nel tempo nello studio di diverse valli delle Alpi Occidentali (Valli Varaita, di susa, di Lanzo, di Gressoney, valli del Canavese) ed ora ampliata e integrata con simboli specifici per gli edifici delle valli tra Verbano Cusio Ossola e Canton Ticino⁵.



2.1-3

nota 2.1-5 - Cfr. Cap. 3, pp. 2-43 e 44, nota 2.3.1. nel Cap. 2.3 è riportato un esempio di rilievo di borgo montano, per ora pubblicato solo nella raffigurazione della sua consistenza edilizia e organizzazione degli ambienti circostanti (Veglio, Montecrestese. nell'ambito della ricerca è stato prodotto anche un altro rilievo di borgata, riguardante naviledo). e' in corso la stesura del rilievo filologico per la rappresentazione delle stratificazioni storiche.

Fig. 2.1-2 - estratto del rilievo filologico congetturale del borgo e dei vigneti di Carema (TO). Da: CAVALLARI MURATI A., *Tra Serra d'Ivrea, Orco e Po*, Ist. Bancario san Paolo di Torino, 1976. Disegni di R. nELVA e C. LA MONTAGNA .

BIBLIOGRAFIA Cap. 2.1

CAVALLARI MURATI A., *Classificazione dei materiali e delle opere in base al concetto di "individualità costruttiva"*, in: "Atti e rassegna tecnica", torino, 1952.

SCARZELLA P., *Introduzione all'esame critico e classificatorio dei processi autoformativi di cellule e tessuti*, in: Istituto di Architettura tecnica del Politecnico di torino, *Forma urbana ed architettura nella Torino barocca [...]*, torino, Utet, 1968.

nELVA, r., DesIDERI e., nOVELLO MASSAI G., *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali, Quaderno di Dipartimento n. 9, Lib. editrice Universitaria Levrotto&Bella, 1984.

SCARZELLA P., ZerBINATI M., *Recupero e conservazione dell'edilizia storica*, Firenze, Alinea, 2009.

2.2 - RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE DI SISTEMI TRADIZIONALI DI STRUTTURAZIONE DEL TERRITORIO

PAOLO PIUMATTI

nota 2.2-1 - Cfr. REGIONE PIEMONTE, *Piano paesaggistico Regionale, Quadro strutturale e Relazione*.

Fig. 2.2-1 - La piana di Crevoladossola vista dall'Alpe Coipo. e' evidente il notevole dislivello tra gli insediamenti di fondovalle (circa 300 m s.l.m.m.) e il sistema strutturato degli alpeggi, i più alti dei quali sono posti a oltre 1500 m s.l.m.m.

Fig. 2.2-2 - Alpeggi distribuiti lungo la mulattiera che collega l'abitato di Craveggia alla Bocchetta della Cima (1955 m s.l.m.m.).

nella descrizione della struttura del territorio è prassi considerare i fattori naturali, ambientali, idrogeomorfologici, storico-culturali e identitari¹. In particolare i fattori storico-culturali caratterizzano il territorio e il paesaggio antropizzati. tra questi, nel presente capitolo, verranno trattati alcuni sistemi tradizionali di strutturazione del territorio: i sistemi tradizionali di uso del suolo in area alpina legati all'alpicoltura e i relativi modi di organizzazione degli insediamenti abitati; i sistemi tradizionali di terrazzamento dei versanti; il sistema di vie di comunicazione storiche. Il capitolo tratta dei metodi di indagine conoscitiva e di rilievo a scala territoriale: le analisi sull'architettura tradizionale "è bene che si sviluppino partendo da una prospettiva ampia a livello territoriale, le borgate alpine infatti difficilmente possono essere esaminate come



2.2-1



2.2-2

unità a sè stanti. [...] La loro localizzazione sembra aver seguito una distribuzione legata alle possibilità di sfruttamento del patrimonio naturale, così che gli insediamenti risultano gravare su certe aree di territorio sviluppate sovente dal fondovalle alle creste spartiacque, comprendenti, integrate, le varie colture necessarie alla vita della comunità. È quindi indispensabile avere chiara questa visione a scala territoriale, tenendo presente gli insediamenti in stretta relazione ai siti, alla topografia delle valli, alla situazione geoidrologica, ecc.”².

Pertanto, col fine di fornire strumenti di lettura dei legami tra aggregati edilizi e ambiente circostante, in questo capitolo 2.2 si trattano metodologie e procedure di indagine conoscitiva e rilievo applicabili ai seguenti primari sistemi di strutturazione del territorio:

- sistemi strutturati di uso del suolo legati in particolare alla pratica dell'alpicoltura (capitolo 2.2.1);
- sistemi strutturati di trasformazione dei versanti con la pratica del terrazzamento (capitolo 2.2.2);
- sistemi strutturati di viabilità storica (capitolo 2.2.3).

nota 2.2 -2 - NELVA R., *Metodi e strumenti di rilevamento e di analisi delle strutturazioni degli aggregati montani*, in *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Quaderno del Dipartimento di Ingegneria dei sistemi edilizi e territoriali, n. 9, torino, Libreria editrice Universitaria Levrotto & Bella, 1984, p. 10

Fig. 2.2-3a, 3b - Pusalà, corte maggengale tuttora in uso, posta a quota 877 m s.l.m.m. sulla strada di collegamento tra la borgata di Altoggio (comune di Montcrestese) e l'Alpe Coipo. I sistemi tradizionali di alpicoltura conformano l'uso del suolo e i caratteri funzionali e costruttivi degli edifici.



2.2-3a



2.2-3b

2.2.1 - Indicazioni metodologiche per il rilievo e la rappresentazione di sistemi strutturati di uso del suolo

nota 2.2 -**3** - Lo spopolamento è “un fenomeno che in varie parti della montagna italiana era già presente verso la fine del XIX secolo [...] nell’ultimo dopoguerra, con il collasso definitivo dell’economia montana tradizionale e lo sviluppo urbano-industriale delle pianure e delle coste, il fenomeno assume le forme di un esodo massiccio, che si accompagna all’abbandono di terre, boschi, intere borgate.” in DEMATTEIS G., CORRADO F., DI GIOIA A., *Nuovi montanari. Abitare le Alpi nel XXI secolo*, Frando Angeli, Milano, 2014, p. 13. La situazione, comune alle Alpi Occidentali, è stata analizzata nel dettaglio relativamente alla Val Portaiola in HÖCHTL F., LEHRINGER S., *Agire o non agire: strategie future di conservazione per il parco nazionale della Val Grande*, relazione finale del Sub-progetto del programma InterreG IIIA “Paesaggio transfrontaliero da promuovere e valorizzare”, ottobre 2004, p. 15.

nota 2.2 -**4** - Analogamente, in HÖCHTL F., LEHRINGER S., cit., p. 15, la metodologia per la ricerca storica sull’uso del territorio considera il catasto della seconda metà del XX secolo come fonte primaria di dati: “si è scelto il periodo subito successivo alla seconda Guerra Mondiale, in cui tanti alpigiani erano ritornati sui loro alpeggi parzialmente o completamente danneggiati durante i rastrellamenti nazi-fascisti, per riprenderne la coltivazione”.

Gli insediamenti alpini insistono su porzioni di territorio utilizzate per il sostentamento degli abitanti e per questo motivo variamente trasformate dall’uomo. In questo capitolo si tratta quindi il territorio antropizzato, utilizzato e trasformato a fini di uso agricolo. Il territorio alpino in generale è stato caratterizzato, e in parte lo è tuttora, dalle pratiche di sfruttamento delle foreste (silvicoltura), di coltivazione (che nelle aree montane richiede opere di spietramento e di terrazzamento) e di allevamento del bestiame, attività quest’ultima che per le peculiari caratteristiche morfologiche del terreno montano assume caratteri peculiari legati allo sfruttamento dei pascoli alle diverse quote (alpicoltura).

Le analisi sul paesaggio alpino devono considerare, oltre allo stato attuale del territorio, anche gli usi storici: il paesaggio attuale è infatti il risultato di opere di infrastrutturazione realizzate nel corso dei secoli passati. nelle analisi occorre tenere presente che l’uso attuale del territorio, che potremmo definire come quello affermatosi dopo la Seconda Guerra Mondiale, è stato fortemente influenzato dallo spopolamento e dall’abbandono delle tradizionali attività silvo-pastorali che lo hanno plasmato nei secoli precedenti. Le analisi non possono prescindere da questa fondamentale premessa, in quanto lo spopolamento nel secondo dopoguerra “assume le forme di un esodo massiccio, che si accompagna all’abbandono di terre, boschi, intere borgate”³. e’ quindi opportuno che il rilievo del territorio allo stato attuale sia integrato dal rilievo filologico-congetturale di stati precedenti, in particolare antecedenti alla metà del ventesimo secolo⁴.

I capitoli seguenti illustrano metodi e strumenti per il rilievo - dello stato attuale e filologico-congetturale - e la rappresentazione del territorio relativamente agli usi succitati: alpicoltura, silvicoltura, coltivazione su terrazzamenti.

2.2.1.1 - Localizzazione degli insediamenti e organizzazione del territorio legato all’alpicoltura

Gli insediamenti alpini sono disposti e organizzati in base a dinamiche profondamente diverse da quelle della pianura e delle collina, dinamiche legate allo sfruttamento agricolo dei versanti. In particolare la localizzazione degli insediamenti minori (edifici isolati e borgate) posti sui versanti spesso sono legati all’alpicoltura, ovvero allo sfruttamento di pascoli posti a diverse quote altitudinali per l’allevamento del bestiame. Il territorio alpino, per il suo prevalente sviluppo nel senso dell’altitudine, determina una grande variabilità di microclimi entro spazi brevi. Questa particolarità naturale favorisce lo sfruttamento stagionale delle fasce altitudinali nell’ambito delle attività agricole e pastorali.

Il Piano Paesaggistico Regionale (Ppr) riconosce e identifica gli alpeggi quale categoria specifica tra gli insediamenti rurali, e individua indirizzi e direttive volti alla loro valorizzazione⁵.

Per poter correttamente recuperare e valorizzare il patrimonio edilizio e culturale di baite e altri manufatti degli alpeggi, è indispensabile comprendere le dinamiche alla base del loro impianto e del loro legame con il territorio su cui gravitano.

Come riportato da salsa⁶, la forte vocazione dell'economia alpina all'allevamento del bestiame ha determinato una razionale suddivisione del territorio secondo alcune variabili come la quota altimetrica, l'esposizione al sole dei versanti e la morfologia dei terreni. L'utilizzazione intelligente di queste peculiarità naturali rende praticabile una oculata gestione del bestiame. Vi sono, nell'arco alpino, valli che penetrano profondamente nella catena mantenendosi a quote relativamente basse. Questo particolare morfologico determina dislivelli enormi tra il fondovalle o il pedemonte ed i pascoli sommitali.

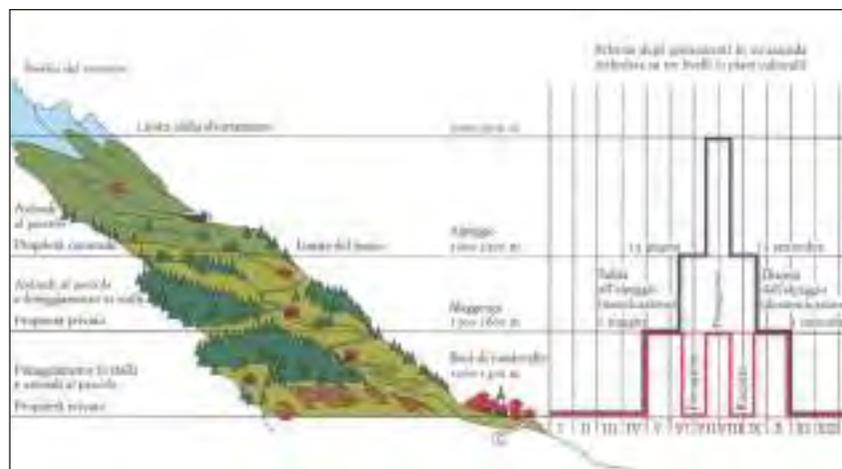
La valle dell'Ossola costituisce un esempio emblematico: si passa da una quota inferiore ai 300 m del fondovalle (Domodossola è posta a circa 270 m s.l.m.m.) a quote superiori ai 2000 m degli alpeggi. La stessa situazione si riscontra nel Cantone ticino, in particolare in valle Maggia nel Locarnese.

Ciò ha imposto all'alpigiano l'organizzazione di più stazioni intermedie di passaggio dai villaggi bassi, dove sono ricoverati gli animali durante l'inverno (stabulazione invernale), alle stazioni più alte (mete finali estive).

secondo uno schema simile per gran parte del territorio alpino, in inverno gli animali vengono tenuti nelle stalle degli insediamenti permanenti per la stabulazione invernale; in seguito al ritiro della neve a quote comprese tra i 1000 e i 1500 m e alla crescita dell'erba (maggese), inizia il primo spostamento (monticazione) del bestiame su terrazzi erbosi ricavati dall'uomo attraverso l'esbosco e trasformati in prati fienai. Qui alpigiani e animali resteranno da maggio a fine giugno, momento in cui inizierà l'inalpamento, cioè la salita agli alpeggi. Dopo la metà di agosto inizierà il cammino opposto: verso la seconda metà di settembre

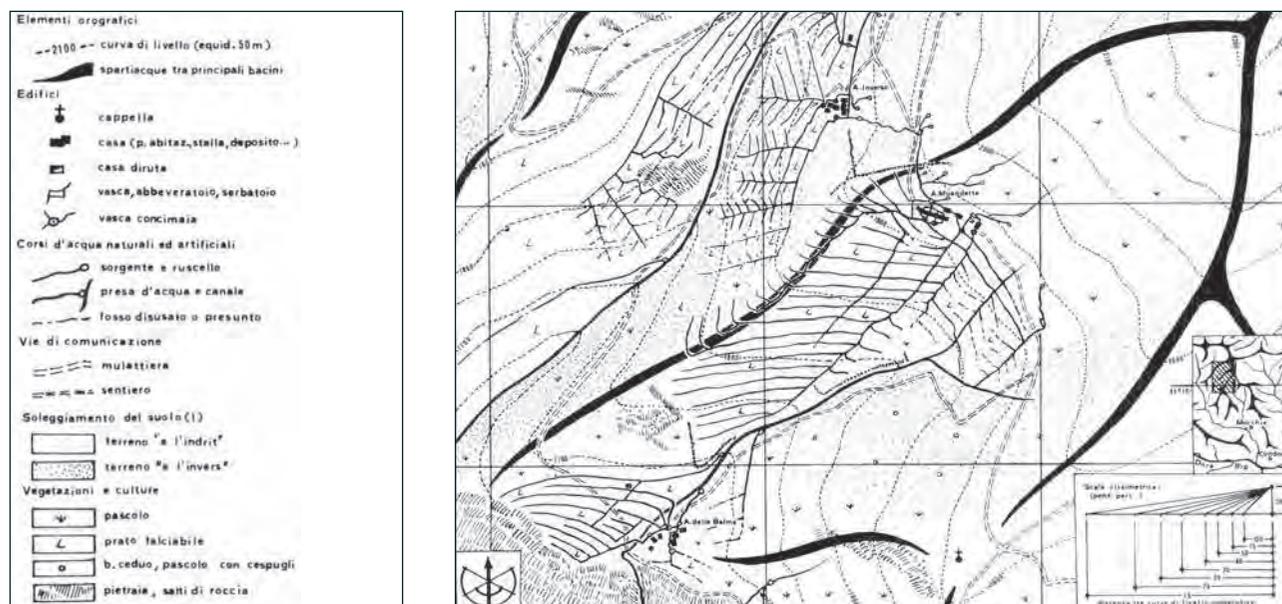
nota 2.2-5 - REGIONE PIEMONTE, Piano Paesaggistico regionale, norme di Attuazione, art. 13, art. 19, art. 40.

nota 2.2-6 - SALSA A., *Etnografia e insediamenti umani nelle Alpi*, in *Montagna da vivere - Montagna da conoscere*, Club Alpino Italiano, Milano, 2013, p. 154-156.



2.2-4

Fig. 2.2-4 - Lo schema del tradizionale sistema di sfruttamento articolato in diversi piani culturali dell'agricoltura di montagna di tipo latino, qui riferito al versante svizzero (Vallese) è applicabile anche all'alpicoltura ossolana di tipo latino, a meno di differenze di quota dovute a diversi fattori climatici. Da BATZING W., *Le Alpi*, Bollati Boringhieri, torino, 2005, p. 84.



2.2-5

Fig. 2.2-5 - Convenzioni e simboli per il rilievo di insediamenti pastorali e relativo schema congetturale - nella situazione di massime intensità ed estensione colonizzative - di un insediamento pastorale. rilievo e disegno di SCARZELLA P.; in NELVA R., *Metodi e strumenti di rilevamento e di analisi delle strutturazioni degli aggregati montani*, cit., p. 19.

nota 2.2-7 - HÖCHTL F., LEHRINGER S., cit., p. 19-22.

la discesa dall'alpe al monte (disalpamento), e ai primi di novembre il ciclo si concluderà con la definitiva stabulazione. Con il bestiame veniva spostata sempre anche l'abitazione delle persone che lo accudivano. Perciò sui corti maggengali e sugli alpeggi, oltre ai complessi prato-pascolivi, sono presenti anche baite e stalle.

La maggior parte degli alpigiani usufruiva quindi di tre poderi posti a tre diverse fasce altitudinali: la residenza nel fondovalle, il monte (*munt*), detto anche maggengo o corte maggengale, a metà quota (600-1400 m) e l'alpe, detto anche alpeggio, alle quote superiori di 1400 m. Come riportato da Höchtl e Lehringer, "i corti maggengali costituivano l'elemento di connessione tra le due realtà gestite separatamente, cioè l'insediamento permanente fondato sull'agricoltura e quello fondato sull'alpeggio, i quali costituiscono sempre un'unica azienda alpicolturale sotto la stessa direzione"⁷. Di norma l'alpigiano era proprietario dell'abitazione e della stalla di fondovalle, mentre spesso gli alpeggi ed i corti maggengali erano comunitari (cioè i terreni erano comunali, mentre gli edifici potevano essere di proprietà comunale o privata, ed erano dati in affitto a uno o più alpigiani).

2.2.1.2 - Caso studio: schematizzazione dell'organizzazione territoriale e dei caratteri funzionali-costruttivi degli alpeggi nel comune di Craveggia in Val Vigizzo

nel comune di Craveggia è rilevabile un complesso sistema di organizzazione del territorio legato all'alpicoltura, in parte retaggio della diffusa pratica dell'alpicoltura fino alla metà del XX secolo, in parte utilizzato ancora oggi. Gli alpeggi dell'alte Valle Vigizzo costituiscono l'omonima unità di paesaggio riconosciuta dal Piano Paesaggistico regionale e come tale soggetta agli indirizzi e direttive del Ppr, volti al

recupero del sistema degli alpeggi e delle loro funzioni originali⁸.

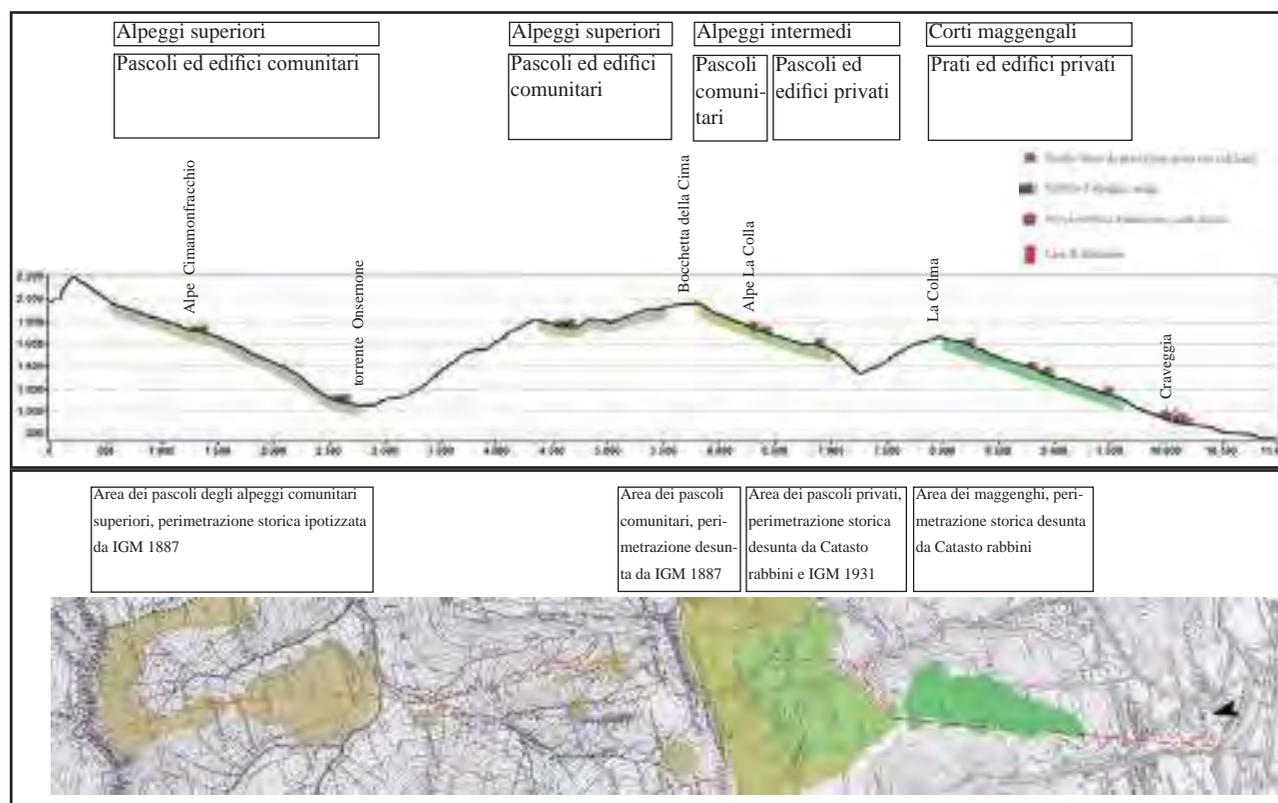
Il sistema degli alpeggi del comune è ramificato, sviluppandosi sia verso ovest nel gruppo di alpeggi circostanti l'Alpe Blizz, sia verso nord verso la Colma, la Bocchetta della Cima e addirittura in Valle Onsernone. Il caso studio riguarda in particolare tale ultimo sistema di alpeggi, perché particolarmente strutturato.

A monte dell'abitato di Craveggia (885 m s.l.m.), al di sopra di una fascia pubblica lasciata a bosco di protezione, si sviluppano, lungo l'ampia dorsale esposta a sud-sud-est, le corti maggengali (localmente chiamate *munt*) fino alla Colma (1635 m s.l.m.). Come rilevabile dalla lettura del Catasto rabbinici, tali corti maggengali erano di proprietà privata; i prati erano usati per la fienagione, mentre i bovini erano alimentati in regime di stabulazione. I limiti di quest'area sono ancora riconoscibili anche se, a partire dalla seconda metà del XX secolo, circa metà dell'area è soggetta a fenomeni di rimboschimento naturale. A nord della Colma si apre una conca valliva esposta prevalentemente a sud-est destinata all'alpeggio. I terreni di tale area sono divisi dalla mulattiera che congiunge La Colma con l'alpe Marco: dal Catasto rabbinici risulta che i prati sottostanti la mulattiera erano di proprietà privata, mentre i pascoli sovrastanti erano di proprietà comunale. Dal momento che la parte alta della Valle Onsernone ricade sotto il comune di Craveggia, vi si trovano, soprattutto sui versanti solivi, gli alpeggi superiori. tali alpeggi sono di tipo comunitario, in cui sia gli edifici che i pascoli sono comunali, ed erano dati in gestione a famiglie del comune di Craveggia.

nota 2.2-8 - REGIONE PIEMONTE, Piano Paesaggistico regionale, cit., schede delle unità di paesaggio, p. 24-25.

Fig. 2.2-6 - schema del tradizionale sistema di sfruttamento articolato in diversi piani colturali dell'alpicoltura, di tipo latino, nel comune di Craveggia. elaborazione in ambiente GIS della sezione territoriale relativa al sistema di alpeggi a nord dell'abitato di Craveggia, passante per la Colma e la Bocchetta della Cima. In pianta, carta di uso del suolo storico congetturale, relativa al solo uso del suolo a prato e pascolo, nella situazione di massima intensità colonizzativa. La carta è redatta sulla base della prima levata (1887) della Carta Topografica d'Itali 1:25.000 e del Catasto rabbinici (1867). In particolare, sono utilizzati i dati della Carta Topografica per i pascoli comunitari, mentre sono utilizzati i più accurati dati del Catasto rabbinici per i prati e pascoli di proprietà privata.

La sezione territoriale è stata elaborata a partire dal DTM della regione Piemonte. Le corti maggengali sono dislocate lungo la dorsale congiungente l'abitato di Craveggia (885 m s.l.m.) e la Colma (1635 m s.l.m.); gli alpeggi estivi sono invece dislocati nella conca soliva compresa tra la Colma e la Bocchetta della Cima (1955 m s.l.m.).



2.2-6

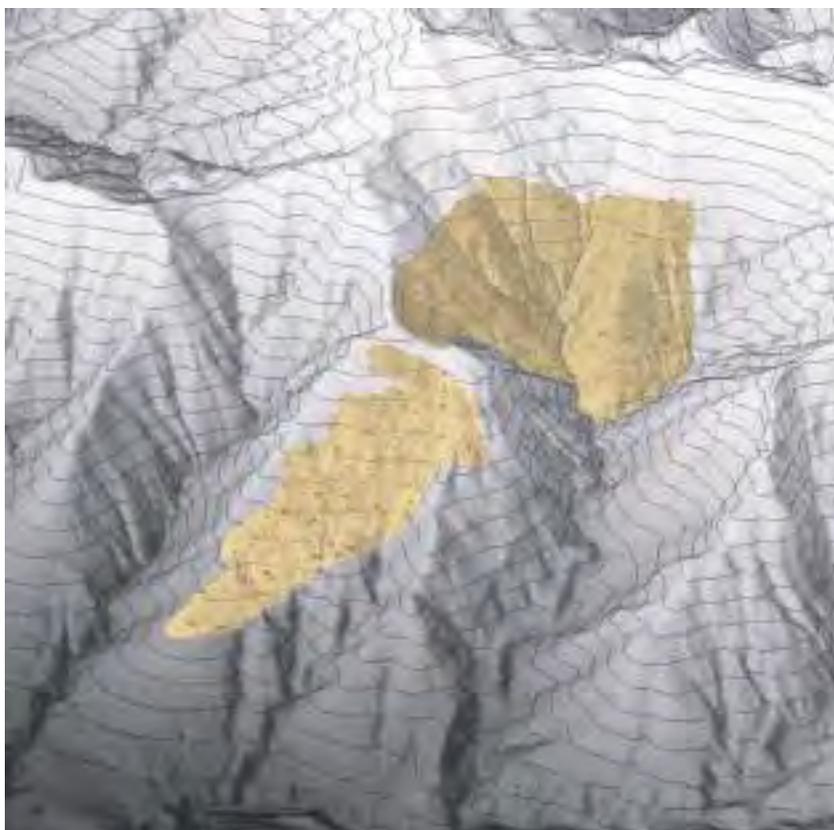


2.2-7a

Fig. 2.2-7a, 7b - strumenti di lettura delle relazioni tra gli usi del suolo attuali e gli usi storici. elaborazione in ambiente GIS del modello digitale del terreno, raffigurante parte del sistema delle corti maggengali e degli alpeggi del comune di Craveggia.

La fig. 7a è una vista prospettica del DTM della regione Piemonte e della relativa ortofoto del 2009. sono riconoscibili le corti maggengali dislocate lungo la dorsale congiungente l'abitato di Craveggia (885 m s.l.m.) e la Colma (1635 m s.l.m.) e gli alpeggi estivi dislocati nella conca soliva compresa tra la Colma e la Bocchetta della Cima (1955 m s.l.m.).

La fig. 7b è la medesima vista del DTM con associate porzioni georeferenziate di cartografia storica - in questo caso le parti delle carte del Catasto Rabbini raffiguranti i lotti di proprietà privata). e' evidente che i terreni delle corti maggengali erano di proprietà privata; i pascoli degli alpeggi erano in parte di proprietà privata e in parte di proprietà comunale (erano privati quelli sottostanti la mulattiera per la Bocchetta della Cima, comunitari quelli sovrastanti).



2.2-7b

Alla strutturazione funzionale degli alpeggi corrispondono diversi modi di strutturare funzionalmente gli edifici. Questi ospitano le seguenti funzioni: stalla (eventualmente differenziata in stalla per bovini e stalla per ovini), fienile, abitazione. Ma l'organizzazione delle funzioni all'interno dell'edificio vede alcuni modi ricorrenti e prevalenti a seconda che si tratti di corti maggengali, alpi o alpeggi superiori. Si sono rilevati i seguenti tipi edilizi prevalenti:

- edifici d'alpeggio senza abitazione, adibiti solo a stalla e fienile (localmente chiamati *cascine*);
- edifici d'alpeggio con abitazione, oltre a stalla e fienile (localmente chiamati *casere*);
- edifici d'alpeggio comunitario, di grandi dimensioni, che racchiudono abitazione, stalla e fienile.



2.2-8a



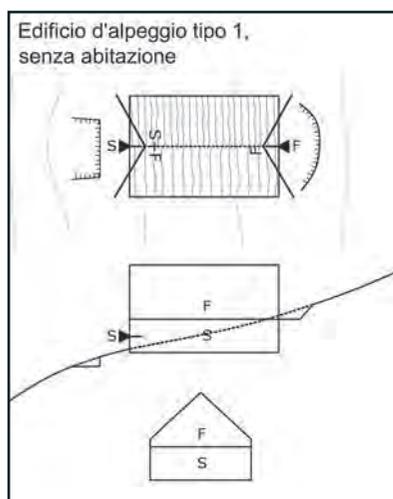
2.2-8b

Fig. 2.2-8a, 8b - Edificio d'alpeggio con abitazione, di tipo 1+v: è visibile il volume adibito ad abitazione aggiunto alla stalla, e il grande camino interno al locale di abitazione (Alpe Oro, quota 1461 m s.l.m.m.).

Fig. 2.2-9 - La conca usata come alpeggio estivo a monte della Colma. È evidente l'uniformità dei modi costruttivi: tutte le baite non rimaneggiate (sia *casere* che *cascine*) presentano due livelli e sono orientate in modo che la linea di colmo sia parallela alla proiezione della linea di massima pendenza.



2.2-9



2.2-10

Fig. 2.2-10 - Schema funzionale e classificazione di edifici d'alpeggio senza abitazione rilevati in alta Valle Vigezzo (comune di Craveggia). La simbologia adottata è illustrata nel capitolo 2.3.

Fig. 2.2-11a - Edificio di tipo 1, isolato, nell'area dei maggenghi, a quota 1487 m s.l.m.m. sulla dorsale sovrastante l'abitato di Craveggia.

Fig. 2.2-11b - Edificio di tipo 1 (stalla più fienile) abbinata ad un altro fabbricato adibito ad abitazione (Alpe Oro, 1461 m s.l.m.m.)



2.2-11a



2.2-11b

Fig. 2.2-11c - Edifici tipo 1 originariamente destinati a *cascine*, isolati o abbinati ad un parallelo fabbricato di abitazione (conca a monte de La Colma, sotto l'Alpe Pidella).



2.2-11c

Fig. 2.2-11d - Gruppo di *cascine* e *case-re*, accomunate dal medesimo orientamento delle falde del tetto (Alpe La Colla 1723 m s.l.m.m.).



2.2-11d

Edifici d'alpeggio senza abitazione (*cascine*)

sono costruzioni di piccole dimensioni e semplice geometria (in pianta un rettangolo di circa 6 metri di larghezza e 8-9 metri di profondità), con tetto a doppia falda con il colmo parallelo alla proiezione della linea di massima pendenza. Presentano tutte due livelli: un livello inferiore originariamente adibito a stalla, con ingresso e antistante letamaio dalla facciata a valle, e un livello superiore per il fienile, con ingresso dal lato a monte, con pochi gradini o semplicemente sfruttando la naturale inclinazione del pendio.

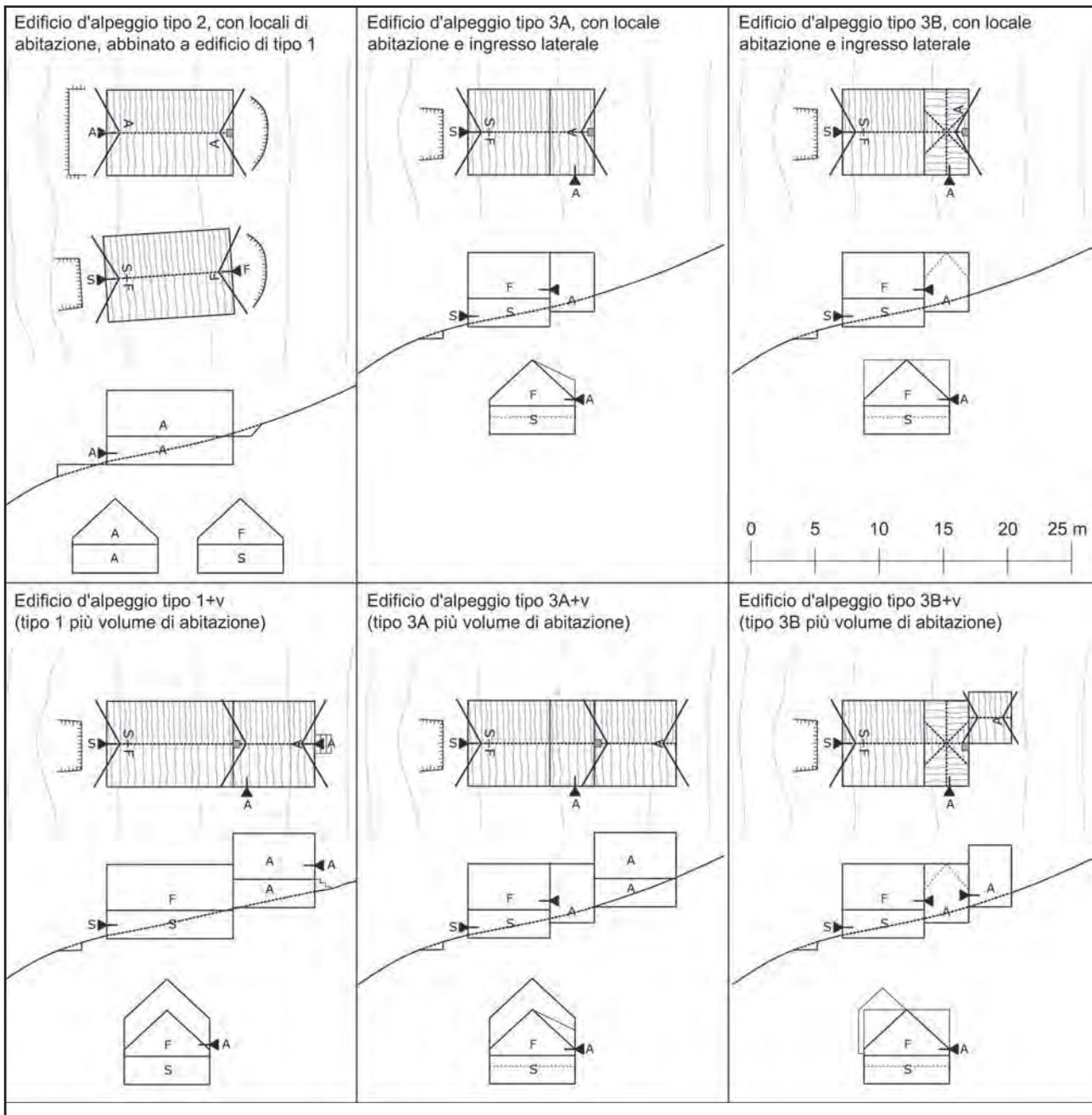
si trovano soprattutto nell'area degli alpeggi della conca oltre La Colma, spesso abbinata parallelamente ad una *casera* di uguali dimensioni, ma anche nell'area delle corti maggengali.

tutte le costruzioni sono costruite in pietra, in origine a secco, talvolta successivamente legata con malta.

Edifici d'alpeggio con abitazione (casere)

sono costruzioni di piccole dimensioni analoghe a quelle delle cascine, con tetto a doppia falda con il colmo parallelo alla proiezione della linea di massima pendenza. rispetto alle cascine spesso presentano un volume aggiunto a monte del corpo principale che, come nelle *cascine*, ospitava la stalla al livello inferiore e il fienile al livello superiore. L'eventuale corpo a monte ha linea di colmo parallela o perpendicolare a quella del corpo principale. nel corpo a monte, o più semplicemente nella porzione a monte del corpo principale, con ingresso sul fianco, si

Fig. 2.2-12 - Schema funzionale e classificazione di edifici d'alpeggio con abitazione rilevati in alta Valle Vigezzo (comune di Craveggia). La simbologia adottata è illustrata nel capitolo 2.3.



2.2-12

Fig. 2.2-**13a, 13b** - Edifici d'alpeggio di tipo 3B, con abitazione (*casere*), caratterizzati da un corpo principale con la linea di colmo orientata lungo la linea di massima pendenza, ed un retrostante corpo (linea di colmo ortogonale) adibito ad abitazione, identificabile dalla presenza del comignolo e dall'apertura di ingresso laterale (Alpe La Colla 1723 m s.l.m.m. e Alpe Calanca).



2.2-13a



2.2-13b

Fig. 2.2-**13c** - Edificio d'alpeggio di tipo 3A+v, con ulteriore volume a monte, a forma di prua di pietra a secco, con funzione di protezione dalle valanghe (Alpe Calanca, 1690 m s.l.m.m.).



2.2-13c



2.2-13d

Fig. 2.2-**13d** - Edificio d'alpeggio di tipo 3A+v, con volume abitativo aggiunto a monte disassato e ingresso indipendente (Alpe Marco di sopra, 1640 m s.l.m.m.).

Fig. 2.2-**13e** - Edificio d'alpeggio di tipo 3B (Maggengo a quota 1500 m s.l.m.m. circa sotto la Colma).



2.2-13e

Fig. 2.2-**13f** - Edificio d'alpeggio di tipo 3A+v (Maggengo a quota 1400 m s.l.m.m. circa sotto la Colma).



2.2-13f

Fig. 2.2-**13g** - esempio di corte maggengale di quattro edifici di tipo 3B e 3B+v (Alpe Biscià, 1493 m s.l.m.m.).



2.2-13g

Fig. 2.2-**13h** - Edifici di tipo 3B e 3B+v allineati lungo una dorsale (Alpe Marco di sopra, 1610 m s.l.m.m.).



2.2-13h

trovano 1 o 2 locali adibiti ad abitazione e trasformazione del latte (il termine *casera* deriva dal latino *caseus*, formaggio). sono riconoscibili per la presenza di un comignolo o anche solamente di un'apertura per lo sfiato dei fumi. Si trovano sia nella conca oltre La Colma (alpi), che nella dorsale sottostante La Colma (*munt*).

Alpeggi comunitari

Gli alpeggi della Valle Onsernone erano di tipo comunitario: i terreni e le baite erano di proprietà comunale, ed erano ceduti in affitto a famiglie del paese. rispetto agli alpeggi del versante vigezzino, tali alpeggi superiori hanno 2-3 costruzioni di maggiori dimensioni, soprattutto nel senso della lunghezza, per ospitare un maggior numero di animali, eventualmente appartenenti a più proprietari (boggia consortile) e supportare la permanenza di un maggior numero di persone per lunghi periodi lontani dal paese; sono pertanto dotati di locali di abitazione e di trasformazione del latte.



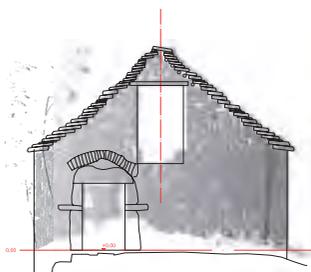
2.2-14a



2.2-14b

Fig. 2.2-14a, 14b - Edifici comunitari di alpeggi superiori. Questi edifici non erano di proprietà privata ma comunale, ed erano in grado di ospitare un maggior numero di persone e di animali (Alpe Canva, 1807 m s.l.m., Alpe Motta di Vocogno, 1748 m s.l.m., in Valle Onsernone, ai confini col Comune di Craveggia).

La descrizione dei metodi di rilievo e di schematizzazione grafica per gli insediamenti e gli edifici singoli sono riportate nei capitoli 2.3 e 2.4.



2.2-15a

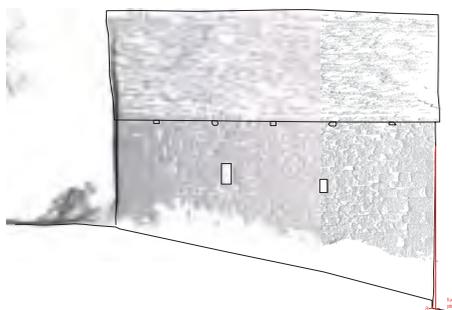


Fig. 2.2-15a - rilievo mediante laser scanner di edificio adibito a stalla e fienile per il ricovero del bestiame nella stagione invernale, cfr. cap. 2.4.

Fig. 2.2-15b - Modello tridimensionale digitale ottenuto con metodo fotogrammetrico di gruppo di una *casere* e *casine* dell'Alpe Marco di sopra, cfr. cap. 2.4.



2.2-15b

2.2.1.3 - Carte di uso e copertura del suolo

nota 2.2 -**9** - PIEMONTESE L., PEROTTO C. (a cura di), *Carta della copertura del suolo. Provincia di Latina. Informazioni per la pianificazione e gestione del territorio*, Gangemi editore, roma, 2004, p. 5-6.

nota 2.2 -**10** - “Per tali motivi, nel caso esemplificativo delle aree agricole, si registreranno per la redazione di una carta della copertura del suolo i dati di carattere strutturale relativi alla sistemazione del terreno, mentre per la carta di uso del suolo andranno registrate le informazioni riguardanti la specifica coltura in atto o la produzione. PIEMONTESE L., PEROTTO C., cit., p. 7.

nota 2.2 -**11** - Cfr. NOVELLO MASSAI G., *Analisi integrate dei dorf di Betta, Biel e Selbsteg nell’alta valle del Lys (Gressoney la Trinitè)*, in *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, 1984, cit., p. 42-47; HÖCHTL F., LEHRINGER S., cit., p. 30-34; PROVINCIA DI BIELLA, *La carta dell’uso del suolo storica e lo studio diacronico delle dinamiche territoriali*, relazione illustrativa allegata al Piano territoriale Provinciale, consultabile in <http://cartografia.provincia.biella.it/on-line/Home/repertorio/Consultazione/articolo3000452.html>.

nota 2.2 -**12** - La carta in formato shapefile è scaricabile del sito dell’European Environment Agency alla pagina <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-3> (data consultazione 05 giugno 2014). La carta copre anche la Svizzera, che collabora con la Agenzia Ambientale europea al progetto CORINE; cfr. OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, *L’utilisation du sol: hier et aujourd’hui. Statistique suisse de la superficie*, Neuchâtel, 2001, p. 11.

nota 2.2 -**13** - CSI PIEMONTE, *Raster Dati Geografici di Base (base colori 1:25.000)*, regione Piemonte, Direzione Programmazione strategica, Politiche territoriali ed edilizia, Settore Cartografia e Sistema Informativo territoriale, scaricabile dal Geoportale della regione Piemonte <http://www.geoportale.piemonte.it/> (data consultazione aprile 2014).

nota 2.2 -**14** - DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E PIANIFICAZIONE, *Report metodologico sull’utilizzo di immagini SPOT per la redazione di una mappa di copertura del suolo delle Province di Novara e Verbanese-Ossola relativa all’anno 2007*, 2010, in <http://www.spaziaperti.fondazionecariplo.it/public/spaziaperti/lcchange/> (data consultazione 05 giugno 2014).

Le analisi del paesaggio culturale tradizionale e dell’organizzazione degli insediamenti sono supportate dallo studio degli usi del suolo e dalla redazione di relative carte degli usi attuali e storici del suolo.

Le carte di uso e copertura del suolo sono utili non solo a descrivere lo stato del sistema territoriale e a individuare i suoli a maggiore valenza agricola da preservare per questo uso, ma anche ad ottenere una prima valutazione circa i territori a maggiore valenza naturale, da porre sotto tutela. Carte di questo genere sono indispensabili non solo come strumento di analisi e conoscenza del territorio, ma anche in un processo di piano come guida per operare le scelte di destinazione d’uso delle diverse porzioni di territorio⁹.

nel considerare i parametri di lettura del territorio molto spesso si fa riferimento in maniera indistinta ai termini anglosassoni *land cover* e *land use*, in realtà vanno fatte le seguenti distinzioni: per copertura del suolo va intesa la descrizione degli spazi e delle caratteristiche ad essi associate, ponendo l’accento sul modo in cui essi sono adattati ai fini dell’utilizzazione; per uso del suolo, più che far riferimento alle modalità in cui il territorio si presenta o è attrezzato, vanno evidenziate le attività che realmente si svolgono su di esso. tale distinzione, se in molti casi può apparire ridondante, in quanto per lo più esiste una precisa corrispondenza fra la copertura del suolo, l’uso e le attività che vi si svolgono, come nel caso del vigneto, dell’uliveto, ecc., in molti altri casi tale corrispondenza non è immediata ed è necessario ricorrere ad ulteriori specificazioni; un esempio è il caso del prato, che può essere un seminativo non irriguo o un pascolo e, in quest’ultimo caso può essere compreso nei terreni naturali o agricoli (colture foraggere)¹⁰.

In particolare risulta utile il confronto tra l’uso attuale e gli usi storici del suolo, secondo una prassi frequentemente adottata¹¹.

Carte della copertura attuale del suolo

esistono alcune carte della copertura del suolo attuale relative al territorio della Provincia del Verbano Cusio Ossola, utilizzabili come base di partenza per progetti di recupero e valorizzazione di elementi del paesaggio:

- Carta degli usi del suolo Corine Land Cover 2006 in scala 1:100.000 redatta dall’European Environment Agency e comprendente anche il territorio della Svizzera¹²,
- Carta dell’uso del suolo (Land Cover Piemonte) in scala 1:25.000 redatta dalla regione Piemonte e relative fonti correlate¹³;
- Carta della copertura e uso del suolo della Provincia del Verbano-Cusio-Ossola relativa all’anno 2007 elaborata dal Dipartimento di Architettura e Pianificazione del Politecnico di Milano¹⁴.

tutte le suddette carte sono caratterizzate dall’adozione del sistema di classificazione del programma europeo CORINE - (COoRdination of Information on Environment). Il sistema di classificazione CORINE

è strutturato in livelli gerarchici caratterizzati da un progressivo approfondimento di dettaglio, dove i primi tre livelli gerarchici (per un totale di 44 classi) sono definiti da una nomenclatura unitaria per tutti i Paesi della Comunità europea e costituiscono la banca dati omogenea della copertura del suolo estesa a tutti i Paesi della Comunità europea¹⁵. Le carte locali possono prevedere ulteriori due livelli di maggior dettaglio (cfr. fig. 2.2-17).

La Carta degli usi del suolo Corine Land Cover 2006 in scala 1:100.000 classifica porzioni di territorio di dimensioni minime di 160.000 m² e appartenenti ai livelli primo, secondo e terzo della classificazione. La Carta Land Cover Piemonte in scala 1:25.000 estende la classificazione al quarto livello e a porzioni di territorio di dimensioni minime di 10000 m², ed integra i dati relativi alla copertura del suolo con dati topografici di base. La Carta della copertura e uso del suolo della Provincia del Verbano-Cusio-Ossola elaborata dal Dipartimento di Architettura e Pianificazione del Politecnico di Milano estende la classificazione al quinto livello (in analogia alla classificazione adottata dalla Regione Lombardia per la banca dati geografica DUSAF-Destinazione d'Uso dei suoli Agricoli e forestali)¹⁶ e ad aree minime cartografabili di 5200 m².

Allo stato attuale non risultano disponibili studi di maggior dettaglio - senza limiti alle dimensioni minime delle aree cartografabili - estesi all'intera Provincia del Verbano Cusio Ossola. e' quindi opportuno che in caso di interventi che possano influire sul paesaggio siano predisposti studi di maggior dettaglio sulla copertura del suolo.

Nella redazione di carte di copertura del suolo è necessario definire la classificazione, l'articolazione e l'organizzazione delle variabili che lo definiscono. Concettualmente si può far riferimento a tre tipi di classificazione: gerarchica, parametrica o empirica¹⁷. La classificazione *gerarchica* procede secondo uno schema ad albero, con ramificazioni successive da un livello all'altro (ad esempio la classificazione europea CORINE). Tale tipo di classificazione risulta molto efficace per l'utente di un sistema informativo territoriale, in quanto le classi aumentano considerevolmente di numero con l'aumentare della specificazione e del dettaglio ai livelli successivi. Per tale motivo è possibile ottenere carte tematiche con classi molto aggregate per la rappresentazione dell'intero territorio oggetto di studio e, contemporaneamente, interrogare il singolo areale per desumerne le informazioni di dettaglio. Il sistema gerarchico, nonostante gli indubbi vantaggi, risulta meno efficace nell'organizzare e rappresentare adeguatamente informazioni compresenti sulla stessa porzione di territorio. Sotto questo profilo un certo miglioramento può essere ottenuto passando dal concetto di livello a quello di parametro di lettura: la classificazione *parametrica* o combinata è il tipo di classificazione più aperta possibile, in quanto consente di associare a ciascun oggetto un numero indefinito di parametri che lo qualificano. Molti dei sistemi di classificazione dell'uso e copertura del suolo effettivamente impiegati appartengono invece al tipo *empirico*. Questo sistema, rispetto ai precedenti, ribalta completamente i criteri di classificazione,

nota 2.2 -**15** - Il programma CORINE (Coordination of Information on the environment), fu approvato il 27 giugno del 1985 dal Consiglio dell'Unione europea (Ue) per la raccolta, il coordinamento e la messa a punto delle informazioni sullo stato dell'ambiente e delle risorse naturali nella Comunità.

Le istruzioni per il rilievo e la restituzione delle carte di copertura del suolo sono riportate in EUROPEAN COMMISSION - DIRECTORATE GENERAL JRC - JOINT RESEARCH CENTRE - SPACE APPLICATIONS INSTITUTE - AGRICULTURE AND REGIONAL INFORMATION SYSTEMS UNIT, *CORINE Land Cover - Technical guide*, etC/LC european environment Agency, 1997.

nota 2.2 -**16** - La descrizione della classificazione adottata è riportata in DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E PIANIFICAZIONE, *Report metodologico relativo alla produzione della carta di uso/copertura del suolo della Lombardia al 2008, 2010*, in <http://www.spaziaperti.fondazionecaripla.it/public/spaziaperti/lcchange/> (data ultima consultazione 05 giugno 2014).

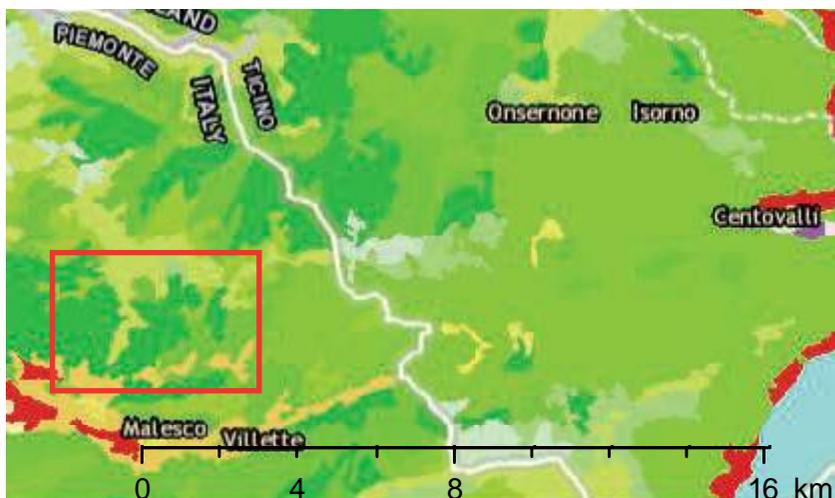
La classificazione di usi del suolo adottata dalla regione Lombardia è riportata in FASOLINI D., MANETTA S., *Uso del suolo in Regione Lombardia - Atlante descrittivo*, regione Lombardia - direzione generale territorio e Urbanistica, e in FASOLINI D., SALE V. M., *Uso del suolo in Regione Lombardia- I dati Dusaf, edizione 2010*, regione Lombardia - direzione generale territorio e Urbanistica, Milano, 2010, scaricabili dal sito <http://www.territorio.regione.lombardia.it/> (data ultima consultazione 05 giugno 2014).

nota 2.2 -**17** - PIEMONTESE L., PEROTTO C., cit., p. 7-11.

Fig. 2.2-16a - estratto della Carta *Corine Land Cover 2006* relativa alla parte alta della Val Vigizzo; scala originale 1:100.000, qui riprodotta in scala 1:200.000 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-3>). Il riquadro evidenzia l'area relativa alle figure 2.2-16b e 2.2-16c.

Corine Land Cover types - 2006

- Artificial areas
- Arable land and permanent crops
- Pastures and mosaics
- Forested land
- Semi-natural vegetation
- Open spaces/bare soils
- Wetlands
- Water bodies



2.2-16a

Fig. 2.2-16b - estratto della *Carta dell'uso del suolo (Land Cover Piemonte)* redatta dalla regione Piemonte relativa a una parte del comune di Craveggia; scala originale 1:25.000, qui riprodotta in scala 1:50.000 (<http://www.geoportale.piemonte.it/>).

USO DEL SUOLO

- Edificio residenziale
- Edificio industriale o commerciale
- Cimitero
- Area sportiva, giardino
- Parcheggio o piazzale
- Discarica, cava, cantiere
- Urbano artificiale
- Agricolo, seminativi
- Risaie
- Colture permanenti
- Vigneti
- Arboricoltura da legno, boschi
- Prati
- Paludi, torbiere
- Rocce

LIMITI AMMINISTRATIVI

- + - + - Regione
- - - - - Provincia
- Comune

ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA

- Idrografia principale
- Idrografia secondaria

ELEMENTI DELLA VIABILITA'

- Autostrada
- Autostrada in galleria
- Strada
- Strada in galleria
- Ferrovia
- Ferrovia in galleria
- Ferrovia alta velocità
- Ferrovia alta velocità in galleria



2.2-16b

Fig. 2.2-16c - estratto della *Carta della copertura e uso del suolo della Provincia del Verbano-Cusio-Ossola* relativa all'anno 2007 elaborata dal Dipartimento di Architettura e Pianificazione del Politecnico di Milano della relativa a una parte del comune di Craveggia; qui riprodotta in scala 1:50.000 (<http://www.spaziaperti.fondazionecariplo.it>).

Confine comunale

Uso del suolo

- Corsi idrici
- Superfici antropizzate
- Rocce
- Boschi di conifere
- Boschi di latifoglie
- Vegetazione mista
- Seminativi e colture permanenti
- Praterie steppiche
- Neve e ghiacciai



2.2-16c

1° LIVELLO	2° LIVELLO	3° LIVELLO	4° LIVELLO		
1 Territori modellati artificialmente	10 Territori modellati artificialmente indifferenziati	100 Territori modellati artificialmente indifferenziati	1000 Territori modellati artificialmente indifferenziati		
		111 Aree urbane continue	1111 Tessuto urbano continuo e denso 1112 Edifici del Tessuto urbano continuo e denso 1113 Tessuto urbano continuo e mediamente denso 1114 Edifici del Tessuto urbano continuo e mediamente denso		
	11 Zone urbanizzate	112 Aree urbane discontinue	1121 Tessuto urbano discontinuo 1122 Edifici del Tessuto urbano discontinuo 1123 Tessuto urbano rado 1124 Edifici del Tessuto urbano rado (case sparse)		
		12 Insiediamenti produttivi, commerciali, dei servizi pubblici e privati, delle reti e delle aree infrastrutturali	121 Insiediamenti industriali, commerciali, artigianali dei grandi impianti e di servizi pubblici e privati 122 Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori 123 Aree portuali 124 Aeroporti	1211 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione continue e dense 1212 Edifici delle Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione continue e dense 1213 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione discontinue 1214 Edifici delle Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione discontinue 1221 Reti stradali e spazi accessori 1222 Reti ferroviarie e spazi accessori 1223 Grandi impianti di concentramento e smistamento merci (interporti e simili), reti ed aree per la distribuzione idrica e la produzione e il trasporto dell'energia, infrastrutture di trasporto 1230 Aree portuali 1240 Aeroporti	
	13 Zone estrattive, discariche e cantieri	130 Aree estrattive, discariche e cantieri indifferenziati	1300 Aree estrattive, discariche e cantieri indifferenziati	1300 Aree estrattive, discariche e cantieri indifferenziati	
		131 Aree estrattive	1310 Aree estrattive	1310 Aree estrattive	
		132 Discariche e depositi di rottami	1321 Discariche e depositi di cave, miniere e industrie 1322 Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	1321 Discariche e depositi di cave, miniere e industrie 1322 Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	
		133 Cantieri, spazi in costruzione e scavi	1331 Cantieri, spazi in costruzione e scavi 1332 Suoli rimaneggiati e arrefatti	1331 Cantieri, spazi in costruzione e scavi 1332 Suoli rimaneggiati e arrefatti	
	14 Zone verdi artificiali non agricole	140 Aree verdi artificiali non agricole indifferenziate	1400 Aree verdi artificiali non agricole indifferenziate	1400 Aree verdi artificiali non agricole indifferenziate	
		141 Aree verdi urbane	1410 Aree verdi urbane indifferenziate 1411 Parchi urbani 1412 Aree incolte urbane 1413 Cimiteri	1410 Aree verdi urbane indifferenziate 1411 Parchi urbani 1412 Aree incolte urbane 1413 Cimiteri	
		142 Aree ricreative e sportive	1421 Campi e strutture turistico-ricettive 1422 Impianti sportivi (calcio, atletica, tennis, sci) 1423 Aree archeologiche	1421 Campi e strutture turistico-ricettive 1422 Impianti sportivi (calcio, atletica, tennis, sci) 1423 Aree archeologiche	
	2 Territori agricoli	20 Territori agricoli indifferenziati	200 Territori agricoli indifferenziati	2000 Territori agricoli indifferenziati	
			210 Seminativi indifferenziati	2101 Seminativi semplici in aree indifferenziate 2102 Vivali in aree indifferenziate 2103 Colture orticole a pieno campo in aree indifferenziate 2104 Serre e tunnel in aree indifferenziate	
21 Seminativi		211 Seminativi in aree non irrigue	2111 Seminativi semplici in aree non irrigue 2112 Vivali in aree non irrigue 2113 Colture orticole a pieno campo in aree non irrigue 2114 Serre e tunnel in aree non irrigue	2111 Seminativi semplici in aree non irrigue 2112 Vivali in aree non irrigue 2113 Colture orticole a pieno campo in aree non irrigue 2114 Serre e tunnel in aree non irrigue	
		212 Seminativi in aree irrigue	2121 Seminativi semplici in aree irrigue 2122 Vivali in aree irrigue 2123 Colture orticole a pieno campo in aree irrigue 2124 Serre e tunnel in aree irrigue	2121 Seminativi semplici in aree irrigue 2122 Vivali in aree irrigue 2123 Colture orticole a pieno campo in aree irrigue 2124 Serre e tunnel in aree irrigue	
		213 Risaie	2130 Risaie	2130 Risaie	
		22 Colture permanenti	220 Colture permanenti indifferenziate 221 Vigneti 222 Frutteti e frutti minori 223 Oliveti 224 Arboricoltura da legno	2200 Colture permanenti indifferenziate 2210 Vigneti 2220 Frutteti e frutti minori indifferenziati 2221 Nocciolieti 2222 Castagneti da frutto 2223 Meleti 2224 Peschieti 2225 Actinidi 2230 Oliveti 2240 Arboricoltura da legno indifferenziata 2241 Pioppeti	2200 Colture permanenti indifferenziate 2210 Vigneti 2220 Frutteti e frutti minori indifferenziati 2221 Nocciolieti 2222 Castagneti da frutto 2223 Meleti 2224 Peschieti 2225 Actinidi 2230 Oliveti 2240 Arboricoltura da legno indifferenziata 2241 Pioppeti
23 Prati stabili		231 Prati stabili e pascoli	2310 Prati stabili e pascoli	2310 Prati stabili e pascoli	
24 Zone agricole eterogenee		241 Colture annuali associate a colture permanenti	2410 Colture annuali associate a colture permanenti	2410 Colture annuali associate a colture permanenti	
		242 Sistemi culturali e particellari complessi	2420 Sistemi culturali e particellari complessi	2420 Sistemi culturali e particellari complessi	
		243 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	2430 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	2430 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	
		244 Aree agroforestali	2440 Aree agroforestali	2440 Aree agroforestali	
3 Territori boscati e ambienti semi-naturali		31 Aree boscate	311 Boschi a prevalenza di latifoglie	3110 Boschi a prevalenza di latifoglie indifferenziati 3111 Acero-figlio-frassinieti 3112 Castagneti 3113 Robinieti 3114 Quercio-carpineti 3115 Querceti di rovere 3116 Querceti di roverella 3117 Ostrieti 3118 Faggete 3119 Formazioni legnose riparie	3110 Boschi a prevalenza di latifoglie indifferenziati 3111 Acero-figlio-frassinieti 3112 Castagneti 3113 Robinieti 3114 Quercio-carpineti 3115 Querceti di rovere 3116 Querceti di roverella 3117 Ostrieti 3118 Faggete 3119 Formazioni legnose riparie
			312 Boschi a prevalenza di conifere	3120 Boschi a prevalenza di conifere indifferenziati 3121 Abetine 3122 Pinete 3123 Peccete 3124 Lariceti e cembraie	3120 Boschi a prevalenza di conifere indifferenziati 3121 Abetine 3122 Pinete 3123 Peccete 3124 Lariceti e cembraie
			313 Boschi misti di conifere e latifoglie	3130 Boschi misti di conifere e latifoglie	3130 Boschi misti di conifere e latifoglie
	32 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea		321 Praterie e brughiere di alta quota 322 Cespuglieti e arbusteti 323 Vegetazione sclerofila, incluse macchia e garriga 324 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	3210 Praterie e brughiere di alta quota 3220 Cespuglieti e arbusteti 3230 Vegetazione sclerofila, incluse macchia e garriga 3240 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione naturale 3241 Aree con rimboschimenti recenti	3210 Praterie e brughiere di alta quota 3220 Cespuglieti e arbusteti 3230 Vegetazione sclerofila, incluse macchia e garriga 3240 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione naturale 3241 Aree con rimboschimenti recenti
	33 Zone aperte con vegetazione rada o assente	330 Aree aperte con vegetazione rada o assente indifferenziate	3300 Aree aperte con vegetazione rada o assente indifferenziate	3300 Aree aperte con vegetazione rada o assente indifferenziate	
		331 Spiagge, dune e sabbie, isole fluviali, greti	3310 Spiagge, dune e sabbie, isole fluviali, greti	3310 Spiagge, dune e sabbie, isole fluviali, greti	
		332 Rocce nude, falesie, rupi affioramenti	3320 Rocce nude, falesie, rupi affioramenti	3320 Rocce nude, falesie, rupi affioramenti	
		333 Aree con vegetazione rada	3330 Aree con vegetazione rada	3330 Aree con vegetazione rada	
		334 Aree percorse da incendi	3340 Aree percorse da incendi	3340 Aree percorse da incendi	
		335 Ghiacciai e nevi perenni	3350 Ghiacciai e nevi perenni	3350 Ghiacciai e nevi perenni	
	4 Zone umide	41 Zone umide interne	410 Aree umide interne indifferenziate	4100 Aree umide interne indifferenziate	
			411 Paludi	4110 Paludi	
			412 Torbiere	4120 Torbiere	
	5 Corpi idrici	51 Acque continentali	511 Corsi d'acqua	5110 Corsi d'acqua indifferenziati 5111 Corpi idrici attivi (fiumi e torrenti) 5112 Canali e idrovie	
512 Bacini d'acqua			5120 Bacini d'acqua indifferenziati 5121 Bacini d'acqua naturali		

Fig. 2.2-17 - Copertura del suolo basata sulla classificazione CORINE adottata dalla Regione Piemonte nella stesura della *Carta dell'uso del suolo (Land Cover Piemonte)*; i livelli 1, 2 e 3 comprendono le 44 classi omogenee per l'intero territorio della Comunità europea, il livello 4 riguarda specificamente il territorio della Regione Piemonte.

procedendo, in prima istanza, a un'analisi delle caratteristiche presenti sul territorio in esame, selezionando quelle che sono congruenti e necessarie agli scopi che si intendono perseguire e rendendole omogenee nell'ambito della struttura informativa implementata o da implementare. Un esempio di questa classificazione è costituito dalle 30 qualificazioni adottate dal Catasto Terreni. Il suddetto sistema di classificazione presenta i vantaggi di adattarsi al reale uso e copertura del suolo italiano, di essere facilmente comprensibile alla maggior parte degli utenti, e di agevolare la confrontabilità coi dati storici presenti nella base dati del catasto rurale e associate alle singole particelle. Presenta però il vincolo di una classificazione chiusa: l'eventuale introduzione di voci o specificazioni non previste può creare problemi di compatibilità con l'impianto generale della classificazione.

Una classificazione attuale dell'uso e copertura del suolo, se da un lato deve necessariamente tenere conto di classificazioni "storiche", come quella adottata dal catasto rurale, non può ignorare i programmi varati dalla Comunità europea in materia di monitoraggio continuo e di standardizzazione delle metodologie procedurali e dei risultati.

negli studi sulla copertura del suolo si suggerisce quindi di adottare il sistema di classificazione di tipo gerarchico del programma CORINE.

nella redazione di carte locali di maggior dettaglio si possono prevedere ulteriori classi appartenenti ad ulteriori due livelli e più specificamente aderenti alle caratteristiche locali del territorio oggetto di indagine. Quale esemplificazione il capitolo 2.2.2.4 illustra una proposta di classificazione di maggior dettaglio col fine di rilevare i suoli a terrazzamento artificiale.

Carte degli usi storici del suolo

La rappresentazione dell'uso e della copertura storici del suolo è il primo passo verso la restituzione del quadro delle componenti ambientali e paesaggistiche del territorio.

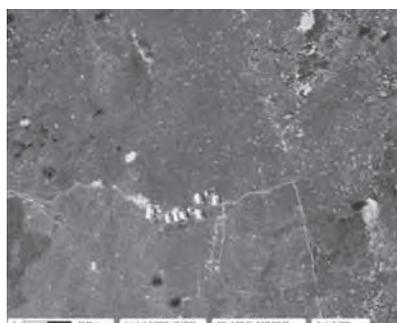
Il primo aspetto fondamentale per la lettura delle trasformazioni della copertura e degli usi del suolo riguarda la definizione dei periodi storici di riferimento e degli intervalli diacronici significativi per descrivere i fenomeni di trasformazione di una certa area. La scelta deve essere basata innanzitutto sulla rilevanza delle fasi diacroniche, ma va inoltre calibrata in base alla disponibilità di dati e informazioni reperibili per un dato momento storico e una data area di indagine: per esempio la svizzera attraverso l'Ufficio Federale di Statistica può basare l'analisi delle trasformazioni degli usi del suolo su rilievi condotti con cadenza regolare a partire dall'inizio del XX secolo¹⁷; gli studi sull'uso storico del suolo in Val Portaiola sono stati condotti sulla base dei dati provenienti dal libro catastale e dalla mappa appartenente del Comune di Malesco dell'anno 1952¹⁸; mentre la regione emilia romagna ha costruito una cartografia topografica storica assemblando le carte prodotte nel periodo 1828 -1853 relative al suo territorio.¹⁹

Un altro aspetto fondamentale riguarda la scelta e l'armonizzazione

nota 2.2 -17 - OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, *L'utilisation du sol: hier et aujourd'hui. Statistique suisse de la superficie*, neuchatel, 2001, p. 2.

nota 2.2 -18 - HÖCHTL F., LEHRINGER S., cit., p. 30-34.

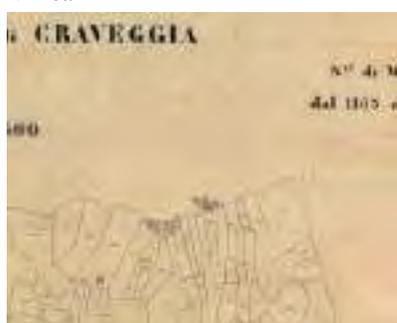
nota 2.2 -19 - GARBERI M.L., CAMPANI E., VIGILANTE E., *Il database dell'Uso del Suolo "Storico" della Regione Emilia-Romagna derivato dalla cartografia preunitaria (1828 -1853)*.



2.2-18a



2.2-18b



2.2-18c



2.2-18d

delle categorie di classificazione degli usi. Come detto in precedenza a partire dal 1990 è prassi adottare il sistema di classificazione di tipo gerarchico basato sul programma CORe, ma i sistemi fondati prima di quella data sono locali e spesso di tipo empirico: per esempio, la classificazione del suolo in Svizzera adottata dall'Ufficio Federale di Statistica è basata su 74 classi, i Catastri rurali italiani prevedono 30 classi, carte più antiche sono basate su sistemi locali di classificazione²⁰.

Quindi, a differenza della realizzazione di un rilievo dell'uso attuale del suolo, la presenza delle classi non deriva da una fotografia della realtà investigata, ma da un'interpretazione della realtà che il topografo di quell'epoca aveva effettuato durante il rilevamento e da un'astrazione simbolica che il disegnatore ha usato nel restituire la carta. Questo concetto va sempre tenuto presente, in quanto il riconoscimento delle classi si basa sui simboli che il cartografo ha utilizzato. nel caso di carte di uso del suolo relative a periodi storici lontani, possono rendersi necessarie alcune variazioni rispetto alle categorie CLC dovute al grande lasso di tempo intercorso tra il periodo storico considerato e quello in cui sono

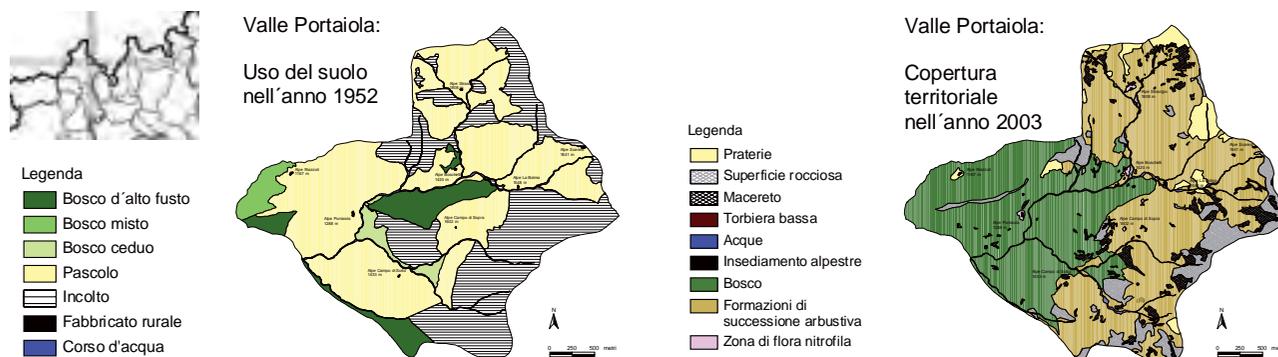
Fig. 2.2-18 a,b - Dalla interpretazione delle ortofoto del 1988 e del 2006 si evidenziano le trasformazioni recenti dell'uso del suolo: parte del suolo fino a poco tempo fa utilizzato per il pascolo, a causa dell'abbandono degli alpeggi più alti e distanti è soggetto a fenomeni di progressiva invasione di cespugli e piante (Alpe Colla, Comune di Craveggia). Fonte: Geoportale nazionale.

Fig. 2.2-18 c,d - La mappa del catasto rabbinico (Foglio 2 allegato D) illustra l'assetto delle proprietà dei pascoli dell'alpeggio dell'Alpe Colla: i terreni al di sotto della mulattiera proveniente all'Alpe Colla dalla Colma erano di proprietà privata, i pascoli sovrastanti di proprietà comunale.

La fotografia dello stato attuale mostra alcune parti a bosco con alberi vecchi (bosco a protezione dei sottostanti alpeggi dalle valanghe) e ampie parti dei pascoli comunitari ormai invase da cespugli e alberi giovani.

nota 2.2-20 - sulla redazione di carte di uso del suolo di aree alpine a partire dai dati del catasto rabbinico cfr. ZERBINATTI M., *Catasti storici e territorio*, in COMOLI V., VERY F., FASOLI V., (a cura di), *Le Alpi*, Celid, torino, 1997.

Fig. 2.2-19 - L'utilizzo delle carte di uso del suolo storico consente il monitoraggio delle trasformazioni diacroniche, in questo caso di alpeggi nel Parco della Val Grande. Carta *Uso del suolo della Valle Portaiola nell'anno 1952*, e Carta *Copertura territoriale della Valle Portaiola nell'anno 2003*, da HÖCHTL F., LEHRINGER S., cit., p. 71,72.



2.2-19

nota 2.2 -**21** - Per esempio nella realizzazione del database dell'Uso del suolo storico della regione emilia-romagna, è stata "introdotta una classe per i seminativi arborati, che le specifiche Corine non contemplano, poichè questo tipo di governo del territorio è andato via via scomparendo con la meccanizzazione", in GARBERI M.L., CAMPANI E., VIGILANTE E., cit.2

nota 2.2 -**22** - "si ritiene che l'uso del suolo storico possa essere uno strumento importante non solo per l'aspetto di ricostruzione ed indagine sulle dinamiche passate dei territori, ma per il contributo che può dare alla comprensione del presente e alla pianificazione del futuro", GARBERI M.L., CAMPANI E., VIGILANTE E., cit.

nota 2.2 -**23** - OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, *L'utilisation du sol: hier et aujourd'hui*, cit., p. 17.



2.2-20

Fig. 2.2-**20** - Grafici relativi al monitoraggio della diminuzione delle superfici agricole in funzione della declività del versante e dell'aumento delle superfici boscate in funzione dell'altitudine, in svizzera. Dall'incrocio dei dati è evidente come gli alpeggi, soprattutto quelli più alti e distanti, siano soggetti a fenomeni di abbandono e inselvaticimento. Da OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, *L'utilisation du sol: hier et aujourd'hui*, cit.

Fig. 2.2-**21** - elementi costruttivi materializzanti la perimetrazione di diversi usi del suolo: i muretti di recinzione costituiscono un prezioso patrimonio che documenta sia gli usi del suolo che le tecniche costruttive tradizionali (in questa figura: caratteristico muro di recinzione realizzato con lastre infisse verticalmente nel terreno, Alpe Braghi, 1130 m s.l.m.m., Val Vigezzo).

nate le specifiche del progetto europeo²¹. Oltre a questo occorre prestare attenzione alla congruenza delle informazioni documentarie.

Per esempio lo schema della figura 2.2-6 è basato su una ricostruzione congetturale dell'uso del suolo a prato e pascolo a fine Ottocento basata su dati eterogenei e talvolta contrastanti (le mappe del Catasto Rabbini del 1860 in scala 1:1000 e la Carta Topografica d'Italia IGMI del 1887 in scala 1:25.000). si rileva che, lungo la dorsale tra Craveggia e la Colma, la perimetrazione del limite del bosco riportata dalla Carta IGMI del 1887 non è congruente con la perimetrazione del bosco riportata dalla seconda edizione (1931) della stessa carta nè con la perimetrazione dei prati privati desumibile dal Catasto rabbini.

Le carte dell'uso storico, se confrontate con i rilievi dell'uso attuale, forniscono indicazioni sulle dinamiche di trasformazione del paesaggio di una certa area; lo studio delle dinamiche del passato può fornire indicazioni sui criteri progettuali da adottare nelle trasformazioni future²².

Per esempio sui versanti un tempo coltivati o interessati dall'alpicoltura, si assiste ad un marcato fenomeno di inselvaticimento delle superfici: terrazzamenti, prati maggengali e soprattutto i pascoli degli alpeggi, in parte abbandonati, vengono invasi dagli arbusti e successivamente dal bosco; le costruzioni in quota abbandonate in seguito allo spopolamento sono soggette a fenomeni di ruderizzazione, e le relative aree a prato o pascolo vengono inghiottite dall'avanzata del bosco; si assiste spesso al recupero dei manufatti edilizi ma al non contestuale recupero dei prati e dei pascoli adiacenti. L'inselvaticimento dell'ambiente circostante può essere freno al recupero di baite isolate o di intere borgate.

Per esempio in svizzera "gli alpeggi coprono 5378 km², cioè il 35,3% delle superfici agricole. L'abbandono del loro sfruttamento si fa in generale senza che esista realmente un progetto di riutilizzo. Questo abbandono riguarda in primo luogo gli alpeggi di difficile accesso e sfruttamento; secondo le statistiche, la superficie di tali alpeggi si è ridotta di 179 km². L'81% degli alpeggi lasciati incolti si sono nel frattempo ripopolati di foreste, di spazi boscati, di arbusti e di cespugli"²³.



2.2-21

Utilizzo della cartografia storica per il monitoraggio delle variazioni di uso del suolo
Caso studio: processi di abbandono dell'alpicoltura e di espansione del bosco su prati e pascoli nel comune di Craveggia



2.2-22a



2.2-22b



2.2-22c



2.2-22d



2.2-22e



2.2-22f



2.2-22g



2.2-22h

Fig. 2.2-22a - estratto della mappa del Catasto Rabbini che identifica i lotti di proprietà privata e gli usi del suolo. si tratta della parte inferiore dell'area dei maggenghi sovrastante l'abitato di Craveggia.

Fig. 2.2-22b - estratto della carta IGM del 1887 che riporta una delimitazione del bosco poco congruente con quella della seconda edizione della carta e gli altri dati. nell'uso della cartografia storica è necessario valutare criticamente l'accuratezza dei dati riportati. Il riquadro rosso individua l'area corrispondente nelle figure 22a,d,e,f.

Fig. 2.2-22c - estratto della seconda edizione del 1931 carta IGM. La delimitazione del bosco è congruente con il Catasto rabbini (tenendo in considerazione il diverso fattore di scala e quindi di accuratezza delle carte) e i segni sono tuttora visibili nelle ortofoto.

Fig. 2.2-22d - estratto di ortofoto del 1988. si notano alcune aree di bosco con alberi di minore dimensione, che lascia supporre un processo di abbandono dei prati e conseguente rinaturazione iniziato pochi decenni prima. Fonte: Geoportale nazionale.

Fig. 2.2-22e - estratto di ortofoto del 2006. e' evidente la maggior estensione dell'area di nuovo bosco sul margine sud orientale dell'area. Fonte: Geoportale nazionale.

Fig. 2.2-22f - estratto della *Carta della copertura e uso del suolo della Provincia di Verbano-Cusio-Ossola relativa all'anno 2007*, che registra, benché a piccola scala, le trasformazioni in atto.

Fig. 2.2-22g - elaborazione di carta di variazione dell'uso del suolo. sono riportati, su base cartografica costituita dalla carta IGM del 1931, il perimetro delle aree boscate nel 1931 (linea rossa), il perimetro delle aree boscate di recente espansione rilevabili nel 2009 nell'ortofoto della regione Piemonte (linea gialla).

Fig. 2.2-22h - Immagine fotografica della situazione attuale della porzione inferiore dell'area dei maggenghi: sono visibili le giovani piante in espansione sui precedenti prati.

2.2.2 - Indicazioni metodologiche per il rilievo di sistemi terrazzati e del loro stato di conservazione

2.2.2.1 - Inquadramento generale: definizioni, finalità, quadro normativo di pianificazione

Terrazzamenti artificiali, sistemi terrazzati, paesaggi terrazzati: alcune definizioni

In termini generali i terrazzamenti artificiali appartengono a quelle “tecniche materiali che rendono possibile la pratica dell’insediamento attraverso il dissodamento” che salsa annovera tra le pratiche fondamentali che hanno consentito all’uomo di insediarsi nelle valli alpine²⁴.

Più specificamente, per poterne leggere i caratteri specifici, Brancucci li definisce “un sistema complesso di trasformazione di versanti acclivi per la creazione di aree coltivabili attraverso la conservazione della risorsa suolo e l’utilizzazione e la gestione ottimale della risorsa acqua”²⁵, sottolineando ancora che i risultati di tali tecniche materiali si manifestano in paesaggi di estrema varietà e complessità in alcuni casi²⁶ eletti a patrimonio dell’umanità.

nel corso di questo capitolo si utilizzeranno frequentemente i seguenti termini:

- *terrazzamento*: la pratica e la costruzione artificiale di superfici pseudo-orizzontali di terreno coltivabile mediante muri o scarpate;
- *sistema terrazzato*: il sistema complesso costituito non solo dai terrazzamenti ma anche dal sistema di relazioni con il contesto (ad esempio il sistema di gestione delle acque, il sistema delle reti di comunicazione, il sistema di produzione agricola, ecc.);
- *paesaggio terrazzato*: il paesaggio - inteso come paesaggio culturale - caratterizzato dalla presenza di sistemi terrazzati.

nota 2.2 -**24** - SALSA A., 2013, cit., p. 149.

nota 2.2 -**25** - BRANCUCCI G., MASETTI M., *I sistemi terrazzati: un patrimonio, un rischio*, in SCARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell’arco alpino – Atlante*, Marsilio editori, Venezia, 2008, p. 46.

nota 2.2 -**26** - I terrazzamenti delle Cinque terre sono stati iscritti dall’Unesco nella World Heritage List nel 1997, nella tipologia *paesaggio culturale*. Cfr. la pagina ufficiale dell’Unesco World Heritage List relativa al sito delle Cinque terre: <http://whc.unesco.org/en/list/826>.



Fig. 2.2-**23** - esempio di terrazze coltivate a vite attorno alla borgata Veglio del comune di Montecrestese. La maggior parte delle terrazze attorno alla borgata sono ormai invase dal bosco in seguito al loro abbandono nella seconda metà del XX secolo.

2.2-23

Finalità

I sistemi terrazzati rappresentano dunque un patrimonio di grande valore, che però è fragile e in gran parte abbandonato: richiedono infatti una continua manutenzione, e la mancata cura porta nel giro di pochi decenni alla perdita del patrimonio culturale e a gravi situazioni di dissesto idrogeologico. Pertanto le problematiche relative alla conservazione dei paesaggi terrazzati hanno acquisito, a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso, sempre maggior attenzione.

In Italia “la diffusione dei terrazzamenti è stata a lungo trascurata dagli studiosi e dagli amministratori [...] soltanto di recente essi hanno ricevuto l’attenzione che, in quanto fenomeno geografico di straordinaria rilevanza, avrebbero sempre meritato”²⁷. A tutt’oggi manca per le Alpi un quadro conoscitivo affidabile su estensione e distribuzione dei paesaggi terrazzati.²⁸ Allo stato attuale la più completa indagine sui terrazzamenti in area alpina è quella condotta nell’ambito del progetto europeo Interreg ALPter - Paesaggi terrazzati dell’arco alpino²⁹, che però non ha interessato l’area del Verbano-Cusio-Ossola.

Questo capitolo ha la finalità di fornire indicazioni metodologiche per il rilievo dei sistemi terrazzati e del loro stato di conservazione, rivolte sia agli enti preposti alla pianificazione del territorio, sia ai professionisti incaricati di operazioni di recupero e valorizzazione di terrazzamenti o costruzioni ricadenti in aree terrazzate. tali indicazioni sono supportate da indagini preliminari riguardanti in generale la caratterizzazione dei paesaggi terrazzati della Valle Ossola, e da rilievi di casi-studio utilizzati come test esemplificativi.

Inventario dei terrazzamenti nel quadro delle norme per la pianificazione in Svizzera e Piemonte

In svizzera, la protezione delle terre agricole a terrazze è regolata dalle leggi e dagli ordinamenti sulla gestione del territorio e dalle leggi e dagli ordinamenti sulla protezione della natura e del paesaggio.

secondo le leggi federali, gli oggetti di protezione - in questo caso i sistemi terrazzati - devono essere preliminarmente inventariati e categorizzati secondo la loro importanza³⁰. In particolare la conservazione dei paesaggi a terrazze è una delle priorità della Fondazione svizzera per la tutela del paesaggio (sL-FP). La sL-FP sottolinea che in svizzera “il rischio di abbandono dello sfruttamento e di crollo dei muri in pietre a secco è presente in numerosi siti” e pertanto “sostiene da diversi anni in tutto il Paese dei progetti di conservazione e di sfruttamento sostenibile di tali impressionanti paesaggi culturali” attraverso progetti di recupero e valorizzazione di aree a terrazze.³¹

In Italia, in generale, “l’assenza di un quadro di riferimento unitario e coerente di carattere normativo a cui poter riferire le indicazioni per i paesaggi terrazzati, rende difficile la definizione e la stesura di norme e regole chiare e di facile gestione, complicando di conseguenza anche

nota 2.2 -**27** - SCARAMELLINI G., *Paesaggi terrazzati nell’area alpina: osservazioni geostoriche e prospettive analitiche*, in SCARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell’arco alpino - Atlante*, 2008, cit., p. 10, dove è riportata una completa bibliografia sull’argomento.

nota 2.2 -**28** - VAROTTO M., FERRARESE F., *Mappatura e classificazione geografica dei paesaggi terrazzati: problemi e proposte*, in SCARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell’arco alpino - Atlante*, 2008, cit., p. 38.

nota 2.2 -**29** - Cfr. www.alpiter.net.

nota 2.2 -**30** - ASSEMBLÉE FÉDÉRALE, *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage*, 1966, art. 4b. Cfr. PITTELOUD L., PRALONG J., *Les murs en pierres seches - Rapport final*, sereC, 2001, p. 10, dove è riportata e commentata la legislazione svizzera applicabile alla protezione delle terre agricole a terrazze.

nota 2.2 -**31** - FONDATION SUISSE POUR LA PROTECTION ET L’AMÉNAGEMENT DU PAYSAGE, *Programme UBS Employee Donations: Conservation des paysages en terrasses de Suisse*. In Canton ticino sono attualmente in atto due progetti di conservazione dei terrazzamenti: in Valle Onsernone e la Via delle Vose nel paesaggio terrazzato di Loco (cfr. <http://www.sl-fp.ch/>, data ultima consultazione 21/07/2014).

nota 2.2 -**32** - FONTANARI E., *Norme e politiche*, in SCARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008, p. 102-103.

nota 2.2 -**33** - Il Piano Paesaggistico regionale è stato adottato dalla Giunta regionale con DGr n. 53-11975 del 4 agosto 2009, ed è consultabile sul portale istituzionale della regione Piemonte: <http://www.regione.piemonte.it/territorio/pianifica/ppr.htm>.

nota 2.2 -**34** - Piano paesaggistico regionale, norme di Attuazione, art. 32 – Aree rurali di specifico interesse paesaggistico, comma 1.

nota 2.2 -**35** - Piano paesaggistico regionale, norme di Attuazione, art. 32, comma 2.

nota 2.2 -**36** - Piano paesaggistico regionale, norme di Attuazione, art. 32, comma 3.

nota 2.2 -**37** - Il Piano territoriale Provinciale della Provincia del Verbano-Cusio-Ossola nel repertorio delle risorse identitarie storico-culturali (elaborato A10) elenca i seguenti sistemi terrazzati: avanzi di piani terrazzati a Quarzino (frazione di Oggebbio); terrazzamenti in via t. Perassi a Intra; antichi vigneti a Cheggio (frazione di Viganella).

nota 2.2 -**38** - Cfr. per esempio le norme di attuazione del PrGC del comune di Montecrestese riportate nel capitolo 2.2.2.7.

l'azione di controllo e gestione degli strumenti urbanistici e degli interventi di trasformazione da parte della pubblica Amministrazione³².

In particolare in Piemonte i terrazzamenti sono considerati elementi distintivi dei “luoghi caratterizzati da peculiari interazioni di componenti edificate e parti libere coltivate o naturaliformi, o da relazioni morfologiche dei fondali, dei profili paesistici e delle emergenze visive” da tutelarsi in base all’art. 31 - relazioni visive tra insediamento e contesto - delle norme di Attuazione del Piano Paesaggistico regionale³³ (Ppr). Inoltre il Ppr “riconosce e tutela le aree caratterizzate da peculiari insiemi di componenti coltivate o naturaliformi con specifico interesse paesaggistico-culturale mettendo in evidenza [...] i sistemi paesaggistici rurali di significativa varietà e specificità, quali terrazzamenti [...]”³⁴. Pertanto il Ppr stabilisce tra gli indirizzi che i piani settoriali, in particolare quelli per l’agricoltura e la difesa del suolo, devono tener conto dei caratteri delle aree così identificate per garantire la loro conservazione attiva, la valorizzazione dei segni agrari e la connettività ecosistemica, anche attraverso l’introduzione di incentivi specifici che premiano le azioni di valorizzazione, soprattutto nei contesti evidenziati dal Ppr come particolarmente integri o minacciati o rari³⁵. ne derivano le seguenti direttive:³⁶

- i piani territoriali provinciali individuano le aree che, per la particolare leggibilità da percorsi di grande frequentazione o luoghi privilegiati di osservazione del paesaggio devono mantenere l’evidenza degli elementi caratterizzanti riconosciuti, salvaguardando l’integrità visiva degli assetti coltivati;

- i piani locali disciplinano le trasformazioni e l’edificabilità nelle aree agricole al fine di contribuire a conservare o recuperare la leggibilità dei sistemi di segni del paesaggio agrario, in particolare ove connessi agli insediamenti tradizionali o agli elementi lineari, tra cui i muri a secco;

- i piani locali definiscono specifiche normative, per l’utilizzo di materiali, e tipologie coerenti con il contesto paesaggistico e con i caratteri tradizionali dei luoghi, per la realizzazione di nuovi edifici di nuova costruzione o di altri manufatti (quali muri di contenimento, recinzioni e simili).

Le schede di descrizione degli ambiti di paesaggio del Ppr indicano, quando opportuno, se i terrazzamenti costituiscono fattori caratterizzanti o qualificanti di un determinato ambito ed eventuali indirizzi normativi e orientamenti strategici legati alla presenza di terrazzamenti.

A fronte delle direttive del Ppr, il Piano territoriale provinciale allo stato attuale nel repertorio delle risorse identitarie storico-culturali elenca solamente tre aree terrazzate³⁷; i piani regolatori Comunali di norma vietano interventi di nuova costruzione nelle aree terrazzate sottoposte a vincolo paesaggistico, ma spesso lasciano ampia discrezionalità negli interventi sui muri di contenimento e gli altri elementi costruttivi propri dei sistemi terrazzati³⁸.

2.2.2.2 - Rappresentazione cartografica e classificazione dei paesaggi terrazzati

Individuazione cartografica dei paesaggi terrazzati

Dalle indicazioni del Piano paesaggistico della regione Piemonte sopra riportate, i terrazzamenti appartengono ai sistemi paesaggistici rurali di significativa varietà e specificità, che devono essere messi in evidenza nella tavola relativa alle Componenti paesaggistiche³⁹. tale categoria è pertanto mappata nella suddetta tavola, ma non comprende solamente i sistemi paesaggistici rurali caratterizzati da terrazzamenti, ma più in generale caratterizzati anche da mosaici a campi chiusi o praticoltura con bordi alberati, alteni, frutteti tradizionali poco alterati, ecc. Pertanto i terrazzamenti non sono specificamente mappati e individuati cartograficamente. Solamente alcune aree della Val di Susa, all’imbocco della Valle d’Aosta e delle Langhe sono individuate, nella tavola del Quadro strutturale⁴⁰ del Ppr, quali “versanti con terrazzamenti diffusi”, ma nessuna area del Verbano-Cusio-Ossola risulta appartenere a tale categoria.

L’assenza di una mappatura dei terrazzamenti non è limitata alla regione Piemonte, ma è generalizzata. In Italia infatti i terrazzamenti, salvo minime eccezioni, non risultano registrati nella documentazione cartografica ufficiale. Questa “risulta quasi sempre carente o imprecisa: le carte regionali, nei casi migliori, riportano solo una minima parte dei muri di sostegno esistenti, spesso associati nella simbologia a elementi divisori con altre funzioni (massicciate stradali, recinzioni, muri di confine)”⁴¹ e questa situazione costituisce una problematica per l’individuazione e la rappresentazione cartografica dei terrazzamenti, che è più dettagliatamente affrontata nel successivo capitolo 2.2.2.4.

Pertanto operazione preliminare a qualsiasi intervento di pianificazione o di recupero che riguardi un paesaggio terrazzato dovrebbe essere la mappatura dell’estensione delle terrazze e dei muri, che, a meno di preesistenti studi a carattere locale, di norma richiederà un rilievo *ad hoc*. La mappatura richiede quindi una operazione di rilievo dedicato, solo in parte realizzabile mediante foto interpretazione o laser scanning ad alta risoluzione dal momento che tali metodi permettono di individuare solamente le aree terrazzate più evidenti ma non quelle in abbandono avvolte dalla vegetazione, per le quali è necessaria una onerosa procedura di rilievo diretto sul terreno (cfr. anche il successivo capitolo 2.2.2.4 relativo alle problematiche di rilievo dei sistemi terrazzati). se da un lato infatti esistono sistemi terrazzati chiaramente evidenti, vasti e ancora in gran parte utilizzati (ad esempio quello del comune di Montecrestese) non bisogna dimenticare i piccoli microterrazzamenti sparsi e diffusi in tutta la valle, molti dei quali non sono più individuabili se non con una campagna di indagine *in situ*. Il tipo di paesaggio può infatti variare: da quello caratterizzato da terrazzamenti diffusi, a quello che registra la presenza di micro-terrazzamenti. In merito, sia in Italia che in svizzera, nell’ambito di studi settoriali sui terrazzamenti sono stati

nota 2.2 -**39** - Piano Paesaggistico regionale, tavola P4 – Componenti paesaggistiche, scala 1:100.000.

nota 2.2 -**40** - REGIONE PIEMONTE, Piano Paesaggistico regionale, tavola P1 – Quadro strutturale, scala 1:250.000.

nota 2.2 -**41** - VAROTTO M., FERRARESE F., 2008, cit., p. 38.

Fig. 2.2-24 - Particolare della Tavola P4-1 - Componenti Paesaggistiche del Ppr comprendente l’area terrazzata del comune di Montecrestese e stralcio della relativa legenda. si noti che le aree terrazzate non sono specificamente individuate, ma ricadono più genericamente nella categoria *sistemi paesaggistici rurali di significativa varietà e specificità, con la presenza di radi insediamenti tradizionali integri o di tracce di sistemazioni agrarie e delle relative infrastrutture storiche*.



2.2-24

proposti diversi metodi di classificazione dei paesaggi terrazzati sulla base dell'estensione dei terrazzamenti.

Sistemi di classificazione dei paesaggi terrazzati in Svizzera

La Fondazione svizzera per la tutela del paesaggio ha adottato una classificazione di tipo qualitativo basata sull'estensione e sull'infrastrutturazione delle terrazze⁴², volta a identificare il tipo di paesaggio risultante, così come riportato nella tabella 2.2-1.

<i>tipo</i>	<i>definizione</i>	<i>esempio</i>
tipo 1	paesaggio dove le superfici a terrazze sono prevalenti	Lavaux
tipo 2	paesaggio con terrazzamenti isolati e di grandi dimensioni	bassa Valle di saas
tipo 3	paesaggio con terrazzamenti sparsi e di piccola dimensione	bassa Valle Maggia (Canton ticino)

tabella. 2.2 -1 - Classificazione dei paesaggi terrazzati adottata dalla Fondazione Svizzera per la tutela del Paesaggio (sL-FP).

I sistemi terrazzati del Canton ticino che, in base all'Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale, ricadono in aree classificate di importanza paesaggistica nazionale appartengono tutti al tipo 3; si tratta in particolare dei terrazzamenti della Valle di Muggio, della Valle Verzasca, della Val Bavona e di Morcote⁴³.

Sistemi di classificazione dei paesaggi terrazzati in Italia

In Italia nell'ambito del succitato progetto ALPter è stato formalizzato e testato un metodo di classificazione geografica dei paesaggi terrazzati di tipo quantitativo basato sulla mappatura delle superfici terrazzate⁴⁴, in cui le aree terrazzate sono caratterizzate sulla base di due

nota 2.2 -42 - RODEWALD R., *Proterra: Erhaltung der Terrassenlandschaften der Schweiz*, in Geomatik schweiz, 2005, n. 2, Issn 1660-4458, p. 68-72.

RODEWALD R., SCHWYZER Y., LIECHTI K., *Catalogue des paysages culturels caractéristiques de Suisse*, Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage, Berna, 2013, p. 74-75.

nota 2.2 -43 - RODEWALD R., *Instrumente zur nachhaltigen Entwicklung der Terrassenlandschaften*, stiftung Landschaftsschutz schweiz, Bern, 2007, p.18;

L'Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale è scaricabile dal portale dell'Ufficio Federale dell'Ambiente <http://www.bafu.admin.ch/>.

nota 2.2 -44 - VAROTTO M., FERRARESE F., 2008, cit., p. 38-45.



2.2-25

Fig. 2.2-25 - terrazzamenti del tipo 2 (classificazione SL-FP) nella bassa Valle di Saas.

Fig. 2.2-26 - sistema di terrazze con coltivazione della vite su un versante a forte pendenza a Vogorno (Valle Verzasca, Canton ticino).



2.2-26

indici che misurano rispettivamente l'estensione e l'intensità del terrazzamento.

L'indice di estensione del terrazzamento misura la percentuale di superficie terrazzata all'interno di una superficie di riferimento di 10.000 m². Il valore dell'estensione varia quindi tra 0 e 1 e permette di classificare i paesaggi micro terrazzati (estensione del terrazzamento compresa tra 0,01 e 0,33 ettari per ogni ettaro di riferimento) in cui insistono micro terrazzamenti alternati ad aree non terrazzate, i paesaggi intermedi (mesoterrazzati) e infine i paesaggi macro terrazzati, dove sono presenti vaste aree terrazzate senza interruzioni (estensione del terrazzamento compresa tra 0,66 e 1,00 ettari per ogni ettaro di riferimento). Vale la pena notare che l'indice di estensione è influenzato dalla prossimità ai bordi dell'area terrazzata, dove tende ovviamente a diminuire. esso sarà quindi basso soprattutto per quei terrazzamenti piccoli (di area inferiore ad un ettaro) e sparsi.

L'indice di intensità misura il rapporto tra l'estensione dei muri verticali (o dei ciglioni) e l'area della relativa superficie terrazzata. "Tale indice consente di valutare non solo l'intensità dell'opera di terrazzamento, ma anche la consistenza dei muri in funzione della loro rilevanza paesistica e delle loro manutenzione". Di norma si considerano aree a bassa intensità quelle che presentano tra i 5 e i 200 metri di muri per ettaro, mentre aree ad alta densità quelle che presentano oltre 800 metri di muri per ettaro. tali valori soglia possono però essere adattati per meglio descrivere differenze tra i terrazzamenti di un ambito geografico circoscritto.

L'individuazione di tali indici presuppone una preventiva mappatura dei terrazzamenti e l'elaborazione dei dati all'interno di un sistema informativo geografico di tipo GIS, e quindi un rilievo quantitativo - e non solamente qualitativo - che risulta spesso problematico o quantomeno molto oneroso.



2.2-27

Fig. 2.2-27 - sistema di terrazze con coltivazione a seminativo su un pendio a bassa inclinazione ad Altoggio (Val Vigezzo).

<i>indice</i>	<i>classi</i>	<i>valori di riferimento</i>
estensione delle cellule terrazzate	paesaggio microterrazzato	0,01-0,33 ha/ha
	paesaggio mesoterrazzato	0,33-0,66 ha/ha
	paesaggio macroterrazzato	0,66-1,00 ha/ha
intensità di terrazzamento	bassa intensità	5-200 m/ha
	media intensità	200-800 m/ha
	alta intensità	>800 m/ha

tabella. 2.2 -2 - Classificazione dei paesaggi terrazzati proposta dal progetto ALPTER.

Mappatura e classificazione dei paesaggi terrazzati nelle valli ossolane

nota 2.2 -45 - RAMONI R., *I terrazzamenti di Viganella: un'ipotesi di rivalorizzazione*, tesi di laurea triennale, Università degli studi di Milano, relatore Luca Bonardi, 2013.

I terrazzamenti lungo l'asse primario del fiume Toce risultano piuttosto sparsi e spesso di piccole dimensioni; perciò sono classificabili come di tipo 3 secondo la succitata classificazione svizzera. La valle principale presenta infatti versanti laterali molto scoscesi contrapposti ad un fondovalle piuttosto ampio; i terrazzamenti sono quindi posti in prossimità delle piccole e sparse borgate di mezzacosta. nelle valli laterali, caratterizzate dall'assenza di un fertile e ampio fondovalle, i terrazzamenti costituiscono spesso una scelta obbligata per ricavare terreno coltivabile e quindi i sistemi terrazzati sono sparsi ma di maggiori dimensioni, come ad esempio a Viganella in Valle Antrona.⁴⁵ Invece l'articolato sistema terrazzato del comune di Montecrestese presenta caratteristiche che possono ascriverlo al tipo 1.

Fig. 2.2-28 - Particolare dell'Ortofotocarta - volo 2009 - della regione Piemonte, in cui è riconoscibile il sistema terrazzato circostante la borgata naviledo nel comune di Montecrestese. sono individuabili i muri di sostegno e i pergolati per la coltivazione della vite.

Per la Valle Ossola non sono al momento disponibili dati che permettano di calcolare gli indici di estensione e di intensità per tutte le aree terrazzate della Valle. nell'ambito del progetto Alpstone essi sono stati calcolati per il caso studio dei terrazzamenti di naviledo, una delle aree



2.2-28

dell'altopiano terrazzato del comune di Montecrestese sulle sponde del torrente Isorno che nel suo complesso presenta un'area terrazzata continua e chiaramente identificabile di circa 100 ettari. Il sistema di terrazzamenti che circonda da tutti i lati la borgata di Naviledo ha un elevato indice di estensione, pari ad 1 (paesaggio macro terrazzato) e indice di intensità mediamente di circa 700-800 m/ha (al limite tra il paesaggio di media ed elevata intensità di terrazzamento), con punte di circa 1000 m/ha nelle terrazze a sud-est della borgata.

2.2.2.3 - Classificazione e rilievo degli elementi costruttivi dei sistemi terrazzati

Il rilievo dello stato di conservazione o di degrado di un sistema terrazzato richiede la conoscenza delle funzioni e delle prestazioni dei vari elementi del terrazzamento, e quindi della classificazione di tali elementi che compongono il sistema terrazzato. Il terrazzamento è infatti un sistema che deve assolvere a diversi scopi. In termini generali secondo Bonardi, il terrazzamento mira a “sostituire a suoli poco spessi, fragili e rapidamente disseccabili, suoli più profondi, maggiormente resistenti all'erosione e capaci di conservare l'umidità negli strati più bassi”⁴⁶; più specificatamente, secondo Haussmann, esso ha lo scopo di “plasmare la giacitura dei terreni nell'intento di predisporvi un regime idrico propizio alla vegetazione, prevenendo, nel contempo – o separatamente – i fenomeni erosivi imputabili al rilievo, al clima e alle lavorazioni stesse”⁴⁷.

I terrazzamenti sono quindi un sistema complesso che non è limitato alla parte chiaramente visibile, come i muri di sostegno, ma comprende anche il terreno da essi contenuto, le coltivazioni, le opere di controllo idrico, e in cui la complessità⁴⁷ risiede nelle relazioni tra gli elementi costruttivi, il contesto ambientale statico e dinamico (caratteristiche geologiche del substrato, climatiche, idrogeologiche e i relativi fenomeni di

nota 2.2-46 - BONARDI L., *I versanti terrazzati dell'arco alpino: tecniche costruttive e modelli formali*, in SCARAMELLINI G., VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino - Atlante*, 2008, cit., p. 28, e HAUSSMANN G., *Suolo e società*, Istituto sperimentale per le colture foraggere, Lodi, 1986.

nota 2.2-47 - sul concetto di sistema complesso cfr. SIMON H. A., *The Sciences of the Artificial*, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 3rd edition, 1996 (1st edition 1969), p. 215.



2.2-29

Fig. 2.2-29 - successione di terrazze a Coimo, in Val Vigizzo. si può notare la gerarchia di muri di altezza diversa e la presenza del limat.

nota 2.2-48 - SCARAMELLINI G., *Paesaggi terrazzati nell'area alpina: osservazioni geostoriche e prospettive analitiche*, 2008, cit., p. 10-18.

nota 2.2-49 - BONARDI L., 2008, cit., p. 29.

nota 2.2-50 - La descrizione degli elementi costruttivi si basa su rilievi diretti e sui seguenti manuali: STOLL G., *Directive pour la construction de murs en pierres sèches*, Federazione svizzera Costruttori muri a secco FsCMs, 2012; CONTI G. M., ONETO G., *Paesaggio di pietra, alberi e colore - L'architettura tradizionale nel Verbano-Cusio-Ossola*, Alberti Libraio editore, Intra, 2008; BONARDI L., *I versanti terrazzati dell'arco alpino: tecniche costruttive e modelli formali*, cit.; MARTINI S., PESCE G., DE FRANCHI R., *Manuale per la costruzione dei muri a secco*, Parco nazionale delle Cinque terre.

trasformazione) e il contesto colturale e culturale. Pertanto in questo capitolo 2.2.2.3 e nel 2.2.2.5 dedicato al rilievo dello stato di conservazione, le indicazioni relative al rilievo e alla classificazione degli elementi dei sistemi terrazzati sono abbinate alla descrizione dei fenomeni e delle modalità di costruzione, di esercizio e di degrado degli stessi.

Secondo una classificazione consolidata⁴⁸, le strutture verticali o pseudo verticali di contenimento delle terrazze sono catalogabili in 5 tipologie costruttive:

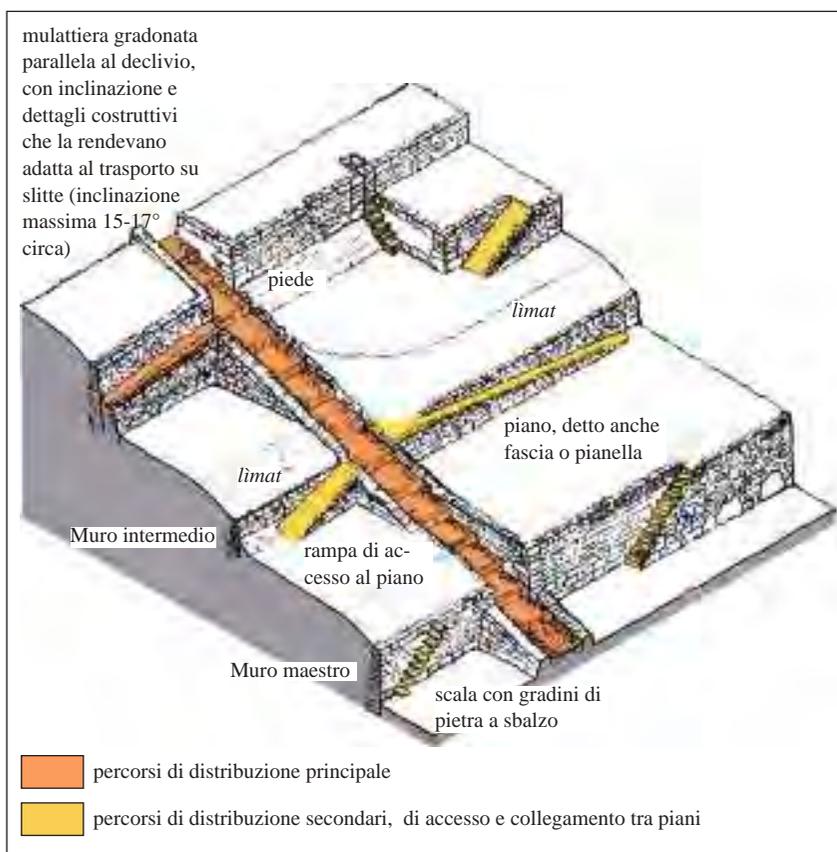
1. ciglioni: scarpate senza muri, in terra inerbita
2. lunette: sostegni per singoli alberi realizzati mediante scarpata o piccolo muro a secco
3. gradoni: serie di ripiani irregolari, sostenuti da scarpate a ciglioni o da muri a secco
4. terrazze: successione di ripiani digradanti regolarmente, sostenuti da muri a secco
5. costruzioni a terrazze: ripiani regolari costruiti con materiali di provenienza esterna, ad esempio mattoni o pietre pregiate, caratteristici delle ville suburbane.

I muri o più in generale le scarpate sono fondamentali per la solidità e la stabilità: “la costruzione del terrazzamento prevede come sua fase più delicata quella relativa all’esecuzione del muro e dei suoi immediati dintorni. La solidità dell’impianto è connessa al peso del muro, all’adesione delle pietre che lo compongono, alla spinta esercitata dalla terra. Quest’ultima muta al variare della sua composizione, dell’inclinazione e della quantità di acqua, soggetta a rapidi mutamenti, presente nel suolo”⁴⁹.

Di seguito verranno presi in considerazione i terrazzamenti di tipo 4, quelli cioè sostenuti da muri a secco. Verranno descritti non solamente i muri ma i vari elementi costruttivi⁵⁰ che nel loro complesso formano un sistema terrazzato, e le caratteristiche che è necessario rilevare per poter allestire un corretto progetto di recupero.



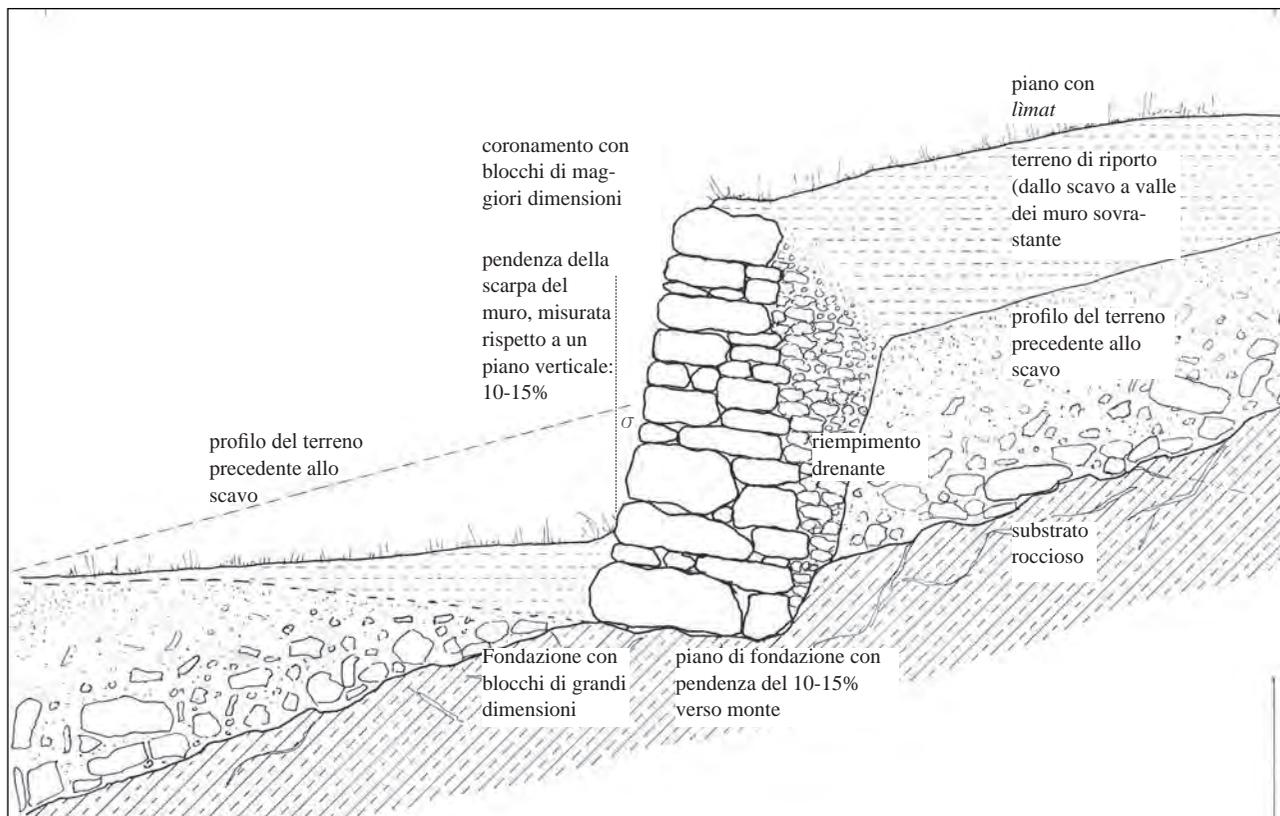
Fig. 2.2-30 - esempio di sistema terrazzato a ciglioni (borgata sagrognio in Val Vigezzo).



2.2-31

Fig. 2.2-31 - schema assonometrico dei principali elementi costitutivi di un sistema terrazzato.

Fig. 2.2-32 - schema della sezione verticale trasversale di un muro di sostegno di un terrazzamento (il profilo del terreno, le dimensioni del muro e la superficie dei corsi di blocchi sono basate sul rilievo di un muro della frazione naviledo; gli strati del substrato e delle parti interne del muro sono ipotizzate secondo le pratiche costruttive descritte nelle schede seguenti).



2.2-32

scheda 2.2-1



2.2-33a



2.2-33b

nota 2.2 -**51** - MARTINI S., PESCE G., DE FRANCHI R., *Manuale per la costruzione dei muri a secco*, cit, p.18.

nota 2.2 -**52** - Le indicazioni del *Manuale per la costruzione dei muri a secco* del Parco nazionale delle Cinque terre richiedono che la pendenza del piano di appoggio sia superiore al 10%; le indicazioni della *Directive pour la construction de murs en pierres sèches* della Federazione svizzera Costruttori muri a secco prescrivono che la pendenza del piano di appoggio sia superiore al 15%. Cfr. MARTINI S., PESCE G., DE FRANCHI R., cit., p.51-52; STOLL G., 2012, cit., p. 7.

nota 2.2 -**53** - nel caso di substrato in terra (coltre consistente), la profondità dello scavo può essere limitata a soli 20-30 cm, cfr. MARTINI S., PESCE G., DE FRANCHI R., cit., p. 52.

nota 2.2 -**54** - STOLL G., 2012, cit., p. 6. .

FONDAZIONI

Elementi e caratteri della costruzione

Substrato: esso può essere costituito da uno strato roccioso compatto o alterato, oppure da una coltre elluvio-colluvionale compatta. Dal substrato dipende l'inclinazione del terrazzamento e quindi indirettamente l'altezza dei muri, nonché il tipo di fondamenta; da esso deriva normalmente il materiale di costruzione dei muri. Il substrato può essere affiorante o ricoperto da uno strato di terreno di norma sottile e pertanto inadatto alla coltivazione.

Piano di fondazione: base di appoggio del muro di terrazzamento che può essere costituita sia dal substrato roccioso sano (preferibile) o alterato, sia (quando consistente e compatta) dalla coltre elluvio-colluviale di copertura della roccia.⁵¹ tale base viene ottenuta con scavo nel materiale del substrato sino a ottenere un gradino con un piano di appoggio con una pendenza del 10-15% verso monte.⁵² La profondità dello scavo varia in funzione della consistenza del terreno; di norma è necessario procedere all'asportazione del materiale terroso che ricopre il substrato ed alla rimozione del capellaccio di alterazione fino a trovare il substrato roccioso o quantomeno uno strato portante;⁵³ nel caso di substrato roccioso compatto affiorante si possono osservare muri pensili.

Corso di blocchi di fondazione: corso di blocchi realizzato con le pietre disponibili di maggiori dimensioni; esse sono posate direttamente sul piano di fondazione, senza un sottostante strato di pietre di piccole dimensioni. Lo spessore della fondazione del muro è compresa tra 1/3 e 1/2 dell'altezza del muro, in ogni caso almeno 50 cm. Le pietre di fondazione sono posate nel muro nel senso della lunghezza. nel caso di elevati apporti d'acqua nel terreno o in presenza di terreni impermeabili, la fossa di fondazione deve essere drenata.⁵⁴

Caratteristiche da rilevare

- La pendenza del versante qualora non sia valutabile cartograficamente con sufficiente accuratezza (ad esempio con un clinometro);
- la presenza di affioramenti rocciosi visibili, eventualmente inglobati nel muro;
- nel caso di fondazioni su roccia visibili e in particolare nel caso di muri pensili, verificare che i blocchi di fondazione siano interamente appoggiati sul gradino di fondazione e non a sbalzo.

MURO DI CONTENIMENTO IN PIETRA A SECCO (forma dialettale: *sustan*)

Elementi e caratteri della costruzione

Geometria del muro: muro in pietra a secco di altezza variabile. L'altezza del muro varia da un minimo di pochi decimetri fino a 2-3 metri. Solo raramente si trovano muri di altezza maggiore e che possono anche superare i 5 metri (ad esempio il "Muro del Diavolo" ad Arvenolo). tale dato appare strettamente connesso al grado di pendenza del versante e alla profondità delle pianelle coltivate, la quale dipende dalla destinazione produttiva.

In un sistema terrazzato può essere presente una gerarchizzazione dei muri, che possono avere importanza, e conseguentemente dimensioni e tecniche costruttive, diverse, con "muri maestri aventi funzione di sostegno di più terrazze sovrastanti e muri intermedi destinati più che altro a livellare il terreno e dirigere i corsi d'acqua"⁵⁵.

Scarpa: i muri presentano una leggera scarpa, cioè il filo esterno del paramento murario è leggermente inclinato verso monte, per garantire la giusta opposizione alle forze risultanti dalla pressione del terreno. La pendenza della scarpa, misurata per comodità rispetto al piano verticale, ha normalmente un valore del 10-15%, ed è ottenuta disponendo le pietre in modo che giacciono leggermente inclinate formando un angolo retto tra la giacitura naturale delle pietre e il filo esterno del paramento murario.

Blocchi: conci a spacco trovati sul posto nelle operazioni di spietramento e aratura dei terreni. tutte le pietre del muro (ad eccezione delle lastre di copertura che in certi casi possono essere poste verticalmente), devono essere poste secondo la loro giacitura naturale. esse vanno poste in modo che la loro larghezza e profondità siano superiori all'altezza (in media 1,5-2 volte l'altezza). Le pietre, oggetto o meno di precedente lavorazione, devono essere assemblate riducendo al minimo i vuoti e con adattamento coeso al letto inferiore, onde garantire pesi e attriti interni maggiori. I punti d'appoggio delle pietre devono trovarsi nei primi 5 cm a partire dal filo esterno del paramento; quando questo non sia possibile le pietre vengono preferibilmente tagliate oppure vengono inserite delle pietre a cuneo di piccola taglia.

Corsi: strati orizzontali di pietre disposte più o meno ordinatamente che, sovrapposti gli uni agli altri, costituiscono il muro di sostegno. La loro altezza è, generalmente, data dall'altezza delle pietre di maggiori dimensioni che sono impiegate nel paramento esterno. tutti gli strati di pietre devono essere leggermente inclinati verso l'interno del muro, in modo da formare un angolo retto con il filo a scarpa. Le pietre di punta e di piatto devono essere alternate, coi giunti verticali sfalsati tra un corso e l'altro. I giunti hanno anche la funzione di scaricatoio delle acque. La taglia dei blocchi è molto varia, tendendo di norma a diminuire verso l'alto.

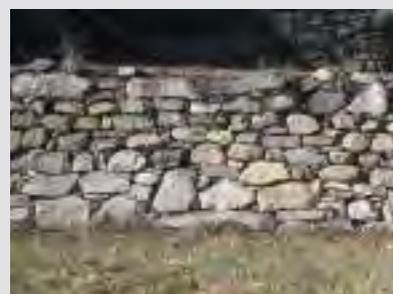
In un muro di buona fattura dovrebbero essere presenti - regolarmente distribuiti - i diatoni, pietre di profondità pari allo spessore dell'intero muro⁵⁶.

Riempimento drenante: vedasi il componente "drenaggio".

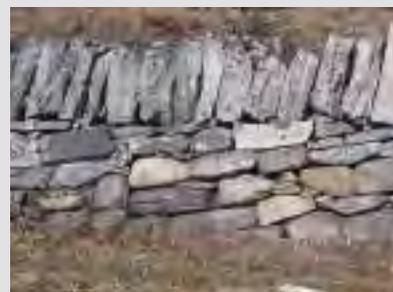
scheda 2.2 -2



2.2-34a



2.2-34b



2.2-34c

nota 2.2 -55 - BONARDI L., 2008, cit., p. 29.

nota 2.2 -56 - secondo la *Directive pour la construction de murs en pierres sèches* della F&C Ms, i diatoni devono essere in numero sufficiente: nel terzo inferiore del muro, a partire sin dal corso di fondazione, devono essercene almeno 1 per ogni metro lineare in ogni corso, con almeno 3 diatoni ogni m² di superficie del paramento; nel parte superiore del muro, due diatoni ogni m² di superficie del paramento murario. In ogni caso i diatoni devono essere distribuiti in modo uniforme, in modo che siano sfalsati verticalmente e che l'interasse in orizzontale sia al massimo di un metro. Cfr. STOLL G., 2012, cit., p. 6-7.



2.2-34d



2.2-34e



2.2-34f

Coronamento: parte terminale del muro di terrazzamento che, generalmente, si conclude a filo del piano di coltivazione. In alcuni casi (nei terrazzamenti prossimi alle vie di transito o alle borgate) la testa del muro può sporgere alcuni decimetri a formare un muro di divisione. Trattandosi di un punto critico per l'intera costruzione, la copertura del muro di sostegno è realizzata con grandi pietre pesanti posate orizzontalmente (eventualmente ricoperte di uno strato di terreno erboso), oppure con lastre posate in verticale di taglio, strettamente serrate le une alle altre.

Piede: nel caso di muri particolarmente alti, il muro di contenimento viene rinforzato con un piede di pietre accumulate alla base del muro e ricoperte da uno strato erboso.

Estremità laterali, cantonali, muri perpendicolari di spina: i muri terminano alle estremità laterali mediante l'arresto contro un tratto di muro perpendicolare o il progressivo abbassamento sino alla scomparsa nel terreno. I cantonali sono le terminazioni ad angolo del paramento murario. I cantonali, essendo un punto di discontinuità e debolezza della muratura, sono generalmente costituiti da blocchi scelti di grosse dimensioni e di forma più regolare, alternando blocchi di punta e di fianco. I muri perpendicolari o di spina sono disposti perpendicolarmente alle curve di livello per concludere trasversalmente un terrazzamento. La tecnica di realizzazione del paramento murario del muro di spina è la stessa sopra descritta per i muri di sostegno.

Ricoveri: i muri erano spesso muniti di piccole nicchie (forma dialettale: *vistè*) atte a conservare al fresco cibi e bevande per gli agricoltori; cavità più ampie (forma dialettale: *ripustili*) erano destinate a contenere attrezzi agricoli e come riparo durante i temporali⁵⁷.

Caratteristiche da rilevare

- Dimensioni generali dei muri: altezza massima e media, larghezza del muro; la presenza e le dimensioni del piede inerbito;
- eventuale gerarchia dei muri;
- valore dell'angolo di scarpa;
- dimensione dei blocchi di pietra in un'area campione (ad esempio una porzione del paramento murario, estesa dalla base al coronamento per rilevare la variazione di dimensione delle pietre dal basso verso l'alto, larga un metro); nel caso di muro integro è possibile rilevare solamente la faccia visibile, la profondità in media è pari ad 1,5-2 volte l'altezza;
- corretta fattura e qualità costruttiva del muro: verificare la stabilità delle pietre (i blocchi non devono muoversi se si esercita una pressione sul bordo esterno del blocco); un muro di elevata qualità di norma non presenta scaglie di pietra usate come cunei tra i blocchi; nel caso siano presenti scaglie tra i blocchi, valutarne la quantità e verificare che non possano essere estratte a mano⁵⁸. La presenza dei diatoni è rilevabile nel caso di tratti di muri crollati; la corretta inclinazione dei corsi verso l'interno è rilevabile in corrispondenza dei cantonali, delle nicchie, dei bordi dei tratti crollati;
- il tipo, le dimensioni e la stabilità del coronamento;
- le dimensioni e la disposizione, alternata, dei blocchi dei cantonali;
- localizzazione, dimensioni e sistema di copertura dei ricoveri.

nota 2.2 -57 - CONTI G. M., ONETO G., 2008, cit., p. 204-205.

nota 2.2 -58 - STOLL G., 2012, cit., p. 6-7

DRENAGGIO

scheda 2.2 -3

Elementi costruttivi

Il drenaggio viene ottenuto con un sistema più o meno complesso di accorgimenti ed elementi costruttivi, variabili in funzione della quantità e della provenienza delle acque; nei casi più semplici può essere limitato al riempimento drenante a monte del muro; nei casi più complessi possono essere presenti canalette di evacuazione, superficiali o interrate.

Riempimento drenante: parte del muro di sostegno costituito da materiale litico, generalmente di piccola pezzatura e nascosto alla vista, disposto tra il paramento murario e il terreno retrostante. Il riempimento drenante deve essere impilato con cura, a mano, disponendo le pietre di punta. evita o contiene fenomeni critici di saturazione del suolo e di spinta idrostatica.

Canalette di drenaggio: l'acqua superficiale è controllata mediante la pendenza delle pianelle degradanti verso le estremità e canalette superficiali o interrate atte alla prevenzione del ruscellamento e dei suoi esiti.

Caratteristiche da rilevare

- Presenza e corretta disposizione del riempimento drenante, verificabile in corrispondenza di porzioni di muro crollate
- geometria (posizione, direzione, lunghezza, sezione) di eventuali canalette di evacuazione.



2.2-35a



2.2-35b

PIANO (O FASCIA O PIANELLA) (forma dialettale: *pianèl*)

scheda 2.2 -4

Elementi costruttivi

Parte del terrazzamento su cui avviene la coltivazione. Può essere sub-pianeggiante, nelle zone sfruttate ad orto e a seminativo, o caratterizzata da una pendenza più o meno elevata (legata alla pendenza del versante) nelle aree coltivate a vite. Venivano ottenute riempiendo la parte posteriore dei muri di contenimento con terreno asportato a valle del muro o con terreno fertile trasportato anche da lontano; erano coltivate "a orto o a vigneto sulle rive dei laghi, e prevalentemente per colture agricole (patate, segale, biada) o a vigneto nelle valli ossolane. A volte erano anche tenute a pascolo o ospitavano piante da frutta o – nelle aree meglio esposte – anche ulivi".⁵⁹

nelle valli ossolane frequentemente le pianelle sono divise in due parti: una parte coltivata, più pianeggiante e al piede del muro successivo (*pian*) e una fascia di 2-3 metri utilizzata per il passaggio e la raccolta del materiale (*limat*). La pendenza del *limat* è variabile, e può cambiare mano a mano che il muro viene alzato con l'apporto di altro materiale di spietramento.

Caratteristiche da rilevare

- Dimensioni e geometria: profondità e inclinazione della pianella, larghezza ed inclinazione dell'eventuale *limat*;
- colture attuali e, sulla base dei dati dei catastali, storiche.



2.2-36

nota 2.2 -59 - STOLL G., 2012, cit., p. 6-7

scheda 2.2-5

COLLEGAMENTI E PERCORSI DI DISTRIBUZIONE**Elementi costruttivi**

I collegamenti sono gerarchizzati in:

- percorsi distributivi principali del sistema terrazzato, sia verticali che orizzontali, mediante mulattiere percorribili da animali da soma;
- accessi ai piani e collegamenti tra piani adiacenti, mediante scale o rampe.

Le mulattiere collegano molte pianelle, sviluppandosi diagonalmente lungo il versante o spesso lungo la linea di massima pendenza per tutta l'estensione del sistema terrazzato; devono permettere il passaggio di animali da soma o di slitte e quindi presentano larghezza e pendenza adeguate (tipicamente la parte pavimentata ha una larghezza di 160-170 cm e, nel caso che si sviluppino tra muri laterali, lo spazio di percorrenza è largo un paio di metri; la pendenza tipicamente è del 20-30%) e sono spesso realizzate con gradonate aventi alzate di pochi centimetri.

I percorsi orizzontali si sviluppano lungo i *limat* delle pianelle, oppure, per percorsi che collegano più fondi, lungo mulattiere ricavate mediante una stretta pianella posta ad un'altezza intermedia tra le pianelle sovra- e sotto-stanti.

L'accesso alle pianelle avviene tramite rampe che si dipartono dalle mulattiere principali.

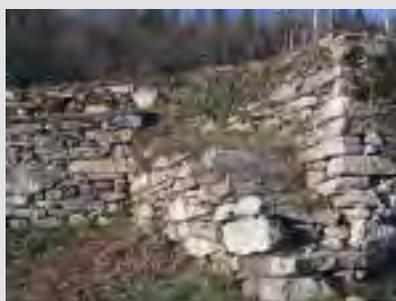
Le scale possono avere la rampa parallela ai muri di sostegno o ai muri perpendicolari di spina, realizzate come un volume addossato ai muri o con lastre a sbalzo.

Caratteristiche da rilevare

- Lo schema del sistema distributivo e la sua gerarchia;
- dimensioni e modo di costruzione delle scale;
- dimensioni e modo di costruzione della pavimentazione delle mulattiere.



2.2-37a



2.2-37b



2.2-37c



2.2-37d

2.2-37e



2.2.2.4 - Problematiche di rilievo e rappresentazione cartografica della copertura del suolo terrazzato

Allo stato attuale la documentazione cartografica ufficiale relativa ai terrazzamenti risulta carente o imprecisa, o addirittura inesistente. Un discorso analogo vale anche per la documentazione storica, sia essa di tipo cartografico, statistico-agronomico o catastale. Solo in alcuni catasti ottocenteschi risulta una classazione *ad hoc* per terreni sorretti da muro,⁶⁰ e “la documentazione cartacea del passato di norma ricorda soltanto le migliorie idrauliche e le piantagioni arboree, ma non le sistemazioni del terreno”⁶¹.

Rappresentazione cartografica della copertura dei suoli terrazzati

La rappresentazione ufficiale degli usi e della copertura del suolo non registra la presenza dei terrazzamenti. La classificazione adottata dalla Regione Piemonte e riportata nel capitolo 2.2.1.2, fig. 8, non presenta classi, neppure al quarto livello, esplicitamente relative ai terrazzamenti. Discorso analogo vale per la classificazione della Regione Lombardia che, pur estesa fino al quinto livello, non prevede in alcuna classe la presenza esplicita dei terrazzamenti⁶². Considerando l'importanza paesaggistica, le peculiarità costruttive e gli effetti di controllo idrogeologico dei terrazzamenti, si propone di creare e adottare delle classi di uso e copertura del suolo specifiche per i terrazzamenti. In particolare, dal momento che, come visto nei sottocapitoli precedenti relativi alla classificazione dei terrazzamenti, le caratteristiche dei terrazzi dipendono fortemente dal tipo di coltura, si propone di creare più classi relative ai terrazzamenti per ciascun tipo di coltura principale. nel caso di una classificazione *Land Cover* articolata su 4 livelli, le classi relative ai terrazzamenti devono appartenere al quarto livello; nel caso di una legenda articolata su 5 livelli, si propone invece di istituire una classe relativa ai terrazzamenti in generale al quarto livello, e ulteriori sottoclassi al quinto livello relative ai vari tipi di colture ad essi associate.

nel caso di adozione della legenda *Land Cover* della regione Piemonte, si propone di aggiungere le ulteriori classi al quarto livello:

2115	seminativi su terrazzamenti in aree non irrigue
2211	Vigneti su terrazzamenti
2226	Frutteti su terrazzamenti
2231	Oliveti su terrazzamenti
3412	terrazzamenti con vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione naturale
2421	sistemi colturali e particellari complessi a terrazze.

tabella. 2.2 -3 - Ipotesi di rappresentazione della copertura del suolo terrazzato in classi di quarto livello.

nota 2.2 -60 - VAROTTO M., FERRARESE F., 2008, cit., p. 38.

nota 2.2 -61 - SCARAMELLINI G., 2008, cit., p. 11.

nota 2.2 -62 - La classificazione di usi del suolo adottata dalla regione Lombardia è riportata in D. FASOLINI, S. MANETTA, *Uso del suolo in Regione Lombardia – Atlante descrittivo*, cit.

Figg. 2.2-38 e 2.2-39 - Complessa mosaicità delle particelle terrazzate con diverso uso del suolo. si può notare la coltivazione della vite e di erba da sfalcio in piani adiacenti o addirittura sullo stesso piano (borgata naviledo di Montecrestese). In casi simili la rappresentazione cartografica della copertura del suolo potrebbe essere risolta con l'assegnazione alla classe 2421.



2.2-38



2.2-39

nota 2.2-**63** - secondo le indicazioni contenute in EUROPEAN COMMISSION [...], *CORINE Land Cover – Technical guide*, la classe 2.4.2 “Complex cultivation patterns” è così descritta: “juxtaposition of small parcels of diverse annual crops, pasture and/or permanent crops”.

nota 2.2-**64** - Una metodologia simile, pur con una diversa nomenclatura delle classi, è stata adottata in MODICA G., PRATICÒ S., POLLINO M., DI FAZIO S., *Geomatics in Analysing the Evolution of Agricultural Terraced Landscapes*, in MURGANTE B. et al. (a cura di): ICCS 2014, Part IV, LNCs 8582, Springer International Publishing Switzerland, 2014, pp. 479-494.

Figg. 2.2-**40** e 2.2-**41** - Altri esempi di complessa mosaicità delle particelle terrazzate con diverso uso del suolo. In questo caso le terrazze sono adibite a coltivazioni orticole e miste (giardino e vite). (borgata san Carlo in Val Bavona e borgata naviledo di Montecrestese).



2.2-40



2.2-41

La classe 2421⁶³ permetterebbe di rappresentare tutti quei terrazzamenti che presentano una grande varietà di colture (vite, prati da sfalcio, cereali) in uno spazio limitato: varie colture infatti possono trovare spazio in un mosaico di terrazze adiacenti, o addirittura essere compresenti sullo stesso ripiano. tipico è il caso della compresenza di prato da sfalcio e vite.

Le parti di terrazzamenti abbandonate da più tempo potrebbero ricadere nelle aree boscate (a latifoglie, classe 311); risulta però poco praticabile la creazione di una classe *ad hoc* per le aree boscate sviluppatesi su antichi terrazzamenti per l'impossibilità di rilevarle mediante foto-interpretazione.⁶⁴

tale approccio privilegia senz'altro la rappresentazione sulla base delle colture. Mentre un'ottica che potremmo definire maggiormente “architettonica” dovrebbe privilegiare la rappresentazione dei terrazzamenti come sistema di costruzioni. si potrebbe allora ipotizzare una diversa classificazione: in questo caso, in una classificazione a cinque livelli, si potrebbero raggruppare tutte le aree terrazzate nella classe 2421 - *Sistemi colturali e particellari complessi a terrazze*, così ulteriormente suddivisa:

24211	terrazzamenti a seminativo
24212	terrazzamenti a vigneto
24213	terrazzamenti a frutteto
24214	terrazzamenti a oliveto
24215	terrazzamenti con vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione naturale.

tabella. 2.2 -**4** - Ipotesi di rappresentazione della copertura del suolo terrazzato in classi di quinto livello.

In tal caso la definizione “Sistemi colturali e particellari complessi” propria della classe 242 rimane valida, poiché la complessità risiede non solo nel mosaico di colture diverse, ma anche nel mosaico di strutture (muri, terrazzi, ecc) caratteristici dei terrazzamenti. Inoltre il sistema particellare dei terrazzamenti è più complesso del sistema particellare degli appezzamenti in pianura.

Problematiche di applicazione di metodologie di telerilevamento e fotointerpretazione ai terrazzamenti in stato di abbandono

Oltre al mancato riconoscimento ufficiale nelle carte di copertura del suolo, il rilievo della consistenza e della tipologia dei terrazzamenti - che sarebbe primo e ineludibile passaggio per una corretta pianificazione e valorizzazione - presenta alcune problematiche legate allo stato di degrado di molte aree terrazzate. La copertura vegetale, sia di tipo arbustivo che di alto fusto, che invade le terrazze in caso di sottoutilizzo e quindi di mancata manutenzione, ostacola, e in alcuni casi impedisce, un efficace

rilievo della consistenza dei terrazzamenti.

In assenza di una documentazione cartografica ufficiale, la mappatura delle aree terrazzate si può basare sulla interpretazione di ortofotocarte, su rilievi aerofotogrammetrici o scansioni laser. I citati sistemi di telerilevamento però permettono di individuare le più evidenti aree terrazzate ma non quelle in abbandono avvolte da vegetazione e non più visibili da foto zenitale. Come sottolineato da Brancucci e Paliaga “Cartografie e ortofotografie sono, infatti, una rappresentazione del territorio visto dall’alto, pertanto ogni ostacolo che si interponga tra il punto di osservazione e il terreno occlude la vista di quest’ultimo. In pratica il dato che si ottiene sottostima la consistenza reale dei terrazzamenti a causa dell’impossibilità di riconoscere quelli ricoperti da vegetazione, sia questa rappresentata da boschi o da rovi. Anche l’esame diretto sul campo, ancor più oneroso in termini di costi e di tempo necessario, presenta difficoltà di valutazione determinate da problemi di accesso e di visibilità legate alla presenza di proprietà privata e di vegetazione”⁶⁵.

2.2.2.5 - Il rilievo dello stato di conservazione dei terrazzamenti

Il recupero e la valorizzazione dell’architettura tradizionale richiede non solo il recupero degli edifici ma anche degli elementi del paesaggio costruito. Quando presenti è quindi necessario prevedere la conservazione dei terrazzamenti, molti dei quali versano in stato di elevato degrado. Come già sottolineato, nella seconda metà del XX secolo molte aree agricole a terrazze sono state dismesse; conseguentemente la mancata manutenzione dei muri di contenimento e degli altri elementi costitutivi, in particolare quelli di regimazione delle acque, hanno portato al degrado materiale delle costruzioni e del paesaggio tradizionale. Infatti quello



2.2-42

nota 2.2-65 - BRANCUCCI G., PALIAGA G., *I problemi della mappatura: l’esperienza della Liguria*, in Scaramellini G. e Varotto M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell’arco alpino – Atlante*, Marsilio editori, Venezia, 2008, p. 39.

Fig. 2.2-42 - Crollo di una porzione di muro di sostegno. Si possono notare alcune pietre, ancora in loco, del riempimento drenante, e il canale di deflusso delle acque di ruscellamento creatosi nel varco risultante. (borgata Albogno, Val Vigezzo).

Fig. 2.2-43 - Fenomeni di ribaltamento delle lastre di pietra verticali che sorreggono un camminamento orizzontale del sistema di terrazza della borgata Druogno in Val Vigezzo, dovuti alla crescita di arbusti a ridosso delle lastre.

Fig. 2.2-44 - Degrado della parte sommitale di un muro di sostegno con scalzamento dei blocchi del coronamento causata dalla crescita di cespugli (borgata Druogno in Val Vigezzo).



2.2-43



2.2-44

nota 2.2-**66** - La classificazione qui proposta costituisce un adattamento di quella individuata da BRANCUCCI G., MASETTI M., 2008, cit., p. 49-50 e adottata anche da MARTINI S., PESCE G., DE FRANCHI R., cit., p. 42-43, al fine di dare il maggior rilievo all'influenza della mancata manutenzione (fenomeni di origine antropica indiretta) sui processi di degrado. In Svizzera invece lo studio Pralong (cfr. PRATELOUD L., PRALONG J., 2001, cit., p. 5-6) ha catalogato i degradi in:

- degradi dovuti all'acqua;
- destabilizzazione delle fondazioni;
- assenza di scaglie di colmatare e degradi dovuti alla vegetazione.

Fig. 2.2-**45** - Fenomeno di spancimento in un muro di sostegno di una terrazza. Si noti la presenza di alberi e arbusti cresciuti all'interno del paramento murario (borgata Veglio nel comune di Montecrestese).

Fig. 2.2-**46** - Crollo di elementi litici del coronamento di un muro per la caduta di un albero spontaneo cresciuto in un ambito terrazzato in abbandono (tra le borgate Veglio e Lomese nel comune di Montecrestese).

Fig. 2.2-**47** - esempio di rifacimento di una porzione di muro precedentemente crollato, rilevabile dalla diversa tessitura del paramento murario (borgata Naviledo nel comune di Montecrestese).



2.2-45



2.2-46

delle terrazze è un sistema fragile, e necessita di un continuo presidio basato sul mantenimento dei muretti, della rete di controllo delle acque e, in molti casi, il rimontaggio della terra.

In questo paragrafo si illustrano quindi quali fenomeni di degrado debbano essere rilevati per poter predisporre un progetto di conservazione di un sistema terrazzato.

Sulla base della bibliografia e delle osservazioni sviluppate a seguito dell'indagine sul territorio, i fenomeni di degrado sono classificabili nelle categorie schematizzate nella tabella 2.2-5⁶⁶.

1 fenomeni interni, dipendenti dalle caratteristiche costruttive dei muri	1.1 fenomeni dipendenti da difetti di costruzione del muro (quali un errato dimensionamento del muro o un'errata disposizione degli elementi litici)
	1.2 fenomeni dipendenti da naturali processi di degradazione dei muri (quali la progressiva colmatare del riempimento drenante con particelle fini)
2 fenomeni esterni, non dipendenti dalle caratteristiche costruttive dei muri	2.1 di origine antropica diretta (quali gli usi impropri)
	2.2 di origine antropica indiretta (legati alla carenza di manutenzione)
	2.3 di origine naturale (legati a eventi meteorici estremi)

tabella. 2.2 -5 - Classificazione generale dei tipi di degrado dei muri di sostegno.



2.2-47

tabella. 2.2 -6 - rilievo dello stato di conservazione dei muri di sostegno e dei tipi di degrado

Classe	Tipo di degrado	Cause	Rilievo dello stato di conservazione
1.1	crollo degli elementi di piccola pezzatura dal coronamento del muro.	errata costruzione del coronamento con elementi di pezzatura troppo piccola, abbinata a fenomeni di ruscellamento superficiale.	rilevare lacune di blocchi del coronamento, dimensioni e disposizione dei blocchi del coronamento.
1.1	traslazione della base del muro (in particolare nel caso di muri fondati su nuda roccia).	realizzazione delle fondazioni non corretta (insufficiente dimensionamento o inadeguata pendenza del piano di fondazione).	rilevare crolli di porzioni di muro, natura del substrato, fenomeni in atto di traslazione dei blocchi di fondazione. Dimensioni e disposizione dei blocchi di fondazione, pendenza del piano di fondazione; nelle fondazioni su nuda roccia verificare che i blocchi di fondazione siano interamente appoggiati sul gradino di fondazione e non a sbalzo.
1.1/ 1.2	Crolli e spanciamenti localizzati.	errata costruzione del muro/aumento della spinta idrostatica per la progressiva colatura degli spazi vuoti del riempimento drenante a causa delle particelle fini.	rilevare: - crolli e spanciamenti; localizzazione e geometria degli spanciamenti (nella parte superiore, inferiore, mediana); - presenza e corretta disposizione del riempimento drenante, verificabile in corrispondenza di porzioni di muro crollate; - qualità costruttiva del muro: verificare la stabilità delle pietre (i blocchi non devono muoversi se si esercita una pressione sul bordo esterno del blocco); un muro di elevata qualità di norma non presenta scaglie di pietra usate come cunei tra i blocchi; nel caso siano presenti scaglie tra i blocchi, verificare che non possano essere estratte a mano; la presenza dei diatoni (rilevabile nel caso di tratti di muri crollati); la corretta inclinazione dei corsi verso l'interno (rilevabile in corrispondenza dei cantonali, delle nicchie, dei bordi dei tratti crollati); - angolo di scarpa e sua adeguatezza; - dimensione dei blocchi di pietra in un area campione.
2.1	Caduta di porzioni del coronamento o spanciamenti del muro a valle, dovuto all'uso di mezzi agricoli motorizzati pesanti.	Utilizzo improprio di mezzi pesanti sui piani, di peso eccessivo per la capacità di sostegno del muro a valle.	rilevare spanciamenti nella geometria del muro di sostegno, lacune del coronamento, percorsi e rampe di accesso utilizzati dai mezzi agricoli motorizzati, localizzazione dei corselli di percorrenza dei mezzi agricoli sui piani coltivati.
2.1	Fenomeni di ruscellamento legati alla costruzione di opere successive ai muri di terrazzamento (strade, edifici di nuova costruzione).	Costruzione di opere che accelerano il ruscellamento dell'acqua, per la creazione di salti o vaste superfici impermeabili.	rilevare le opere di costruzione recenti, le tracce di ruscellamento, la presenza di sistemi drenanti di strade, piazzali, ecc.

2.2	Caduta di porzioni del coronamento per mancata manutenzione, crolli e imbusti.	passaggio di persone, animali, fenomeni di ruscellamento intensi associati a mancata manutenzione del muro. La lacuna nel coronamento crea una depressione che costituisce un punto di concentrazione delle acque di ruscellamento, accelerando il processo di asportazione sia del materiale terroso presente a ridosso del muro, sia gli elementi litici posti al fianco dell'elemento originariamente scalzato.	rilevare la presenza di lacune nel coronamento e lo stato di avanzamento del crollo: dimensione dell'imbuto di raccolta delle acque che negli stadi finali può ampliarsi fino a raggiungere, al limite, dimensioni paragonabili a quelle che può assumere la superficie di distacco di un crollo per deformazione.
2.2	Fenomeni di ruscellamento legati alla mancanza di manutenzione delle canalizzazioni e di opere sovrastanti i muri di terrazzamento (strade, edifici di nuova costruzione).	Degrado, rottura, ostruzione di canali lasciati in stato di abbandono (cfr. fig. 2.2 35b); ostruzione dei canali di scolo delle strade.	rilevare la presenza, la localizzazione, la geometria (posizione, direzione, lunghezza, sezione) e lo stato di degrado di eventuali canalette di evacuazione. nel caso di strade attraversanti i terrazzamenti lo stato di efficienza del sistema di drenaggio delle acque.
2.2	Instabilità o crollo, localizzati, di blocchi della muratura.	Instabilità delle scaglie litiche incuneate, che andrebbero regolarmente controllate e ribattute in posto; la mancanza di manutenzione provoca la perdita di aderenza e la caduta e la successiva instabilità dei blocchi adiacenti.	rilevare lo stato generale di manutenzione del muro, la presenza di lacune e crolli localizzati nel paramento murario, la presenza e l'immobile incastro delle scaglie incuneate.
2.2	Crescita di arbusti alla base, nella parte mediana o alla sommità del paramento murario. I crolli sono dovuti alla pressione esercitata localmente dalle radici o originano a partire dalle lacune lasciate dagli arbusti disseccati.	Mancata manutenzione degli arbusti cresciuti all'interno del paramento murario, che generano situazioni di instabilità locale.	rilevare: - presenza, tipo, quantità e localizzazione degli arbusti; - presenza di crolli dovuti alla pressione esercitata localmente dalle radici o originati dalle lacune lasciate da arbusti disseccati.
2.2/2.3	Crollo di porzioni di muro per caduta di alberi. La caduta dell'albero può provocare la caduta di elementi litici dalla sommità del muro o scaltarne le fondamenta.	La caduta di alberi è legata alla mancata manutenzione in quanto si produce frequentemente nelle terrazze abbandonate e invase dal bosco.	rilevare: - le aree abbandonate da lungo tempo invase da vegetazione ad alto fusto; - la presenza e localizzazione di crolli dovuti a caduta di alberi (urto del tronco e fenomeni di sradicamento).
2.3	Frane e crolli di parte della muratura a causa della spinta del terreno nel caso di eventi meteorici eccezionali.	eventi di ruscellamento violento e spinta idrostatica elevata non legati alla mancanza di manutenzione ma ad eventi meteorici estremi.	rilevare frane dovute ad eventi meteorici intensi; monitoraggio di crolli e deformazioni successivi ad eventi meteorici intensi.

Per quanto riguarda il degrado di origine antropica indiretta, si fa riferimento sostanzialmente ai fenomeni legati all'abbandono delle pratiche agricole e, di conseguenza, delle opere di manutenzione del terrazzamento, senza le quali si innesca la sua scomparsa. "si sta parlando di tutta una serie di piccole, incessanti operazioni quali l'eliminazione delle erbacce, lo spietramento del suolo coltivato, il riordino e la sistemazione dei muri a secco, la pulizia delle canalette di drenaggio che, venendo a mancare, provocano il collasso di tutto il sistema di controllo idrogeologico costituito dai terrazzamenti"⁶⁷.

nella tabella 2.2-6 sono elencati i più rilevanti tipi di degrado e gli elementi e le caratteristiche oggetto del rilievo dello stato di conservazione⁶⁸. risulta evidente che la maggior parte dei dissesti, pur avendo come concausa un fattore naturale, siano imputabili all'azione antropica, ed in particolare alla mancanza di manutenzione. L'altra causa principale, oltre alla mancata manutenzione, è costituita dall'acqua, che può originare diverse tipologie di dissesto: l'azione erosiva dell'acqua può determinare lo scalzamento al piede del muro di sostegno; la spinta idrostatica del terreno può causare dapprima uno spanciamiento dei muri indeboliti nella struttura dalle radici di alberi e cespugli infestanti o dalla mancata manutenzione degli effetti del gelo e disgelo – e poi il crollo di parti delle murature.

Nel momento in cui si verifica il crollo di una parte del muro, si crea un varco che provoca un aumento della portata d'acqua durante le precipitazioni, determinando maggiori possibilità di degrado del muro sottostante, "fino a definire delle linee di dissesto facilmente osservabili nei versanti in abbandono. [...] Il pericolo del dissesto dei terrazzi innesca un meccanismo a «domino»: a partire da una fascia in alto, le frane interessano via via tutte le sottostanti; oppure, dal basso in alto, il crollo di una fascia può mettere in crisi il muro soprastante, al quale viene a mancare il sostegno al piede"⁶⁹.

2.2.2.6 - Schede di censimento dei sistemi terrazzati

La costruzione di una strumentazione analitica per le indagini sui terrazzamenti artificiali è generalmente condotta mediante la realizzazione di schede a campi prefissati cui rispondere mediante indagini e misurazioni effettuate sul terreno⁷⁰. nelle schede viene considerata una serie di elementi di diverso carattere del sistema terrazzato nel suo complesso: geografico-ambientale, climatico, geologico, morfologico, idraulico; ma vengono anche considerati gli aspetti costruttivi, agronomici, di accesso, circolazione e distribuzione viaria interna, la presenza di edifici e strutture complementari, lo stato di utilizzo e di conservazione o degrado dei manufatti. La schedatura più recente ed estesa relativa ai terrazzamenti nell'arco alpino è stata condotta nell'ambito del progetto Interreg ALP-ter, di cui si propone di adottare lo schema di rilevamento. Questo si compone di sistema coordinato di due schede di censimento e rilievo:

- una scheda a scala territoriale relativa al sistema terrazzato nel

nota 2.2 -**67** - BRANCUCCI G., MASETTI M., 2008, cit., p. 49-50.

nota 2.2 -**68** - L'elenco è redatto sulla base di rilievi condotti in situ nelle località di navile-do, Veglio, Albogno, e sulla base delle seguenti pubblicazioni: BRANCUCCI G., MASETTI M., 2008, cit., p. 49-53; PITTELOU L., PRALONG J., 2001, cit., p. 5-6; MARTINI S., PESCE G., DE FRANCHI R., cit., p. 38-50.

nota 2.2 -**69** - BRANCUCCI G., MASETTI M., 2008, cit., p. 50-51.

nota 2.2 -**70** - esempi di schedatura sono illustrati in SCARAMPELLINI G., 2008, cit., p. 12.

Fig. 2.2-48 - Ambito terrazzato degradato in seguito a processi di rinaturazione successivi all'abbandono delle pratiche agricole, tra le borgate di Lomese e Veglio nel comune di Montecrestese. sono in atto processi di progressivo degrado dei muri dovuti alle radici di alberi e cespugli infestanti.

Fig. 2.2-49 - esempio di processo di rinaturazione di un sistema terrazzato precedentemente coltivato a vite (è visibile nell'immagine un palo in pietra di sostegno per le viti) e ora abbandonato tra le borgate di Lomese e Veglio nel comune di Montecrestese.



2.2-48



2.2-49

suo complesso (localizzazione, caratteristiche dimensionali generali, fattori climatici, accessibilità all'area, fattori di interesse);

- una scheda di dettaglio relativa alla parte del sistema terrazzato oggetto di indagine (mappatura cartografica, tipologia costruttiva dei terrazzamenti, assetto idraulico, circolazione e distribuzione viaria esterna e interna, uso del suolo, stato di conservazione, assetto delle proprietà, vincoli territoriali, dati storici).

Per la struttura completa della scheda si rimanda alla documentazione del citato progetto⁷¹. L'applicabilità del modello di schedatura ai terrazzamenti della Valle Ossola è stata valutata e verificata in alcuni test su aree studio a campione, e di seguito è illustrato un esempio applicato al caso studio dei terrazzamenti della frazione naviledo di Montecrestese.

nota 2.2 -71 - Il modello della scheda è scaricabile dal sito del progetto Interreg ALPter: www.alppter.net.

2.2.2.7 - Caso studio: i terrazzamenti di Naviledo nel territorio di Montecrestese

nota 2.2 -72 - sull'organizzazione del comune in borgate, cfr. BERTAMINI T., *Storia di Montecrestese*, edizioni Oscellana, Domodossola, 1991.

Il comune di Montecrestese presenta svariate aree terrazzate in prossimità delle molteplici borgate che formano il comune.⁷² In particolare è caratterizzato, sui pendii lungo la destra orografica del torrente Isorno, da un articolato sistema terrazzato che si estende in basso dalla borgata di Roldo a 320 m s.l.m. fino in alto alla quota di 650 m poco sopra la borgata naviledo. Più in alto è ancora presente la conca terrazzata di Altoggio, ma è separata dal sottostante sistema da una fascia boscata. Si tratta di uno dei più vasti sistemi terrazzati della Valle Ossola: la parte ancora chiaramente visibile dei terrazzamenti copre un'area di circa 95 ettari (incluso anche le zone urbanizzate, perché anche in queste è presente un complesso mosaico di terrazze coltivate a orto, vite, giardino). Di tale area, una parte significativa (circa il 60%) è attualmente coltivata a vite, seminativo, prati; la restante parte è costituita da terrazzamenti boscati, edifici, costruzioni e infrastrutture viarie. L'area effettivamente terrazzata è in realtà più estesa, ma non chiaramente individuabile mediante foto-interpretazione per l'avvenuta crescita di boschi nell'ambito



Fig. 2.2-50 - Vista di parte del sistema terrazzato circostante la borgata naviledo nel comune di Montecrestese, caratterizzato da un buono stato di conservazione degli elementi costruttivi del terrazzamento e dalla persistenza della tradizionale coltura della vite.

2.2-50

di fenomeni di rinaturazione. Complessivamente il sistema terrazzato si presenta in buono stato di conservazione, perché le terrazze sono prossime ai molteplici centri abitati e comodamente coltivabili, e ancora diffusa è la coltura della vite; esse sono inoltre tutelate dalle norme del Piano regolatore del Comune⁷³.

Il Ppr classifica l'area come *sistema paesaggistico rurale di significativa varietà e specificità* e, come tale, da tutelarsi⁷⁴.

Il sistema terrazzato nel suo complesso genera un "paesaggio dove le superfici a terrazze sono prevalenti" (tipo 1 della tabella 2.2-1). E' un paesaggio definibile come "macroterrazzato", dal momento che l'indice di estensione è per buona parte dell'area pari o prossimo ad 1 (il versante è interamente terrazzato salvo i bordi dell'area e le aree urbanizzate). La pendenza è dolce (variabile tra il 20 e il 30%), quindi l'intensità del terrazzamento è media, con fasce di larghezza variabile ma che possono avere profondità anche di qualche decina di metri.

Il rilievo e la scheda di dettaglio riguardano i terrazzamenti che circondano la borgata naviledo, alla sommità del sistema terrazzato sopra descritto. e' infatti l'area dove meglio si è conservata la coltivazione (tutte le terrazze sono coltivate) e dove maggiore è l'intensità di terrazzamento. Molte terrazze presentano ancora colture a vite (il toponimo Naviledo ha significato di *piantagione di vigne novelle*)⁷⁵. Il perimetro dell'area di indagine di dettaglio è delimitato in alto, a nord e est, dal limite del bosco, in basso a sud est dal limite delle terrazze che terminano sul bordo della parete sovrastante il letto del fiume Isorno, in basso a sud-ovest, dove non è presente un chiaro limite fisico o amministrativo, dalla strada comunale.

L'area in oggetto è completamente e intensamente terrazzata: l'indice di intensità è di circa 700-800 m/ha, con punte di 1000 m/ha (intensità elevata) a sud-est dell'abitato di naviledo di sopra.

Complessivamente i muri sono in buono stato di conservazione e sono visibili i segni di continua manutenzione, come il rifacimento di porzioni crollate e il buono stato delle fasce di coronamento.



2.2-51

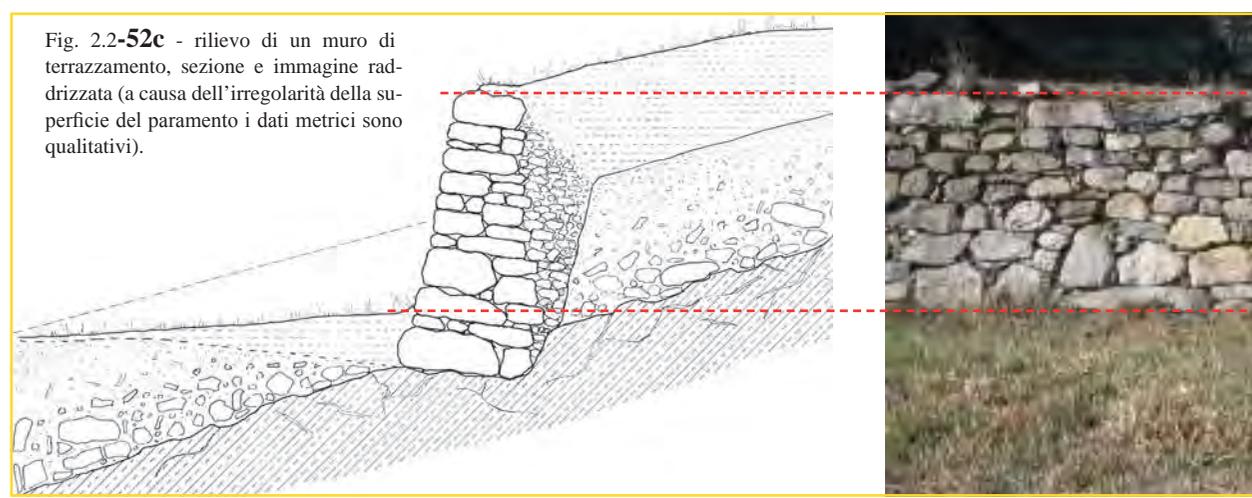
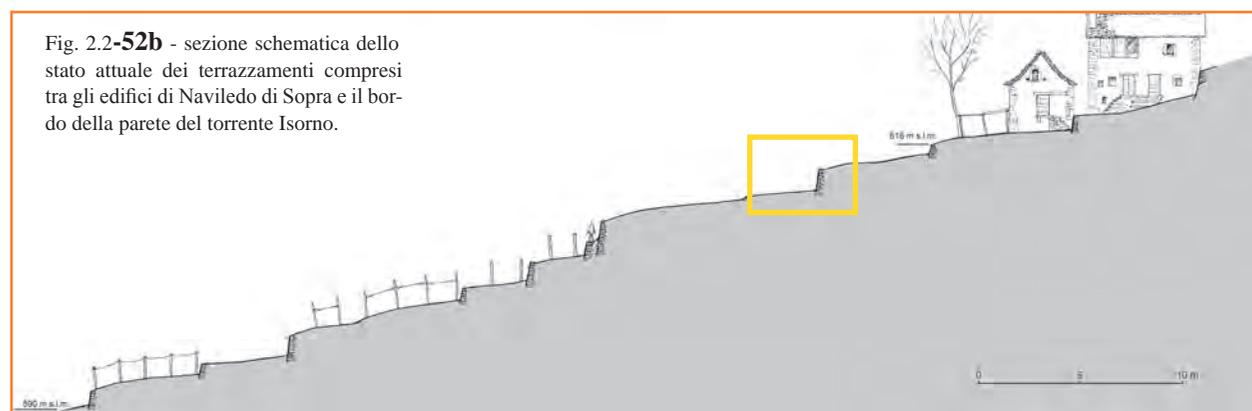
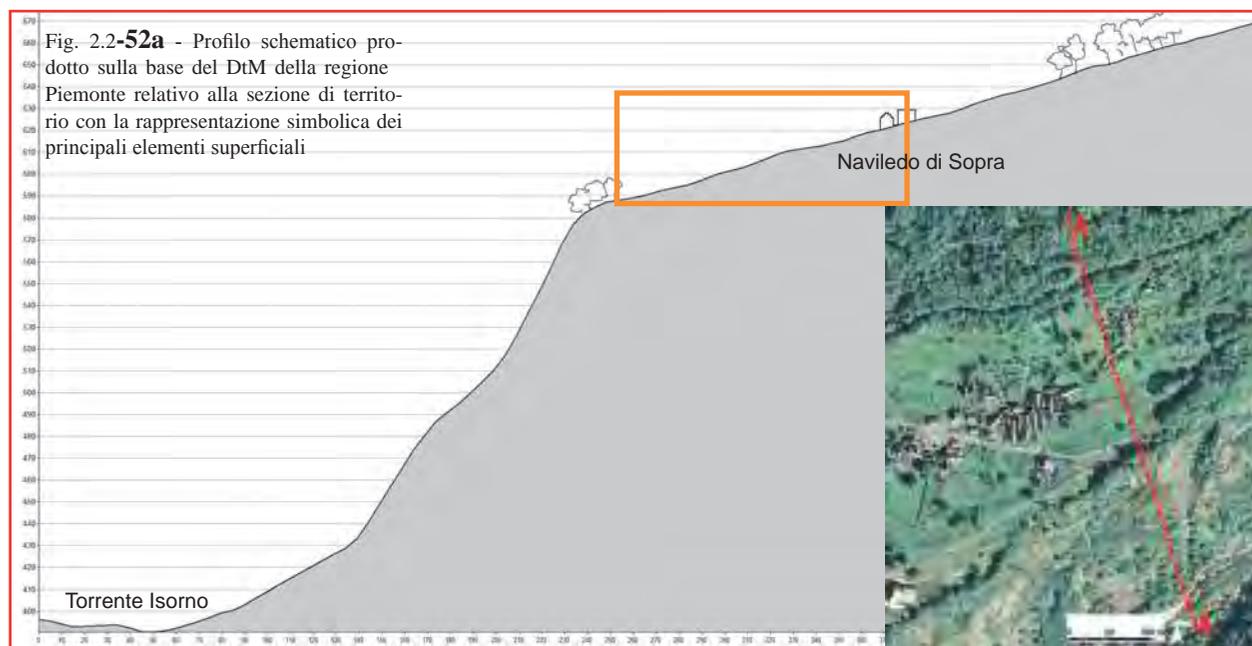
nota 2.2-73 - L'art. 3.5.7 delle *Norme di attuazione* del Piano regolatore Generale del Comune di Montecrestese prescrive che "Nelle aree agricole inedificabili marginali ai nuclei antichi o ai nuclei rurali, o che incorporano porzioni di territorio caratterizzate da terrazzamenti per colture viticole, ed in particolare per quelle sottoposte a vincolo paesaggistico, non sono ammessi interventi di nuova edificazione e/o di completamento, e non sono ammessi altri tipi di intervento qualora comportino significative trasformazioni e/o alterazioni alla conformazione dei terreni (sbancamenti e/o riporti), ai terrazzamenti per colture viticole, ai muri in pietra a secco, alla rete di sentieri e/o mulattiere consolidata nel tempo, alle canalizzazioni irrigue, ad antiche strutture di attraversamento dei corsi d'acqua o altri manufatti che rivestono interesse culturale, documentario".

nota 2.2-74 - secondo il Piano Paesaggistico regionale, l'area terrazzata del comune di Montecrestese è individuata cartograficamente e classificata come "sistema paesaggistico rurale di significativa varietà e specificità" nella tavola P4 - Componenti paesaggistiche, e pertanto da tutelarsi secondo l'art. 32 - Aree rurali di specifico interesse paesaggistico - delle norme di Attuazione del Ppr. Cfr. i capitoli 2.2.2.1 e 2.2.2.2.

nota 2.2-75 - BERTAMINI T., 1991, cit., p. 308.

Fig. 2.2-51 - Delimitazione (linea arancione) dell'area del sistema terrazzato del comune di Montecrestese sulla sponda destra orografica del torrente Isorno. Delimitazione (linea gialla tratteggiata) dell'area di rilievo di dettaglio circostante la borgata di naviledo. elaborazione in ambiente GIS su base cartografica costituita dal DtM e dall'ortofoto del 2009 della regione Piemonte

rilievo schematico di porzione del sistema terrazzato della borgata naviledo nel comune di Montecrestese



Scheda per l'analisi dello stato dei terrazzamenti Scala territoriale

Localizzazione

STATO: Italia
REGIONE: Piemonte
COMUNI: Montecrestese
AREA CAMPIONE: Naviledo
COORDINATE GEOGRAFICHE:
Long. 8.34638
Lat. 46.16176
QUOTA MINIMA: 320 m s.l.m.
QUOTA MASSIMA: 650 m s.l.m.
ESTENSIONE AREA: 95 ha
RIFERIMENTI CARTOGRAFICI:
CTR Regione Piemonte sezioni
052010, 051040 - scala 1:10.000
IGM foglio 15, II, NE Trontano
IGM foglio 15, II, NO Domodossola



Caratteristiche dimensionali generali

ESTENSIONE DEI TERRAZZAMENTI
circa 0,95 km²
SUPERFICIE TERRAZZATA
COLTIVATA: circa 0,60 km²
QUOTA MIN DEI TERRAZZAMENTI:
320 m s.l.m.
QUOTA MAX DEI TERRAZZAMENTI:
650 m s.l.m.

Clima

ESPOSIZIONE SOLARE: SO S SE
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA:
1492 mm
PRECIPITAZIONE MINIMA:
63 mm (febbraio)
PRECIPITAZIONE MASSIMA:
216 mm (ottobre)

Accessibilità

da strada regionale e locale

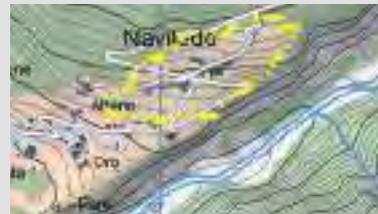
Fattori di interesse nell'area

SCIENTIFICO/CULTURALE: resti megalitici nella frazione Castelluccio, tempio leopontico a Roldo, torre campanaria a Chiesa

Scheda per l'analisi dello stato dei terrazzamenti Scala di dettaglio

Identificazione e Cartografia

AREA CAMPIONE: Naviledo
SUPERFICIE TERRAZZATA: 0,14 km²
QUOTA MINIMA: 550 m s.l.m.
QUOTA MASSIMA: 650 m s.l.m.
PENDENZA MEDIA DELL'AREA: 26%



Caratteristiche dell'Area terrazzata

tipologia costruttiva dei terrazzamenti

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA: muri di pietra a secco, ciglioni (più rari)
MATERIALI IMPIEGATI: materiale litoide reperito in loco
ALTEZZA DEI MURI (MIN/MAX): 0,2/2 m
LUNGHEZZA DEI MURI (MIN/MEDIA/MAX): 5-35-110 m
INCLINAZIONE DEI MURI: 85°
NUMERO DI FASCE: variabile, una ventina in corrispondenza della sezione più estesa
LARGHEZZA DELLE FASCE (MIN/MAX): 3-35 m
PENDENZA FASCE: 10-18%, ma composte da una parte subpianeggiante e da una fascia (*limat*) con pendenza variabile 20-30%
COLLEGAMENTI VERTICALI: percorsi primari: mulattiere parallele ai muri e mulattiere perpendicolari ai muri; accessi secondari: rampe, scale parallele al muro e scale perpendicolari al muro

Assetto idraulico

SISTEMA DI REGIMAZIONE IDRICA: canalette trasversali, sovrappontesi con i percorsi pedonali
PENDENZA DELLE FASCE: verso valle
SISTEMA DI IRRIGAZIONE: assente
NOTE: filare di salici lungo il canale idrico principale, i cui rami sono utilizzati per la legatura delle viti

Accessibilità

GRADO DI ACCESSIBILITÀ MEDIO: da strada comunale
ACCESSIBILITÀ INTERNA: pedonale e su ruota

Altre strutture

Villaggio di Naviledo, 8 edifici isolati, 3 ricoveri

Uso del suolo

USO DEL SUOLO PREVALENTE: prati da sfalcio
COLTIVAZIONI SECONDARIE: vite con



tecnica culturale a traliccio
COLONIZZAZIONE VEGETALE DEL TERRENO IN ABBANDONO: mista arbustiva ed erbacea

Stato del degrado

STATO DEL DEGRADO: muri in gran parte integri
GRADO DI EFFICIENZA DEL RETICOLO IDRICO: funzionante
DIFFUSIONE DELLE COLTIVAZIONI: totale
COLONIZZAZIONE VEGETAZIONALE: limitata ad aree marginali

Assetto delle proprietà e vincoli territoriali

TIPO DI PROPRIETÀ: privata
STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE: L'area terrazzata è classificata come "sistema paesaggistico rurale di significativa varietà e specificità" dal Ppr e come tale da tutelarsi.
VINCOLI DEL PRGC: nelle porzioni di territorio caratterizzate da terrazzamenti per colture viticole, non sono ammessi interventi che comportino significative trasformazioni e/o alterazioni ai terrazzamenti per colture viticole e ai muri in pietra a secco.

dati storici

ORIGINE DEL TERRAZZAMENTO: i terrazzamenti di Montecrestese presentano esempi di megalitismo. I terrazzamenti di Naviledo sono legati alla coltivazione della vite (il toponimo Naviledo deriva da "Vino novello"); la grande produzione vitivinicola resa fattibile dalle opere di terrazzamento era documentata dalla stima censuaria del 1723.
EVOLUZIONE: molte fasce un tempo adibite alla coltivazione della vite sono oggi destinate alla fienagione.

2.2.3 - Indicazioni metodologiche per il rilievo delle vie di comunicazione storiche tradizionali

nota 2.2-76 - UstrA, CFMs, CFnP (ed.), *La conservazione delle vie di comunicazione storiche. Guida tecnica di applicazione. Aiuto all'esecuzione per il traffico lento* n. 8, Berna, 2008, p. 13.

nota 2.2-77 - L'Institut Géographique dell'Università di Berna fu incaricato della realizzazione dell'Inventario delle vie di comunicazione storiche nel 1983, per fornire un ausilio alla decisione ai servizi incaricati della gestione del territorio. Cfr. HeGLAnD A., von CrAnACH P., (a cura di), *Manuel méthodologique - Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse*, Université de Berne/ ViaStoria, Berne, 1999, p. 3.

Fig. 2.2-54a - Il percorso storico tra Druogno e sagrogn (Val Vigezzo) è riportato come "strada comunale di sagrogn" nel Catasto rabbin (Archivio di stato di torino, *Allegato A mappa originale del Comune di Druogno*, 1858, Cartella 41, Foglio 3).



2.2-54a

Fig. 2.2-54b, 54c - Lo stato attuale del tratto a monte dell'abitato di Druogno della strada storica che collegava le frazioni di Druogno e Sagrogn. Percorso di tipo I.2-P.3 (cfr. tabella 2.2-8 e 2.2-7). Si rilevano da un lato l'ottimo stato di conservazione del rivestimento selciato, ma anche l'interruzione della continuità dell'itinerario storico a causa delle successive strade asfaltate.



2.2-54b



2.2-54c

Le vie di comunicazione costituiscono una primaria infrastruttura di conformazione del territorio antropizzato⁷⁶. La valorizzazione del territorio e del paesaggio tradizionale hanno nella conservazione delle vie storiche un presupposto fondamentale. Questo capitolo tratta quindi il rilievo e la conoscenza - fondamenti imprescindibili per qualsiasi operazione di valorizzazione - delle vie di comunicazione storiche, intese come i resti tuttora fruibili di percorsi dalle caratteristiche costruttive tradizionali e appartenenti ad itinerari storicamente attestati. Lo studio e il censimento delle vie storiche è oggi di urgente attualità, perché nel paesaggio contemporaneo esse rappresentano un prezioso patrimonio culturale, che però è fortemente minacciato dalle moderne pratiche agricole, dalla espansione edilizia diffusa e dalle invasive infrastrutture per la mobilità contemporanea. A questo scopo la svizzera ha redatto il primo - e per ora unico - Inventario nazionale delle vie di comunicazione storiche⁷⁷. È fortemente necessario che anche in Italia vengano rilevati e censiti sistematicamente gli itinerari storici, in analogia con il Catasto degli itinerari di interesse storico-culturale dalla regione Piemonte, recentemente avviato ma ancora in fase di costruzione.

2.2.3.1 - Inquadramento generale: definizioni, finalità, quadro normativo di pianificazione

Vie di comunicazione storiche, itinerari e percorsi storici, patrimonio escursionistico: alcune definizioni

In termini di principio, secondo la definizione dell'Inventario delle vie di comunicazione storiche (IVs) della Svizzera, "le *vie di comunicazione storiche* sono dei collegamenti stradali ereditati da epoche precedenti, attestate come tali da documenti storici e anche, parzialmente, dalla loro forma sul terreno". Pertanto l'Inventario non considera che le vie di comunicazione che sono ancora visibili, almeno in parte, sia nella loro forma tradizionale, sia in una forma modernizzata⁷⁸.

Operativamente, perché una via di comunicazione sia considerata storica, è necessario fissare un limite temporale, con eventuali eccezioni tipologiche o qualitative: per esempio nell'IVs sono inventariate solo le vie di comunicazione presenti nella prima edizione del 1870 dell'Atlante Topografico della Svizzera, e, come eccezione, le vie che presentino, un elevato grado di "sostanza tradizionale", come alcune strade d'accesso aperte nelle Alpi tra il 1870 e il 1940 o le vie che rivestano un significato storico particolare (per esempio una strada militare speciale). Inoltre, mentre nelle regioni di pianura non si considerano i sentieri di rango inferiore al collegamento tra villaggio e villaggio, per la regione alpina si considerano anche gli accessi agli alpeggi e i sentieri che presentino molta sostanza o possiedano un significato storico particolare⁷⁹.

E' poi necessario definire la differenza tra itinerari e percorsi: il *percorso* è il tracciato, fisicamente reale, che materializza, magari insieme ad altri percorsi o tratte di percorsi, un *itinerario*, che è invece più astrattamente il collegamento tra due località (cfr. Cap. 2.2.3.2).

nota 2.2-78 - HeGLAnD A., VOu CRAnACH P., (a cura di), 1999, cit., p. 4.

nota 2.2-79 - HeGLAnD A., VOu CRAnACH P., (a cura di), 1999, cit., p. 6.

Fig. 2.2-55a, 55b, 55c - Il tratto a monte della borgata naviledo dell'antica strada comunale che univa le frazioni basse di Montecrestese ad Altoggio, oggi tagliata dalla strada asfaltata comunale costruita nel 1956. Percorso di tipo I.1-P.3. La larghezza del rivestimento a selciato è, come in quasi tutte le vie di questo tipo rilevate nella zona, di circa 1,50 metri, e la luce tra i due muretti laterali di circa 2 metri (una stazza, antica misura in uso nell'Ossola superiore, è pari a 1,98 m.). La tratta è identificata come "strada comunale per Altoggio" nel Catasto rabbin (Archivio di stato di torino, *Allegato I foglio XIII mappa originale del Comune di Montecrestese*, 1865-1866, Cartella 56, Foglio 1).



2.2-55a



2.2-55b



2.2-55c

nota 2.2-**80** - r eGIOne PieMOnTe , Legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12, *Recupero e valorizzazione del patrimonio escursionistico del Piemonte* (pubblicata sul Bollettino Ufficiale 25 febbraio 2010, n. 8), art. 3.

nota 2.2-**81** - r eGIOne PieMOnTe , Decreto del Presidente della Giunta Regionale 16 novembre 2012, n. 9/R, recante: *Regolamento di attuazione della legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12 (Recupero e valorizzazione del patrimonio escursionistico del Piemonte)* (pubblicata sul Bollettino Ufficiale 22 novembre 2012, n. 47), art. 14.

Fig. 2.2-**56a, 56b, 56c** - Il tratto a monte della borgata Coimo dell'antica strada comunale che portava da Coimo alla Alpe Varsaia. Percorso di tipo I.2-P.3. La larghezza del rivestimento a selciato è, come in quasi tutte le vie di questo tipo rilevate nella zona, compresa tra 1,50 e 1,60 metri, mentre la luce utile, misurata all'altezza del basto dei muli, è di circa 2,20; la pendenza è molto costante, compresa tra il 24 e il 27%.

La tratta è identificata come "strada comunale di Cheggio" nel Catasto rabbinici (Archivio di stato di torino, *Allegato I mappa originale del Comune di Coimo*, 1865, Cartella 28, Foglio 3).



2.2-56a



2.2-56b

In Piemonte, la Legge sul *Recupero e valorizzazione del patrimonio escursionistico del Piemonte*⁸⁰ e il relativo regolamento attuativo⁸¹ hanno introdotto la definizione di *patrimonio escursionistico* e di *itinerari di interesse storico-culturale*:

- *patrimonio escursionistico* regionale: "insieme dei percorsi escursionistici [...] oggetto di interventi di conservazione e valorizzazione" (dove per *escursionismo* si intende un'attività di carattere turistico, naturalistico e culturale finalizzata alla conoscenza del territorio, senza l'ausilio di mezzi a motore);

- *itinerari di interesse storico-culturale*: quegli itinerari (intesi come percorsi segnalati per l'utilizzo turistico e culturale di un determinato territorio) che appartengono ad una o più delle seguenti categorie:

- a) itinerari significativi per specifiche memorie storiche;
- b) itinerari devozionali;
- c) itinerari utilizzati in passato a fini commerciali, strategici, militari;
- d) itinerari utilizzati in passato per migrazioni di popolazioni;
- e) itinerari transfrontalieri;
- f) itinerari che presentino tratti caratterizzati da tecniche costruttive o utilizzo di materiali di specifico interesse, per la loro appartenenza ad un sistema di infrastrutturazione del territorio storicamente consolidata per l'agricoltura, l'allevamento o la gestione forestale (ad esempio lastricatura, parapetti, muri a secco);
- g) itinerari caratterizzati da un ruolo strutturale per gli insediamenti rurali;
- h) itinerari che presentano tratti panoramici;



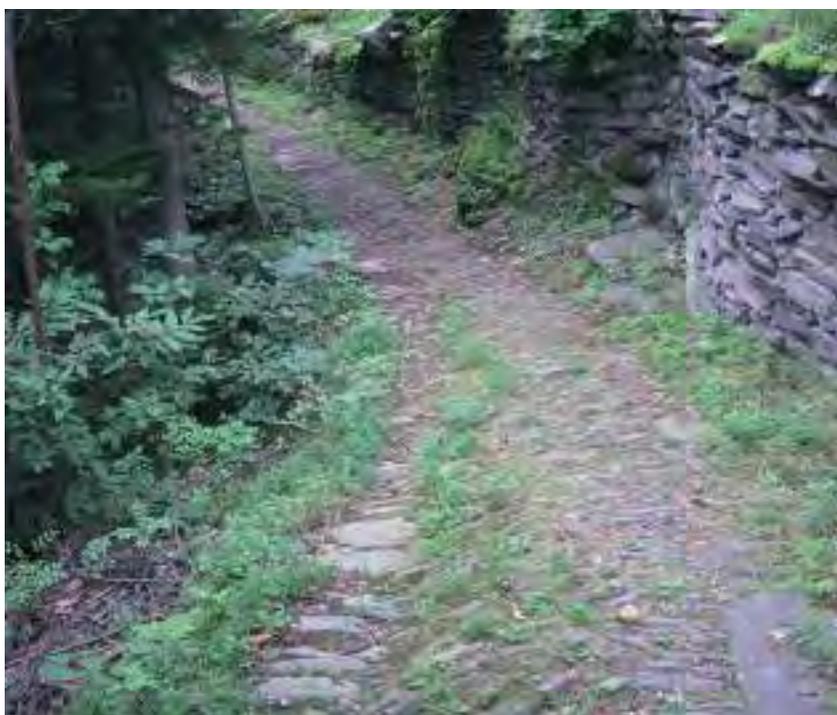
2.2-56c

i) itinerari riconducibili ai tracciati presenti nella prima levata delle tavolette I.G.M. 1:25.000 e riportate nelle mappe Teresiane e Rabbini.

Come si può notare questa definizione è strettamente legata al concetto di valorizzazione a fini escursionistici. I percorsi storici infatti sono stati spesso sepolti dalle nuove infrastrutture per il traffico motorizzato, e quelli che si sono conservati fino ad oggi possono essere valorizzati solo attraverso l'escursionismo.

In questo capitolo pertanto si intendono studiare le vie storiche che hanno ancora un elevato grado di sostanza tradizionale visibile, che va protetta e ove possibile valorizzata. non si considerano quindi le vie la cui forma visibile è stata fortemente trasformata ai fini del traffico automobilistico moderno, ma piuttosto quelle vie che, proprio perché poco adatte al traffico automobilistico o pesante, presentano ancora una elevata sostanza tradizionale e costituiscono anche elementi del patrimonio escursionistico (e coincidono perlopiù con antiche mulattiere, carrarecce, percorsi pedonali o ciclabili).

Ai fini di questo studio quindi si definiscono *vie di comunicazione storiche tradizionali* i percorsi che presentano modi tecnico-costruttivi tradizionali e appartengono ad itinerari storicamente attestati, dove per itinerari storicamente attestati si intendono i collegamenti tra centri o polarità storiche rappresentati nelle mappe del catasto Rabbini (1858-1870 per la provincia del VCO) o nella prima levata della Carta Topografica d'Italia dell'Istituto Geografico Militare (1886-87 per l'area oggetto di studio) e tuttora visibili nella loro forma tradizionale; oltre



2.2-57a



2.2-57b



2.2-57c

Fig. 2.2-57a, 57b, 57c - Un tratto dello storico itinerario del passo del Gries, nel tratto di epoca medievale tra Pontemaglio e Lomesse. Percorso di tipo I.1-P.3. Sebbene si tratti di uno degli itinerari più importanti dal punto di vista storico della Provincia del VCO, il rilievo dello stato di conservazione registra che l'itinerario è tagliato in maniera inadeguata alla sua valorizzazione dalla strada sterrata di bassa qualità (polverosa o fangosa a seconda delle condizioni climatiche) di servizio alla cava a monte.

La tratta della fig. 57a è identificata come "strada comunale per Pontemaglio", la tratta della fig. 57c è identificata come "strada comunale per Veglio" nel Catasto rabbini (Archivio di stato di torino, *Mappe originali del Comune di Montecrestese, allegato G foglio XI, 1865-1866, Cartella 55, Foglio 3*).

a questi, gli accessi agli alpeggi se riportati sulle suddette carte I.G.M., nonché le vie che rivestono un significato storico particolare antecedenti alla II Guerra Mondiale (per esempio le strade militari della Linea Cadorna).

Finalità

nota 2.2 -**82** - r eGIONE PIEMONTE, Legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12, cit., art. 2.

nota 2.2 -**83** - r eGIONE PIEMONTE, Legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12, cit., art. 2, comma 1: “Per il perseguimento delle finalità di cui all’articolo 4, comma 3, è istituito presso l’assessorato regionale competente in materia di economia montana e foreste il catasto regionale del patrimonio escursionistico, che è strumento di conoscenza, organizzazione e coordinamento degli interventi previsti dalla presente legge”.

nota 2.2 -**84** - r eGIONE PIEMONTE, Decreto Direttoriale 26 maggio 2014, n. 1510, L.r. n. 12 del 18 febbraio 2010 - *Recupero e valorizzazione del patrimonio escursionistico del Piemonte. Attuazione del Regolamento regionale n. 9/R del 16 novembre 2012, artt. 7-10-11-12-13-14-15. Registrazione e classificazione percorsi ed itinerari nel catasto escursionistico regionale*. Pubblicato su Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte n.24 del 12 giugno 2014.

nota 2.2 -**85** - r eGIONE PIEMONTE, Legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12, cit., art. 10. I soggetti competenti ai fini della gestione tecnica dei settori sono la regione Piemonte, per i settori che coincidono in tutto o in parte con proprietà regionali, le province, le comunità montane, le comunità collinari, le unioni di comuni ed i comuni per i territori non compresi in una forma associativa, gli enti di gestione delle aree protette.

nota 2.2 -**86** - ASSEMBLÉE FÉDÉRALE, Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage, 1966.

nota 2.2 -**87** - r eGIONE PIEMONTE, Piano Paesaggistico regionale, norme di Attuazione, art. 22, comma 1.

nota 2.2 -**88** - r eGIONE PIEMONTE, Piano Paesaggistico regionale, elenco delle componenti e delle unità di paesaggio, p. 29-30.

La regione Piemonte ha individuato nel patrimonio escursionistico uno strumento per il miglioramento delle condizioni socio-economiche dei territori montani⁸². Perciò ha disposto la creazione del catasto regionale del patrimonio escursionistico, al cui interno è prevista anche la registrazione degli itinerari di valore storico e che è tutt’ora in fase di realizzazione e consolidamento⁸³.

Questo capitolo ha la finalità di fornire indicazioni metodologiche per il rilievo delle caratteristiche delle vie di comunicazione storiche tradizionali e del loro stato di conservazione, rivolte a supportare:

- enti gestori individuati dalla Legge Regionale 12/10 che hanno il compito della registrazione e classificazione degli itinerari di interesse storico-culturale⁸⁴, nonché il compito della gestione tecnica dei settori e delle reti escursionistiche locali⁸⁵ a cui tali itinerari appartengono;

- enti preposti alla pianificazione, nel cui territorio siano presenti vie di comunicazione storiche tradizionali;

- professionisti incaricati di interventi di recupero e valorizzazione di tratte di itinerari di valore storico, nonché i professionisti incaricati di interventi edilizi adiacenti a tratti di vie storiche che possano in qualche modo essere interessate da tali interventi.

tali indicazioni sono supportate da indagini preliminari riguardanti la rete delle vie storiche della Valle Ossola e da rilievi di casi-studio utilizzati come casi esemplificativi.

Censimento della viabilità storica e pianificazione paesaggistica

sia in Italia che in svizzera⁸⁶ la viabilità storica è tutelata dalle leggi sulla protezione del paesaggio.

In Piemonte il Piano Paesaggistico regionale riconosce quali elementi della viabilità storica gli immobili, i percorsi e i tratti stradali di interesse storico-culturale a livello regionale, appartenenti alle reti viarie di età romana-medievale oppure moderna-contemporanea, e li individua nell’elenco delle componenti e delle unità di paesaggio e nella tavola delle Componenti paesaggistiche⁸⁷.

Per quanto riguarda la provincia del Verbano Cusio Ossola, l’elenco delle componenti e delle unità di paesaggio registra tratti della rete viaria di età romana e medievale (per esempio la Via verso il Passo di san Giacomo e il Passo del Gries, la strada dell’Alpe Veglia, il percorso Walser tra Campello Monti e rimella, l’alta via al Passo del Monscera, ecc.) e della rete viaria di età moderna e contemporanea (ad esempio la strada reale novara-sempione nei tratti della Val Divedro, dell’alta Valle del ticino e della costiera sud del Lago Maggiore)⁸⁸.

successivamente il Ppr prevede tra le direttive che il piano territoriale provinciale precisi e completi il succitato censimento, curando anche la viabilità di rango minore (comprese le mulattiere e i sentieri) significativa per tecnica costruttiva o per il ruolo strutturale negli impianti insediativi rurali.⁸⁹ Ai piani locali invece il Ppr demanda il compito di disciplinare gli interventi in modo da assicurare il mantenimento o il ripristino dei caratteri costruttivi, morfologici e vegetazionali caratterizzanti⁹⁰.

Inoltre la legge sul recupero e valorizzazione del patrimonio escursionistico ha introdotto il concetto di “ente gestore” per i settori⁹¹, dando pertanto alle reti locali un ruolo determinante nella diffusione capillare sul territorio delle azioni di pianificazione, coordinamento e gestione del patrimonio escursionistico. essa prevede il divieto di alterare o modificare lo stato di fatto dei percorsi e dei siti compresi nella rete stessa, garantendo di fatto ai sentieri una dignità fin ora non riconosciuta⁹².

2.2.3.2 - Classificazione funzionale e rappresentazione cartografica delle vie di comunicazione storiche

Per poter interpretare le relazioni territoriali dei centri abitati e le caratteristiche tecnico-costruttive delle vie storiche è necessario classificare queste ultime in categorie, secondo la loro funzione principale dedotta dal rilievo delle caratteristiche proprie. All'interno delle categorie, esse presentano caratteri comuni.

nell'analisi delle vie di comunicazione storiche è opportuno chiarire la differenza tra itinerari, percorsi e tratte:

itinerario: comprende tutti i tracciati o percorsi tra un punto di partenza e un punto d'arrivo. I punti di partenza e il punto d'arrivo sono in linea di principio determinati dal contesto storico-topografico (porto d'imbarco, incroci di vie) o da una centralità storica (chiesa, centro abitato, alpeggio, ecc). A questa categoria appartengono gli itinerari così come definiti dall'IVS e gli itinerari di tipo storico-culturale così come definiti dalla Regione Piemonte⁹³;

percorso o tracciato: un tracciato univocamente definito, eventualmente composto da più tratte. se il collegamento tra il punto di partenza e il punto di arrivo è rappresentato da un percorso unico, l'itinerario non va diviso in tracciati, se invece si possono distinguere per uno stesso itinerario più vie parallele, allora l'itinerario è diviso in tracciati. A questa categoria appartengono i tracciati così come definiti dall'IVS e i percorsi escursionistici così come definiti dalla Regione Piemonte;

tratta o segmento: parte di un itinerario o di un percorso. Le tratte sono differenziate innanzitutto sulla base dei rilievi condotti sul terreno. E' infatti una porzione omogenea di percorso definita da un punto iniziale e finale e caratterizzata da una serie di elementi che la conno-

nota 2.2-**89** - r eGIONE Piemonte , Piano Paesaggistico regionale, norme di Attuazione, art. 22, comma 2.

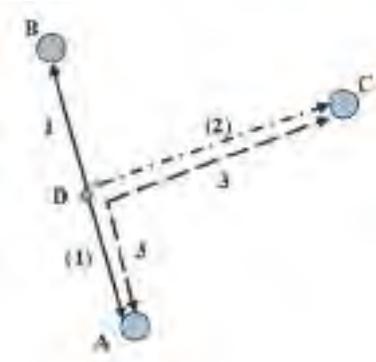
nota 2.2-**90** - Inoltre i piani locali devono sottoporre i manufatti edilizi interessati dalla via storica ad una normativa specifica che garantisca la leggibilità dei residui segni del loro rapporto con i percorsi storici, cfr. r eGIONE Piemonte , Piano Paesaggistico regionale, Norme di Attuazione, art. 22, comma 3.

nota 2.2-**91** - r eGIONE Piemonte , Legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12, cit., art. 4.

nota 2.2-**92** - r eGIONE Piemonte , Legge regionale 18 febbraio 2010, n. 12, cit., art. 16.

nota 2.2-**93** - HeGLAND A., VON CRANACH P., (a cura di), 1999, cit., p. 32; r eGIONE Piemonte , Decreto del Presidente della Giunta regionale 16 novembre 2012, n. 9/R. cit., art. 2.

Fig. 2.2-58 - Schema esemplificativo tratto da HeGLAND A., VON CRANACH P., (a cura di), 1999, cit, p. 32, che illustra il metodo di individuazione di itinerari e percorsi. nell'esempio, il collegamento tra A e C è un itinerario (per esempio una strada carrozzabile), il cui percorso 3 è a sua volta scomponibile nelle due tratte da A a D e da D a C; tra D e C sono presenti i due percorsi 2 e 3 (per esempio un'antica mulattiera cui si è in parte sovrapposta la più recente strada carrozzabile).



2.2-58

nota 2.2-**94** - n. eLVA r., *Metodi e strumenti di rilevamento e di analisi delle strutturazioni degli aggregati montani*, in tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano, Quaderno del Dipartimento di Ingegneria dei sistemi edilizi e territoriali, n. 9, Libreria Editrice Universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1984, p. 10.

nota 2.2-**95** - La tabella costituisce un adattamento e revisione della classificazione proposta in n. eLVA r., 1984, cit.

tano, come la tipologia di tracciato, di fondo, ecc. A questa categoria appartengono i segmenti così come definiti dall'IVS e le tratte così come definite dalla Regione Piemonte.

nel corso del tempo nello studio delle vie di comunicazione sono stati proposti diversi criteri di classificazione. Di seguito verranno descritti quelli adottati in questo capitolo.

Classificazione funzionale degli itinerari storici

Gli itinerari storici possono appartenere a categorie alquanto differenti. si va dai lunghi itinerari di importanza sovranazionale, come quelli che mettevano in comunicazione l'Italia settentrionale con la svizzera e l'europa del nord attraverso i più importanti passi alpini (ad esempio l'itinerario del Passo del Sempione), fino ai più modesti itinerari legati alla transumanza stagionale, che legavano i centri abitati di fondovalle agli alpeggi (ad esempio l'itinerario di transumanza da Craveggia fino agli alpeggi della Valle Onsernone). In questo capitolo si adotta, con alcuni aggiustamenti, una classificazione specifica per l'analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in ambiente montano, già proposta e collaudata in altre ricerche del Politecnico di torino⁹⁴. Tale classificazione è basata prevalentemente sull'analisi del tipo di relazione tra i nodi della rete delle vie di comunicazione, oltre che sull'analisi delle caratteristiche funzionali e tecnico costruttive. Per ciascuna valle alpina i nodi della rete sono costituiti da: nuclei abitati principali, zone di pianura adiacenti, valichi principali, aggregati edilizi minori o frazioni, colli laterali, pascoli e alpeggi, punti militarmente strategici, luoghi di sfruttamento minerario, luoghi turistici.

tra le caratteristiche funzionali e tecnico costruttive si citano il tipo di tracciato, la larghezza, la pendenza, il tipo di selciato o di fondo del piano viabile, la presenza di gradini, ecc. non meno importanti sono le caratteristiche dei manufatti e delle opere d'arte presenti: ad esempio il tipo e le dimensioni dei muretti e dei parapetti (altezza, ecc.), il tipo di strutture e materiali usati per i ponti, la presenza di piloni votivi lungo il percorso, di cappelle, di ricoveri, ecc.

La classificazione funzionale che ne deriva comprende i tipi di itinerari di comunicazione montana riportati nella tabella 2.2-7⁹⁵.

Categorie di percorsi e loro rappresentazione nella cartografia storica

Come si è visto, affinché un itinerario sia considerato storico, è necessario che esso sia attestato ad un determinato momento storico. Un itinerario è un concetto astratto, che si materializza però in un determinato percorso; è quindi necessario che il dato percorso risulti individuato nella coeva cartografia. Nella rappresentazione cartografica le tratte dei percorsi storici sono classificate in base alla loro funzione principale che è strettamente legata alle caratteristiche e dimensioni della strada

Sigla	Denominazione dell'itinerario	Descrizione	Requisiti per itinerari storici
I.1	itinerari di comunicazione principali	Itinerari tra i nuclei abitati più importanti, e di collegamento con zone di pianura e con i valichi principali, se questi esistono. tali strade, o ampie mulattiere, spesso si sviluppano lungo i fondovalle, tenendo conto di problemi di sicurezza dalle valanghe, e presentano larghezze relativamente ampie e pendenze il più possibile costanti; nel corso degli anni sono state mantenute o migliorate fino a quando il nuovo tipo di traffico motorizzato ha richiesto tracciati con caratteristiche notevolmente diverse. Per questo motivo spesso non sono più visibili i caratteri costruttivi tradizionali.	sono considerati storici se individuabili nel catasto Rabbini (1858-1870) o nelle tavolette IGMI 1:25.000 prima levata (1887).
I.2	itinerari di collegamento tra l'itinerario di comunicazione principale e gli aggregati minori o frazioni	si tratta in pratica di diramazioni che si dipartono dalla strada principale e raggiungono gli aggregati a mezza costa. Le loro caratteristiche sono generalmente di livello inferiore alla via principale (larghezza minore, pendenza maggiore, ecc.).	sono considerati storici se individuabili nel catasto rabbini o nelle tavolette IGMI 1:25.000 prima levata.
I.3	itinerari di collegamento diretto tra le frazioni	Queste strade, che collegano tra loro direttamente le frazioni o gli aggregati di mezza costa, permettono di risparmiare cammino rispetto agli alternativi percorsi di discesa e successiva risalita dalla strada principale di fondovalle. esse assumono particolare importanza quando vi siano stretti rapporti economici tra le frazioni. si possono citare esempi in cui queste mulattiere sono di dimensioni e caratteristiche migliori che le vie di fondovalle (proprio perché coesistono, o coesistevano, rapporti più stretti tra gli aggregati stessi che non tra essi e il fondovalle o la pianura).	sono considerati storici se individuabili nel catasto rabbini o nelle tavolette IGMI 1:25.000 prima levata.
I.4	itinerari di comunicazione con i colli laterali	esse sono state spesso utilizzate a scopi militari, venatori, o altri (contrabbando, ecc.). sono generalmente di dimensioni e caratteristiche inferiori a quelle della strada principale ed attualmente risultano in molti casi abbandonate ed impraticabili.	sono considerati storici se individuabili nel catasto rabbini o più probabilmente nelle tavolette IGMI 1:25000 prima levata.
I.5	itinerari che collegano gli aggregati con i pascoli, gli alpeggi	Itinerari di viabilità minore (mulattiere e sentieri) che hanno scopi prevalentemente agropastorali, per il trasferimento del bestiame, ecc.	sono considerati storici se individuabili nelle tavolette IGMI 1:25000 prima levata e anche nel catasto rabbini; se non presenti nel catasto rabbini è necessario valutare la sostanza storica (potrebbe trattarsi di sentieri ormai abbandonati e non più riconoscibili).

I.6	strade di origine e scopi militari	esse raggiungono i punti militarmente strategici e, se atte al trasferimento di artiglierie, ecc., presentano pendenze, larghezze, raggi di curvatura compatibili con i mezzi di trasporto specifici e hanno fondo e selciato atto a sorreggere i notevoli carichi. Per esempio le strade della Linea Cadorna.	sono considerate storiche se individuabili nelle tavolette IGMI 1:25000 2° edizione (rilievi del 1931-1934 in Valle Ossola) o costruite prima della II Guerra Mondiale.
I.7	strade legate allo sfruttamento delle risorse territoriali e del sottosuolo	Per esempio strade per le miniere, per lo sfruttamento dei boschi, ecc.	sono considerati storici se individuabili nelle tavolette IGMI 1:25.000 prima levata e anche nel catasto rabbini; se non presenti nel catasto rabbini è necessario valutare la sostanza storica.
I.8	altre strade recenti di viabilità ordinaria e di grande comunicazione	strade generalmente recenti, realizzate per scopi di grande comunicazione, per scopi turistici e turistico-sportivi, per utilizzazione del terreno a scopo edificatorio.	non vengono considerate vie di comunicazione storiche, a meno che non siano state costruite prima del 1940 e siano dotate di caratteristiche tecnico-costruttive originali ancora chiaramente riconoscibili.

tabella 2.2- 7. Classificazione funzionale degli itinerari per l'analisi delle strutturazioni degli aggregati montani.

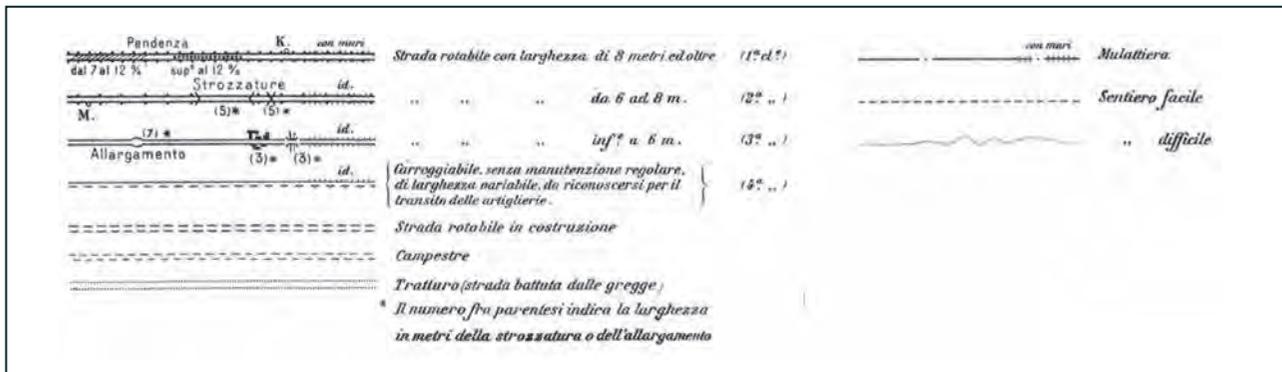
nota 2.2-96 - UstrA, CFMs, CFnP (ed.), *La conservazione delle vie di comunicazione storiche*, 2008, cit., p. 35.

nota 2.2-97 - UstrA, CFMs, CFnP (ed.), *La conservazione delle vie di comunicazione storiche*, 2008, cit., p. 35.

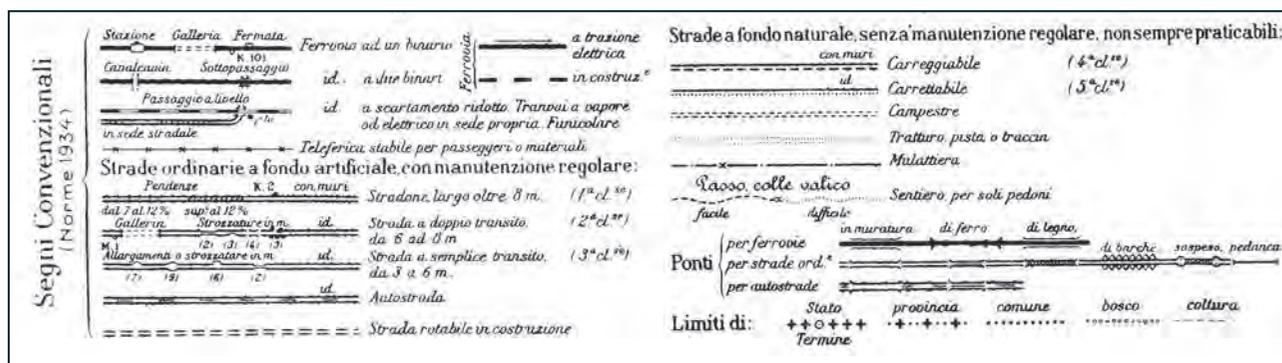
(larghezza, pendenza). Per questo motivo, per esempio, la tipologia descritta nell'IVS si basa sulle categorie stradali usate nella cartografia storica svizzera di riferimento ed è categorizzata in percorsi pedonali, mulattiere e sentieri per il bestiame, carrarecce e vie carreggiabili, strade artificiali⁹⁶.

Una caratteristica peculiare delle vie e strade storiche, all'opposto del sistema viario moderno sempre più ripartito in base alla funzione, è la promiscuità: infatti l'appartenenza a una categoria superiore non esclude un uso da parte degli utenti delle categorie inferiori. Le divisioni tra una categoria e un'altra sono perciò spesso incerte e non sempre definibili con precisione. Ad esempio, i pedoni hanno sempre circolato indifferentemente tanto su mulattiere, carrarecce e carreggiabili che su «strade artificiali». Nella forme viarie si associano i più differenti elementi costruttivi e opere d'arte. Queste combinazioni specifiche corrispondono ai vari tipi di vie⁹⁷. Pertanto i caratteri specifici di una via di comunicazione derivanti dalla sua funzione (larghezza, proporzioni, standard costruttivi) vanno rilevati e conservati.

ricordando quindi che una stessa via storica può aver assolto nel tempo a diverse funzioni e quindi presentare caratteristiche eterogenee derivanti da tale promiscuità, per la classificazione delle tratte dei percorsi storici si è scelto di adottare in questo capitolo, in analogia con la metodologia IVS, la classificazione riportata dalla prima levata della Carta Topografica d'Italia dell'IGMI in scala 1:25.000, che «fotografa» la situazione alla fine del XIX secolo (i rilievi in valle Ossola risalgono al 1887 circa). Pertanto i percorsi o le tratte storici verranno suddivisi in *strade a fondo artificiale, carreggiabili, mulattiere, sentieri pedonali*, così come indicato nella tabella 2.2-8.



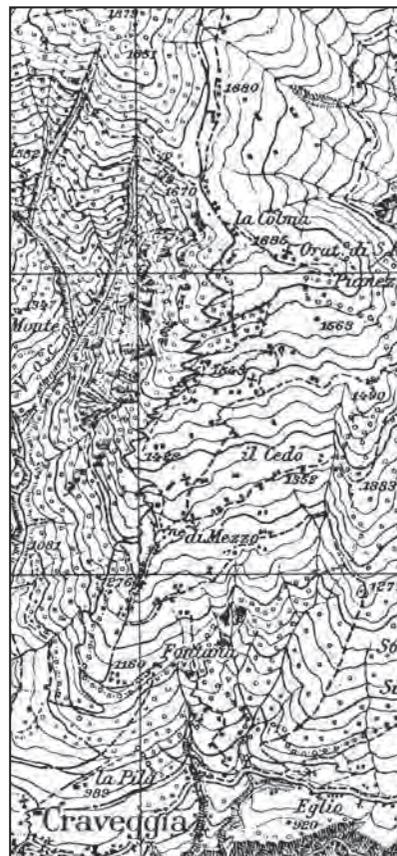
2.2-59



2.2-60



2.2-61a



2.2-61b

Fig. 2.2-59 - Particolare della legenda dell'edizione del 1887 (prima levata) della Carta Topografica d'Italia 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare, foglio 16, III - Santa Maria Maggiore (Archivio del Laboratorio di Fotogrammetria del Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di torino).

Fig. 2.2-60 - Particolare della legenda della seconda edizione (rilievo del 1931) della Carta Topografica d'Italia 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare, foglio 16, III, NO - Santa Maria Maggiore (Archivio del Dipartimento di Ingegneria strutturale, edile e Geotecnica del Politecnico di torino).

Fig. 2.2-61a, 61b - L'individuazione degli itinerari sulla cartografia storica non è scevra di incertezze, legate all'accuratezza sia del contenuto metrico che semantico. In questo esempio, relativo alla mulattiera tra Craveggia e la Bocchetta della Cima, sono evidenti le discrepanze tra il rilievo del 1887 e quello del 1931, sia nel numero che nel tracciato dei percorsi. (Carta Topografica d'Italia 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare, foglio 16, III, nO - santa Maria Maggiore).

Sigla	Classificazione del percorso o tratta storici	Corrispondenti categorie della Carta Topografica d'Italia IGMI I levata (1887 circa)	Corrispondenti categorie della Carta Topografica d'Italia IGMI II edizione (1931-34 circa)
P.1	strada a fondo artificiale	- strada rotabile con larghezza di 8 metri ed oltre (strada di 1° classe); - strada rotabile con larghezza da 6 a 8 metri (strada di 2° classe); - strada rotabile con larghezza inferiore a 6 metri (strada di 3° classe).	Strade ordinarie a fondo artificiale, con manutenzione regolare: - stradone largo oltre 8 metri (strada di 1° classe); - strada a doppio transito, da 6 a 8 metri (strada di 2° classe); - strada a semplice transito, da 3 a 6 metri (strada di 3° classe).
P.2	carreggiabile	- carreggiabile, senza manutenzione regolare, di larghezza variabile (4° classe).	- carreggiabile (4° classe); - carrettabile (5° classe).
P.3	mulattiera	- campestre; - tratturo (strada battuta dalle gregge); - mulattiera.	- campestre; - tratturo, pista o traccia; - mulattiera.
P.4	sentiero pedonale	- sentiero.	- sentiero per soli pedoni.

tabella 2.2- 8. Classificazione dei percorsi storici.

2.2.3.3 Indagini documentarie per il rilievo e la valutazione del valore storico

se da un lato le vie di comunicazione storiche sono tutti i collegamenti viari e stradali dei tempi passati, attestati come tali da documenti storici o riconoscibili sul territorio per il loro aspetto tradizionale, dall'altro, per classificare e valorizzare un itinerario come avente valore storico-documentale, occorre valutarne:

- il *valore storico*, che è relativo all'itinerario nel suo complesso, e viene attestato dalla documentazione storica: esso dipende dalla portata dell'itinerario, dalla continuità, dall'antichità e dalla persistenza della via di comunicazione e del suo uso;

- il *valore costruttivo tradizionale* conservato, che è invece relativo ai resti conservatisi fino ad oggi di elementi viari che sono stati realizzati con le tecniche costruttive disponibili nelle epoche storiche precedenti la seconda metà del XIX secolo e che da allora sono stati mantenuti con simili modi costruttivi tradizionali⁹⁸.

nota 2.2-98 - Il concetto di valore storico è assimilabile alla definizione di *historische Bedeutung* (valenza storica) e il concetto di valore costruttivo tradizionale conservato è assimilabile alla definizione di *traditionelle Wegsubstanz* (sostanza tradizionale) così come definiti e adottati nell'IVS, cfr. VIASATI ORIA AG, FALAPPI G.P., *Guida terminologica all'inventario federale delle vie di comunicazione storiche della Svizzera*, Ufficio federale delle strade USTRA, settore Traffico lento, Guida tecnica di applicazione. Aiuto all'esecuzione per il traffico lento n. 128, Berna, 2013.

Nel capitolo 2.2.3.2 sono stati indicati i requisiti di ammissibilità affinché un itinerario possa essere considerato storico basati sulla sua presenza nel catasto rabbinici o in alcune edizioni storiche della Carta topografica d'Italia. In questo capitolo si forniscono ulteriori indicazioni per meglio valutare il valore storico degli itinerari, mentre nei successivi capitoli 2.2.3.4 e 2.2.3.5 si forniranno indicazioni per valutare il valore costruttivo tradizionale conservato. Infatti, per poter documentare il va-

lore storico-culturale di un itinerario al fine di promuoverne l'inclusione nel catasto della rete escursionistica regionale e soprattutto avviare delle efficaci azioni di valorizzazione turistica, è opportuno che siano soddisfatti entrambi criteri. Per esempio nel caso delle vie di comunicazione maggiori i caratteri tecnico-costruttivi storici spesso non sono più riconoscibili perché fortemente modificati per adeguarle al traffico automobilistico, e di storico rimarrebbe solamente il teorico tracciato geometrico; oppure, nel caso di sentieri, sono più meritevoli di essere classificati tra gli itinerari di valore storico-culturale quelli che presentano un'elevata riconoscibilità di caratteri tecnico-costruttivi tradizionali o che possiedono un significato storico particolare.

Poiché le vie sono mantenute in esercizio con continui interventi di manutenzione e riparazione, la loro "sostanza" costruita è spesso relativamente recente. L'importanza e la consistenza storica risultano dal fatto che presentino un tracciato storicamente attestato e caratteristiche tecniche basate su modi costruttivi tradizionali.

I documenti principali per valutare il valore storico del tracciato di un itinerario sono costituiti, come abbiamo visto, dalle carte storiche, in particolare il catasto Rabbini e la prima levata della Carta Topografica

<i>Documentazione prioritaria e necessaria per la valutazione dei requisiti di storicità di un itinerario o percorso o tratta esistenti</i>	<i>Documentazione integrativa per la valutazione dell'importanza culturale e per la valutazione di itinerari o percorsi non più esistenti</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Catasto Rabbini (1858-1870 per i territori del Circondario di Pallanza e del Circondario dell'Ossola); - Carta Topografica d'Italia IGMI 1:25000, prima levata (1887 circa per l'area della Valle Ossola); - Carta Topografica d'Italia IGMI 1:25000, seconda edizione (1931-1935 per l'area della Valle Ossola) per strade militari o a fondo artificiale di particolare interesse, e come ausilio per una migliore individuazione dei percorsi già presenti sulla prima levata ma spesso riprodotti con accuratezza inadeguata per una precisa individuazione. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altre carte storiche (le carte più antiche spesso sono topograficamente poco accurate per una individuazione precisa dei percorsi, ma consentono di documentare gli itinerari più antichi e importanti e quindi di grande valore culturale; le carte più recenti sono utili a valutare le trasformazioni recenti del percorso o della tratta); - pubblicazioni sulla storia del traffico; - cronache di storia locale; - documenti amministrativi relativi alla costruzione di strade; - disegni, stampe, dipinti, fotografie storiche; - diari di viaggio e guide turistiche storiche; - fonti pubblicate.

2.2-9

tabella 2.2-9. Categorie e classi di priorità delle fonti documentarie per lo studio degli itinerari storici

Fig. 2.2-62 - esempio di carte storiche, utili documentare il valore storico-culturale di un particolare itinerario o percorso. In questa figura: particolare del Catasto Teresiano relativo al comune di Montecrestese; è individuabile la strada di collegamento tra le frazioni Chiesa, naviledo e Altoggio (*Montecrestese Ossola Superiore Ducato di Milano misurato in occasione del nuovo censimento di questo Stato [...]*, 1722, Archivio di Stato di Torino, sezioni riunite, Catasti).

Fig. 2.2-63 - Particolari di un esempio di carta storica documentante molti percorsi della Valle Anzasca già presenti nel XIX secolo (SOnIs G., *Carta topografica in misura della Valle d'Anzasca parte della giurisdizione dell'Ossola Superiore e parte Inferiore nell'Alto Novarese col delineamento delle miniere esistenti nei Territorj d'essa Valle*, 1758, Archivio di stato di torino). Come riportato in legenda le strade erano differenziate in tre categorie in funzione del tipo di utenza: *strade carreggiabili, strade da cavallo, strade de pedoni*. Per esempio la strada di fondovalle era catalogata *strada da cavallo*, mentre il percorso transfrontaliero del passo di Monte Moro era solamente per pedoni.



2.2-62



2.2-63

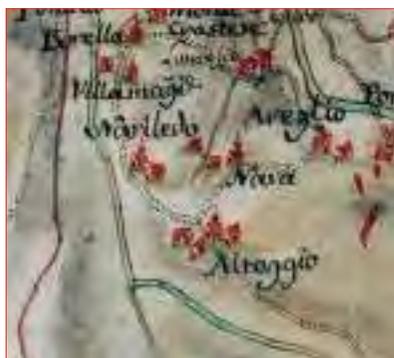
nota 2.2-99 - Cfr. ALIPrAnDI L. e G., *Le Grandi Alpi nella cartografia 1482-1885*, Priuli & Verlucca, Ivrea, 2005, vol. I;

BeLLInI G., COLOMBO M., *I collegamenti viari nel Cantone Ticino nel corso dei secoli*, in *Le vie di comunicazione storiche nel Cantone ticino*, Ufficio federale delle strade (USTRA), Berna, 2006, p. 6-17.

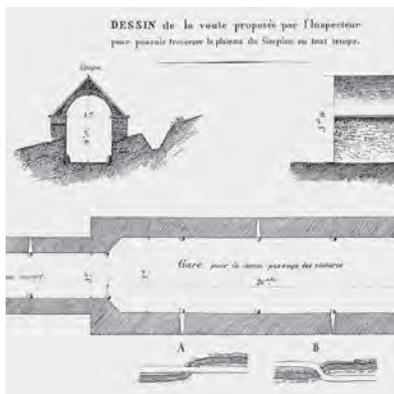
nota 2.2-100 - Cfr. BIZ V., *Les routes ont une histoire*, in *Les chemins historiques du canton du Valais*, Office fédéral des routes (OFROU), Bern, 2003, p. 8-21; ALIPrAnDI L. e G., *Le Grandi Alpi nella cartografia 1482-1885*, Priuli & Verlucca, Ivrea, 2005, vol. I.

Fig. 2.2-64 - esempio di carte storiche: sAs-sI G.B., *Carta Topografica dell'Alto e Basso Novarese e delle Valli Ossola, della Riviera d'Orta e del Vigevanasco*, 1768 (Archivio di stato di torino). Particolare relativo al comune di Montecrestese, con la strada che collega naviledo e Altoggio per poi proseguire verso l'Alpe Coipo.

Fig. 2.2-65 - esempio di documento di storia delle strade. La figura illustra un disegno del progetto, non attuato, dell'ingegnere francese r. CeArD dell'amministrazione napoleonica per la realizzazione di una copertura lunga 15 km sul percorso della strada del Passo del sempione. CeArD r., *Souvenirs des Travaux du Simplon*, Genève, 1837 (tratto da BIZ V., *Les routes ont une histoire*, cit.).



2.2-64



2.2-65

d'Italia IGMI 1:25.000. Il cosiddetto catasto Rabbini, pur non essendo stato mai attivato, costituisce la base del catasto dello stato unitario istituito nel 1886. I territori del Circondario di Pallanza e del Circondario dell'Ossola furono rilevati dal 1858 al 1870. Nel catasto sono riportate le strade pubbliche e le strade vicinali. non sono invece riportati i sentieri privati di accesso ai fondi e i sentieri su suolo pubblico. e' quindi uno strumento estremamente utile per le parti basse dei versanti; per gli accessi ai colli e ai valichi è invece necessario avvalersi della Carta IGMI, la cui prima levata nell'area dell'Ossola data al 1887.

Per documentare il valore storico, sarà opportuno utilizzare fonti documentarie e cartografiche ulteriori. Occorre infatti valutare:

- la portata dell'itinerario;
- l'antichità, la continuità e la persistenza dell'uso dell'itinerario;
- l'esemplarità e/o la rarità del tipo di itinerario o percorso.

I documenti utili sono costituiti da carte storiche più antiche e più recenti, pubblicazioni sulla storia del traffico, cronache di storia locale, disegni, stampe, dipinti e fotografie storiche, ecc.

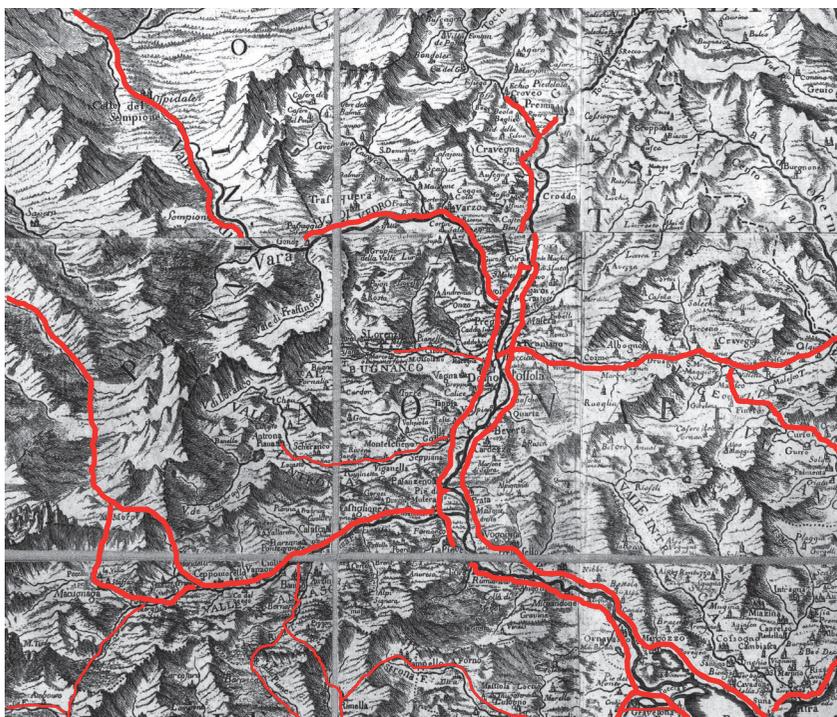
Le carte antiche in particolare possono attestare la presenza di itinerari precedenti la seconda metà del XIX secolo e quindi particolarmente interessanti ai fini della valorizzazione del valore storico-culturale. Esse sono utili per riconoscere gli itinerari, ma occorre prestare attenzione al loro utilizzo per la determinazione precisa dei percorsi e delle tratte, dal momento che spesso non è conosciuta o non era sufficientemente accurata la metodologia di rilevamento, e quindi le informazioni sulla effettiva geometria dei tracciati potrebbero risultare poco precise.

I grandi itinerari storici di comunicazione transfrontaliera del Verbano-Cusio-Ossola e del Canton Ticino

La Valle Ossola e il Canton Ticino, per la loro posizione di confine e la morfologia locale della catena alpina, presentano alcuni tra i più importanti itinerari storici di comunicazione tra il versante meridionale e quello settentrionale della catena principale delle Alpi. In particolare l'itinerario del Passo del Gottardo, il cui percorso in Canton ticino collega la zona dei laghi al Passo passando per Bellinzona, era già in età romana e medievale descritto come uno dei tre principali itinerari di comunicazione attraverso le Alpi, insieme al Colle del Gran S. Bernardo e al Passo del Brennero⁹⁹.

In Valle Ossola l'itinerario attualmente e storicamente più importante, sebbene di portata inferiore e più locale rispetto a quello del Gottardo¹⁰⁰, è costituito dal percorso che si snoda inizialmente lungo la valle del Toce e collega poi Domodossola a Briga attraverso il passo del Sempione. Oltre a questi, altri importanti itinerari storici permettevano la comunicazione tra il versante italiano e il versante svizzero: la strada lungo la Val Formazza e i passi del Gries e di san Giacomo, la strada lungo la Val Vigezzo e la Valle Cannobina, la strada lungo la Valle Antrona e il Passo Antrona, la strada lungo la Valle Anzasca e il passo di Monte Moro.

Proprio perché così importanti, questi itinerari storici presentano tratte in cui non sono più riconoscibili gli originali caratteri costruttivi, perché nel corso del XX secolo vi si sono sovrapposte le moderne strade di viabilità ordinaria. nonostante ciò uno studio attento dei tracciati storici consente di individuare quei tratti che non sono stati sostituiti e che hanno conservato i caratteri tradizionali e spesso di collegarli idealmente in un itinerario di interesse storico-culturale. sono quindi stati attuati nel recente passato meritevoli progetti di valorizzazione, volti a recuperare storici percorsi e a pubblicizzarli a fini escursionistici: per esempio il progetto Interreg ItinerAlp¹⁰¹ ha indagato, rilevato e prodotto un sistema informativo geografico relativo a cinque vie storiche transfrontaliere (le cosiddette strada del Mercato e strada dei santuari in Val Vigezzo, la strada Antronasca in Valle Antrona, la strà Granda in Valle Anzasca, la Strada del Gries e la strada lungo la Val Bognanco e il passo del Monscera, che in passato costituiva una variante al più impor-



2.2-67



2.2-68

Fig. 2.2-68 - Elaborazione grafica sulla base della carta Istituito Geografico dello Stato Maggiore Generale Austriaco, *Strassen-Karte der Westlichen Alpen*, 1831 (qui riprodotta da ALIPRANDI L. e G., 2005, cit., vol. 2, p. 280). Particolare della carta e del cartiglio, dove le strade sono classificate in *chaussée* (strade a fondo artificiale lastricate), strade



2.2-66

Fig. 2.2-66 - Elaborazione grafica con i principali itinerari evidenziati in rosso del Verbano Cusio Ossola e del Canton ticino, riportati nella carta di GROOTEN C., *Descriptio summorum Alpium qui Italiam, Germaniam et Galliam dividunt*, 1588 (Biblioteca Nazionale di Madrid, qui riprodotta da ALIPRANDI L. e G., 2005, cit., vol. 2, p. 280.), particolare. Si tratta di una *carta itineraria*, che riporta i principali itinerari dell'arco alpino. sono rappresentati i grandi itinerari transfrontalieri che collegano il Lago Maggiore alla svizzera, costituiti dall'itinerario che collega la sponda occidentale del Lago a Brig attraverso il passo del Sempione, e gli itinerari che si dipartono da Bellinzona passando per il Passo del Gottardo e il San Bernardino.

Fig. 2.2-67 - Elaborazione grafica della carta SAGNONE J., *Carta corografica degli Stati di S.M. il Re di Sardegna data in luce dall'Ingegnere Borghione nel 1683 corretta ed accresciuta nell'anno 1772, 1772* (qui riprodotta da ALIPRANDI L. e G., 2005, cit., vol. 2, p. 236), sono evidenziate in rosso i principali itinerari della Valle Ossola riportati nella carta: i percorsi transfrontalieri (strada del Passo del sempione, del Passo di Monte Moro, della Val Vigezzo e della Val Cannobina) e le principali strade di fondovalle e intervallive (strada del Gries, della valle Antrona, della Val Bognanco).

vetturabili, *pei carri, sommeggiabili e sentieri*. La strada lungo la valle d'Ossola per il passo del sempione e la strada lungo la Valle Leventina per il passo del Gottardo sono classificate come *strada lastricata (chaussée)*. tutti gli altri itinerari transfrontalieri sono classificate *strade sommeggiabili o sentieri*, così come alcune strade di fondovalle o intervallive che non sono state evidenziate.

nota 2.2-**101** - si tratta del progetto ItinerAlp: vie storiche attraverso le Alpi - Interreg II - Misura 3.1. Nell'ambito del progetto è stato realizzato un sistema informativo geografico relativo al censimento delle risorse e un progetto di recupero funzionale delle cinque vie interessate dal progetto. Alcuni dati sono stati divulgati ai fini della valorizzazione escursionistica degli itinerari: VOLOTO P., *Alte Griesstrasse*, Interreg ItinerAlp: vie storiche attraverso le Alpi, Gravello Toce, 2001.

nota 2.2-**102** - Cfr. BERGAMASCHI A., *Cannobina. La Borromea e dintorni*, Alberti Libraio Editore, Verbania, 2011.

nota 2.2-**103** - REGIONE PIEMONTE, Decreto Direttoriale 26 maggio 2014, n. 1510, L.r. n. 12 del 18 febbraio 2010 - *Recupero e valorizzazione del patrimonio escursionistico del Piemonte. Attuazione del Regolamento regionale n. 9/R del 16 novembre 2012, artt. 7-10-11-12-13-14-15. Registrazione e classificazione percorsi ed itinerari nel catasto escursionistico Regionale*, pubblicato sul Bollettino Ufficiale n.24, 12 giugno 2014.

nota 2.2-**104** - REGIONE PIEMONTE, Decreto Direttoriale 26 maggio 2014, n. 1510, cit., sezione 4: proposta di classificazione specifica in base alle caratteristiche ed alle modalità di fruizione passate o attuali.

nota 2.2-**105** - Come detto la regione Piemonte richiede una descrizione qualitativa, non quantitativa. In svizzera è stato utilizzato un metodo misto, in cui la classificazione delle vie di comunicazione ai sensi della Legge sulla protezione della natura e del patrimonio è basata su indici numerici assegnati in base a valutazioni qualitative, come illustrato nel Manuale Metodologico dell'IVS, cui si rimanda per approfondimenti: HEGLAND A., VON CRANACH P., (a cura di), *Manuel méthodologique - Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse*, cit., p. 39-48.

Fig. 2.2-**69** - redazione di una carta tematica contenente i principali itinerari storici transfrontalieri tra Ossola e svizzera, mediante l'elaborazione dei dati derivanti dal sistema informativo geografico dell'IVS per il territorio svizzero (percorsi evidenziati in rosso) e dal sistema informativo geografico realizzato nell'ambito del progetto *ItinerAlp: vie storiche attraverso le Alpi* - Interreg II - Misura 3.1 (percorsi evidenziati in arancione).

tante tracciato del sempione passante per Gondo ed ora è valorizzata a fini escursionisti e intitolata Sentiero Stockalper).

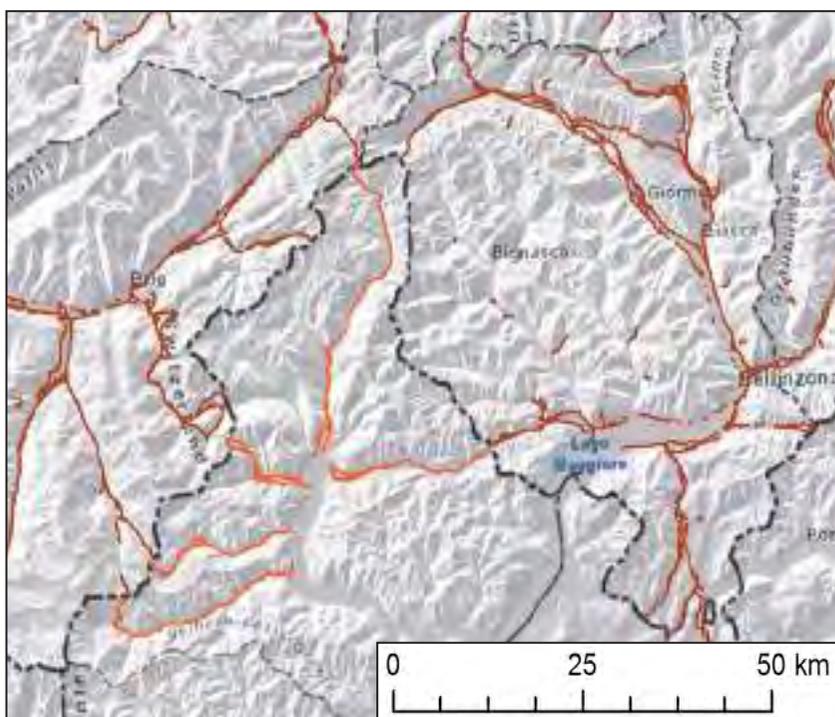
Oltre a questi esistono varianti ai grandi itinerari transfrontalieri (per esempio la cosiddetta Strada Borromea nella Valle Cannobina)¹⁰² che, proprio perché di minor portata, spesso hanno tratte che più facilmente hanno conservato caratteri costruttivi tradizionali.

2.2.3.4 - Rilievo del tracciato e dello stato di conservazione dei percorsi storici

Rilievo e valutazione della permanenza dei caratteri costruttivi tradizionali

Il rilievo del tracciato, dei suoi caratteri morfologici, degli elementi viari e del loro stato di conservazione è volto a riconoscere in situ la permanenza dei caratteri costruttivi tradizionali e quindi a valutare il valore costruttivo tradizionale conservato.

La regione Piemonte ha recentemente avviato la procedura per la registrazione degli itinerari nel Catasto regionale del patrimonio escursionistico¹⁰³. Gli enti gestori sono chiamati a proporre l'eventuale classificazione di itinerari aventi interesse storico-culturale; la procedura richiede che la proposta di classificazione specifica presuppone una evidente e comprovata caratteristica distintiva dell'itinerario senza ulteriori indicazioni ai fini della descrizione delle caratteristiche specifiche richieste¹⁰⁴. Affinché gli enti gestori possano motivare e documentare al meglio tale descrizione, si consiglia di valutare qualitativamente¹⁰⁵, oltre



2.2-69

al valore storico (cfr. 2.2.3.3), anche il valore costruttivo tradizionale conservato, determinabile solamente sulla base del rilievo delle seguenti caratteristiche del percorso:

- riconoscibilità e stato di conservazione del tracciato storico;
- modi di costruzione e stato di conservazione della conformazione;
- modi di costruzione e stato di conservazione dei muri di sostegno e degli elementi di delimitazione;
- modi di costruzione, larghezza e stato di conservazione della pavimentazione;
- modi di costruzione e stato di conservazione delle opere d'arte (ponti, guadi, gallerie);
- modi di costruzione e stato di conservazione degli elementi integrati con le vie di comunicazione (fontane, piloni votivi, cappelle, ospizi, ecc.).

Nei successivi paragrafi e nel capitolo 2.2.3.5 saranno elencati le caratteristiche e gli elementi che devono essere rilevati, limitando la casistica a quelli più comuni nei percorsi del Verbano Cusio Ossola.

Dati documentali relativi al contesto territoriale

Il contesto territoriale e ambientale influenzano fortemente il tracciato, la forma, i materiali e tutti gli elementi del percorso: per esempio il tipo e soprattutto la solidità del sottosuolo determinano le misure di stabilizzazione nella costruzione della tratta, le condizioni climatiche determinano la costruzione di tracciati e di gallerie a protezione dalle valanghe. Perciò è opportuno, prima di effettuare il rilievo in situ, studiare i dati documentali relativi ai seguenti fattori influenti:

- geologia e morfologia del terreno (carte e rilievi geologici, Ctr e DtM);
- condizioni climatiche;
- contesto storico (documenti elencati in tab. 2.2-9);
- contesto socio-economico (piani di sviluppo territoriale, PtP);
- assetto proprietario dei terreni adiacenti (catasti attuale e storici);
- contesto floro-faunistico (rilievi riguardanti la fitosociologia, le particolarità, la fitostabilità, le coltivazioni, le interferenze con la fauna).

Rilievo e monitoraggio del tracciato

La registrazione di itinerari di interesse storico-culturale si basa su percorsi e tratte di percorsi preventivamente registrati nel Catasto regionale del patrimonio escursionistico, quindi ai fini della richiesta di registrazione non è di norma necessario procedere ad un nuovo rilievo metrico del tracciato. Tuttavia ai fini della successiva valorizzazione sarà opportuno prevedere ulteriori rilievi del tracciato e del contesto per: 1) rilievo e georeferenziazione delle risorse del territorio legate al tracciato (punti notevoli): in parte già descritte qualitativamente nella scheda di registrazione del percorso, sarebbe opportuno verificare la localizzazione di eventuali altre risorse raggiungibili a piedi situate in un intorno di

Fig. 2.2-70 - L'interfaccia grafica del SIT della rete del Patrimonio escursionistico Piemontese, popolato con i dati geografici relativi ai percorsi registrati nel Catasto del patrimonio escursionistico. I percorsi del VCO finora registrati sono presenti nel SIT ma non sono ancora stati validati.



nota 2.2-**106** - r eGIOne PIeMOnTe , Deliberazione della Giunta Regionale n. 37 – 11086 del 23 marzo 2009, *Approvazione della Rete escursionistica regionale E del Catasto regionale dei percorsi escursionistici*, Allegato D.

nota 2.2-**107** - Il Politecnico di torino ha elaborato tecniche e procedure di rilievo tridimensionale di percorsi escursionistici colpiti da calamità naturali, cfr. BOCCArdO P. et al., *Training of Crisis Mappers and Map Production from Multi-sensor Data: Vernazza Case Study (Cinque Terre National Park, Italy)*. In: 8th International Conference on Geo-information for Disaster Management, enschede, 2012, pp. 41-52.

nota 2.2-**108** - r eGIOne PIeMOnTe , Deliberazione della Giunta Regionale n. 37 – 11086 del 23 marzo 2009, Allegato D, cit. Per i dati utili alla valorizzazione a fini escursionistici (tempi di percorrenza, pericoli, difficoltà) è necessario utilizzare le indicazioni e le scale di difficoltà adottate dal Club Alpino Italiano e congruenti con le convenzioni internazionali dell'Unione Internazionale Associazioni Alpinistiche. Cfr. CLUB ALPINO ITALIANO , COMMISSIONE CENTRALE PER L'ESCURSIONISMO , *Sentieri - pianificazione segnaletica e manutenzione*, Quaderno di Escursionismo, n. 1, 2004. Il Catasto dei sentieri gestito dalla sezione CAI di Villadossola riporta i dati escursionistici di tutti i sentieri segnalati dal CAI nel VCO.

nota 2.2-**109** - Un'ampia casistica è riportata in USTRa, CFMs, CFnP (ed.), *La conservazione delle vie di comunicazione storiche*, cit., p. 23-107; COnti G. M., ONet o G., 2008, cit.

100 metri dal tracciato, alla luce dello studio dell'interesse storico dell'itinerario; 2) verifica del tracciato reale: le istruzioni per la restituzione cartografica della scheda del percorso prevederebbero, qualora il tracciato rilevato si discosti localmente dall'elemento lineare rappresentato sulla Ctr, di ricondurlo all'elemento presente sulla Ctr¹⁰⁶; nel caso di tracciati storici in parte abbandonati per opere successive è invece opportuno rilevare i tratti più antichi, seppur brevi; 3) monitoraggio periodico e soprattutto in seguito ad eventi meteorologici estremi¹⁰⁷.

Accuratezza e precisione del rilievo GPs e organizzazione dei dati geografici in un sistema informativo GIS devono essere compatibili con gli indirizzi tecnici del CPe¹⁰⁸.

2.2.3.5 - Rilievo degli elementi costruttivi dei percorsi storici

La forma, il fondo o superficie e i supporti ai viandanti sono i tratti fondamentali di una via. essi sono determinati dapprima dalla funzione originaria, le trasformazioni da usi successivi (esempio: allargamenti per carrozze) e lo stato di conservazione dall'uso attuale (esempio: disuso e conseguente mancanza di manutenzione).

Occorre rilevare i componenti viari e le opere d'arte definibili tradizionali, cioè che:

- erano già componenti del paesaggio antropizzato preindustriale,
- sono stati costruiti con materiale presente in loco,
- sono stati realizzati e mantenuti con tecniche di costruzione artigianali¹⁰⁹.

Si descrivono nei successivi paragrafi gli elementi e le caratteristiche di cui è necessario rilevare la presenza e il tipo.

Conformazione

La conformazione della via, ovvero la forma della sezione trasversale, può aver richiesto agli antichi costruttori importanti sforzi per le opere di sbancamento, consolidamento e costruzione delle scarpate, soprattutto quando si pensi ai modi costruttivi artigianali.

Vie senza scarpate: questa forma può trovarsi su terreno pianeggiante o al più lungo la linea di massima pendenza di versanti debolmente acclivi, con sottofondo solido.

Vie in trincea (via con scarpate): sono vie infossate rispetto al terreno circostante. La loro costruzione è più impegnativa, perché richiede lavori di sterro o addirittura brillamenti di rocce. realizzate per livellare le pendenze o, nei sentieri per il bestiame, per separare e proteggere i prati confinanti dalla via. Le scarpate sono per lo più del medesimo materiale del sottosuolo (naturale, roccia), ma vie in trincea ben strutturate hanno anche muri di sostegno.

Strada su terrapieno (via con scarpate): è una via sopraelevata rispetto al terreno circostante. Al contrario di impianti viari sorti per il calpestio di animali e persone, come i tratturi, le piste in terra battuta

o sterrate o anche, talvolta, come le vie cave, una strada in terrapieno è sempre artificiale. È una forma viaria costosa di solito realizzata per pareggiare differenze di livello su brevi distanze o per ottenere una pendenza più regolare. specialmente le vie carrozzabili richiedono una pendenza regolare e lo spianamento di dislivelli eccessivi.

Vie a mezzacosta (via con scarpate): sono presenti ovunque una via debba attraversare diagonalmente un declivio, e presentano una scarpata a monte ottenuta per sbancamento e una scarpata a valle di terreno consolidato o muro di contenimento. Quanto maggiore è l'acclività del versante, tanto maggiore è l'altezza delle scarpate e la difficoltà di costruzione.



2.2-71

Fig. 2.2-71 - esempio di via pianeggiante senza scarpate, con elementi di delimitazione costituiti da piode di grandi dimensioni infisse verticalmente e filare di alberi (Tra Boleto e Artò).

2.2-72



Fig. 2.2-72 - esempio di via in trincea, per proteggere i campi dal bestiame, con le scarpate rivestite da muri di contenimento (Val Bavona, Canton Ticino).

Fig. 2.2-73 - esempio notevole di via in parte in trincea e in parte su terrapieno, per avere una pendenza costante (15-16 gradi di inclinazione) (Coimo, Val Vigezzo).

Fig. 2.2-74 - esempio di mulattiera a mezzacosta, con scarpate in terreno naturale inerbite (Craveggia, Val Vigezzo).



2.2-74

2.2-73



2.2-75

Fig. 2.2-75 - esempio di via a mezzacosta con muro di contenimento a valle e a monte. Da notare il pergolato per la coltivazione della vite appoggiato al muro a monte (Dumera).

Muri di sostegno ed elementi di delimitazione

Muri di sostegno: sostengono la spinta proveniente dal terreno e, sul lato a valle, i carichi del traffico, deviano l'acqua che scorre dal pendio dietro il muro verso il sottosuolo. Si distinguono in muri di rivestimento, o di controripa (a monte), e muri di sostegno o di sottoscarpa (a valle). I muri originari, se non sono stati sostituiti, erano muri per gravità di pietra a secco. Per le caratteristiche costruttive generali dei muri di contenimento in pietra a secco, cfr. cap. 2.2.2.3.

Scarpate: quando non è presente un muro di sostegno a valle o di contenimento a monte, le scarpate sono costituite, a monte, dal taglio del pendio, mentre a valle dal riporto di terreno e blocchi di pietra. Le scarpate tradizionali sono di regola di materiale incoerente o di roccia viva, spesso ricoperte e stabilizzate dalla vegetazione o da una copertura di pietre per proteggerle dall'erosione.

Recinzioni: i modi costruttivi tradizionali più diffusi e tipici sono muretti a secco di pietrame erratico, lastre di grandi dimensioni (piode) infisse verticalmente nel terreno, steccati misti (correnti orizzontali in legno incastrati in lastre verticali in pietra), semplici steccati in legno, delimitazioni con piante a basso fusto.

Balaustre: costituite da muretti o steccati con la funzione di evitare la caduta in punti particolarmente esposti (ponti, alte scarpate a valle).

Fig. 2.2-76 - elemento di delimitazione: a monte scarpata in terreno naturale inerbito con basso muro di contenimento in pietra a secco, a valle *piode* di grandi dimensioni infisse verticalmente (Coimo, Val Vigezzo).

Fig. 2.2-77 - elemento di delimitazione: muretto in pietra a secco, a protezione dei prati delle corti maggengali lungo la mulattiera di accesso agli alpeggi (Craveggia, Val Vigezzo).

Fig. 2.2-78 - elementi di una recinzione: montanti in pietra con foro per l'infissione dei correnti in legno (Craveggia, Val Vigezzo).

Fig. 2.2-79 - Blocco con foro per l'inserimento di un montante della balaustina di un ponticello (Veglio, Montecrestese).



2.2-76



2.2-77



2.2-78



2.2-79



2.2-80

Fig. 2.2-80 - Via a mezzacosta con elementi di delimitazione (muri di pietra a secco) e superficie in terreno naturale inerbito (Sagrogno, Val Vigezzo).

Pavimentazioni e dispositivi di drenaggio

è necessario rilevare il materiale, la larghezza e la tecnica di pavimentazione, indagandone la relazione con la funzione della via e dal tipo di sottosuolo.

Superfici in materiale naturale incoerente: il materiale può essere costituito da terreno inerbito, letto di fogliame, terra, materiale ghiaioso o sassoso. Il rilievo è volto a rilevare il tipo di materiale nei vari tratti, e lo stato di conservazione: poichè i materiali naturali sono facilmente soggetti all'erosione e tendono a inzupparsi, occorre rilevare i tratti imbibiti di acqua, i fenomeni di erosione, le tratte erroneamente coperte con manti rigidi o altro materiale di scarto come calcinacci, frantumi di laterizi, ecc.

Superfici scavate nella roccia viva: non sono molto frequenti e sono limitate a brevi tratti; per la rarità e la difficoltà costruttiva sono da rilevare come elementi di valore.



2.2-81a

Fig. 2.2-81a, 81b - esempio di tipica via a gradonate e pavimentazione a lastricato di corona laterale e acciottolato centrale. si tratta dell'antica strada comunale tra Druogno e sagrogno. Presenta pendenza e larghezza costanti (15-16 gradi di inclinazione, 1,60 cm di larghezza), gradoni di lunghezza costante e alzata realizzata con lastre verticali dal bordo arrotondato. Un tratto in stato di degrado rivela i modi costruttivi: il lastricato di taglio di corona, le lastre di taglio dei gradini (Druogno, Val Vigezzo).



2.2-81b



2.2-82

Fig. 2.2-82 - Le grandi lastre del lato a valle sono inclinate verso il centro della carreggiata, così da offrire contrasto allo scivolamento in caso di neve e gelo (sagrogno, Val Vigezzo).



2.2-83

Fig. 2.2-83 - In corrispondenza del bordo del muro di sostegno a valle sono visibili le lastre di taglio di corona (Druogno, Val Vigezzo).



2.2-84

Fig. 2.2-84 - Lastricato a gradini sulla ripida mulattiera tra Pontemaglio e Veglio (Crevola-dossola).

Fig. 2.2-85 - elementi di drenaggio: sono visibili la bombatura verso i lati, la canaletta laterale sul lato a monte. si noti inoltre l'inclinazione del lastricato di corona per contrastare lo sdruciolamento verso valle (naviledo, Montecrestese).

Fig. 2.2-86 - Mulattiera con pavimentazione lastricata con pietre di taglio e alcune grandi pietre di piatto e con canale laterale di drenaggio (sagrogno, Val Vigezzo).

Pavimentazioni imbrecciate o inghiaiate: rivestimento di materiale ghiaioso a granulometria fine posato su fondo stradale artificiale di pietrame; è una superficie tipica delle strade carreggiabili.

Pavimentazioni a selciato: composizione solida di pietre naturali o lavorate posate singolarmente. Le selciature si suddividono in gruppi secondo il materiale, l'esecuzione, i disegni di posa delle pietre e il materiale dell'allettamento. riguardo al materiale si distingue tra *acciottolato*, o pavimentazione a ciottoli, e *lastricato*, o pavimentazione a lastre di pietra. Per il modo di esecuzione si distinguono:

- lastricato con pietre messe di piatto,
- lastricato con pietre messe di taglio,
- lastricato di corona (delimitazione laterale della via),
- lastricato a gradini (gradini di lastre)
- lastricato misto (combinazione di più tipi).

Molte vie lastricate con una leggera pendenza sono *gradonate*, costituite da gradoni con pedata lunga (oltre un metro) e piccola alzata (una decina di centimetri); il gradino è costituito da lastre infisse verticalmente, arrotondate in modo da consentire lo scorrimento di slitte per il trasporto.

Drenaggio: i dispositivi per regolare il deflusso delle acque sono fondamentali per la conservazione della via e si differenziano in:

bombatura o inclinazione della superficie, in modo che l'acqua



2.2-85



2.2-86

venga deviata verso i margini e convogliata in un fosso laterale;

canaletta trasversale è un dispositivo di drenaggio inserito obliquamente o perpendicolarmente nel piano stradale che raccoglie l'acqua di superficie facendola defluire a lato;

fosso laterale è collocato parallelamente alla strada lungo uno solo o ambedue i lati, e tradizionalmente ha il fondo selciato.

Il rilievo dei dispositivi di drenaggio e dello stato di conservazione è di vitale importanza, perché richiedono una costante manutenzione e nel caso di cattivo funzionamento portano al deperimento degli altri elementi della via.

Opere d'arte

sono componenti speciali del tracciato, quali guadi, ponti, gallerie, per la cui specificità sono da rilevarsi dettagliatamente e valutarsi caso per caso.



2.2-87a



2.2-87b



2.2-88

Elementi integrati con le vie di comunicazione

sono quelle costruzioni o segnali che sono in diretta relazione con una via di comunicazione, senza esserne una componente. sono di supporto agli utenti della via, per i quali hanno rilevanza funzionale, informativa o religiosa: si tratta di edifici sacri o profani o altri oggetti presenti lungo la via, come piloni, cappelle, fortificazioni, pietre miliari o croci (per esempio le croci lungo la strada Borromea in Valle Cannobina). E' importante farne un rilievo a scala architettonica per documentare il valore storico (spesso è incisa o registrata la data di erezione) e culturale, perché tipici di itinerari speciali, come gli itinerari devozionali o strade militari.



2.2-89



2.2-90

Fig. 2.2-87a, 87b - esempio di opere d'arte: Ponte di Pontemaglio. La larghezza delle carreggiate, la pendenza e la pavimentazione lastricata a gradonate sono le medesime delle mulattiere (chiamate strade comunali nel catasto rabbinici) rilevate a Druogno, Coimo, Naviedo.

Fig. 2.2-88 - esempio di opere d'arte: semi-galleria scavata nella parete rocciosa sull'antico tracciato della strada per il passo del sempione nei pressi di Pontemaglio, ora non più utilizzata perché nel tempo affiancata da una galleria parallela.

Fig. 2.2-89 - I piloni votivi sono supporti ai viandanti molto diffusi, con funzioni simbolico-religiose (Druogno, Val Vigezzo).

Fig. 2.2-90 - Cappella della Madonna del rosario, costruita in corrispondenza del culmine del percorso di transumanza tra Craveggia e la Valle Onsernone (Bocchetta della Cima, Craveggia, Val Vigezzo).

BIBLIOGRAFIA Cap. 2.2

- ALIPrAnDI L. e G., *Le Grandi Alpi nella cartografia 1482-1885*, Priuli & Verlucca, Ivrea, 2005.
- BAtZInG W., *Le Alpi*, Bollati Boringhieri, Torino, 2005.
- BeLLInI G., COLOMBO M., *I collegamenti viari nel Cantone Ticino nel corso dei secoli*, in: *Le vie di comunicazione storiche nel Cantone Ticino*, Ufficio federale delle strade (USTRA), Berna, 2006.
- BerGAMAsCHI A., *Cannobina. La Borromea e dintorni*, Alberti Libraio Editore, Verbania, 2011.
- BertAMInI t., *Storia di Montecrestese*, Edizioni Oscellana, Domodossola, 1991.
- BlZ V., *Les routes ont une histoire*, in: *Les chemins historiques du canton du Valais*, l'Office fédéral des routes (OFROU), Bern, 2003.
- BOCCARDO P., CHIABrAnDO F., FACeLLO A., GnavI L., LInGUA A., MAsCHIO P., PAsQUALe F., s PANÒ A., *Training of Crisis Mappers and Map Production from Multi-sensor Data: Vernazza Case Study (Cinque Terre National Park, Italy)*, in 8th International Conference on Geo-information for Disaster Management, Enschede, 2012
- BOndrDI L., *I versanti terrazzati dell'arco alpino: tecniche costruttive e modelli formali*, in s CARAMELLInI G., VArOtt o M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008.
- BrAnCUCCI G., MAsetti M., *I sistemi terrazzati: un patrimonio, un rischio*, in: s CARAMELLInI G. e VArOtt o M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio Editori, Venezia, 2008.
- BrAnCUCCI G., PALIAGA G., *I problemi della mappatura: l'esperienza della Liguria*, in: s CARAMELLInI G. e VArOtt o M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio Editori, Venezia, 2008.
- CLUB ALPInO ItALIANo , COMMIssIone CentrAle Per L'esCURsIONIsMO , *Sentieri - pianificazione segnaletica e manutenzione*, Quaderno di Escursionismo, n. 1, 2004.
- COntI G. M., Onet o G., *Paesaggio di pietra, alberi e colore – L'architettura tradizionale nel Verbano-Cusio-Ossola*, Alberti Libraio Editore, Intra, 2008.
- CrOsA LenZ P., r AGOZZA P.A., *La linea Cadorna nel Verbano Cusio Ossola*, Provincia del Verbano Cusio Ossola, Verbania, 2007.
- DeMAttels G., COrrADO F., DI GIOIA A., *Nuovi montanari. Abitare le Alpi nel XXI secolo*, Frando Angeli, Milano, 2014.
- DIPArTIment o DI ArCHItettUrA e PIAnIFICAZIone - POLItECNICO DI MILANo , *Report metodologico sull'utilizzo di immagini SPOT per la redazione di una mappa di copertura del suolo delle Province di Novara e Verbano-Cusio-Ossola relativa all'anno 2007*, e *Report metodologico relativo alla produzione della carta di uso/copertura del suolo della Lombardia al 20 08*, 2010.
- e UrOPeAn COMMIssION – DIreCt OrAte GenerAl JRC – JOInt r eseArCH Centre – s PACe APPLICAIOns InstItUte – AGRIcOLtUre AnD r eGIOnAL InFORMATIOn s YsteMs UnIt , *CORINE Land Cover – Technical guide*, ETC/LC European Environment Agency, 1997.
- FAsOLInI D., MAnettA s. , *Uso del suolo in Regione Lombardia – Atlante descrittivo*, regione Lombardia - direzione generale territorio e Urbanistica.
- FAsOLInI D., s ALe V. M., *Uso del suolo in Regione Lombardia- I dati Dusaf, edizione 2010*, regione Lombardia - direzione generale Territorio e Urbanistica, Milano, 2010.
- FOnTAnArI e., *Norme e politiche*, in s CARAMELLInI G. e VArOtt o M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008.
- GArBerI M.L., CAMPIANI e., VIGILAnte e., *Il database dell'Uso del Suolo "Storico" della Regione Emilia-Romagna derivato dalla cartografia preunitaria (1828 -1853)*.
- HAUSSMAnn G., *Suolo e società*, Istituto Sperimentale per le colture foraggere, Lodi, 1986.
- HeGLAnD A., VOn CrAnACH P., (a cura di), *Manuel méthodologique - Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse*, Université de Berne/ViaStoria, Berne, 1999.
- HÖCHL F., LeHrInGer s., *Agire o non agire: strategie future di conservazione per il parco nazionale della Val Grande*, relazione finale del Sub-progetto del programma INTERREG IIIA "Paesaggio transfrontaliero da promuovere e valorizzare", ottobre 2004.

- MARIN P., *Vita e abbandono degli alpi*, in Luciani D., *Val Bavona*, Fondazione Benetton Studi Ricerche, Treviso, 2006 (I edizione 1970).
- MARIN S., PESCE G., DE FRANCHI R., *Manuale per la costruzione dei muri a secco*, Parco nazionale delle Cinque terre.
- MODICA G., PRAICÒ S., POLLINO M., DI FAZIO S., *Geomatics in Analysing the Evolution of Agricultural Terraced Landscapes*, in MURANTE B. et al. (a cura di): ICCSA 2014, Part IV, LNCS 8582, Springer International Publishing Switzerland, 2014.
- NELVA R., *Metodi e strumenti di rilevamento e di analisi delle strutturazioni degli aggregati montani*, in: *tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Quaderno del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi edilizi e Territoriali, n. 9, Libreria Editrice Universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1984.
- NOVELLO MASSAI G., *Analisi integrate dei dorf di Betta, Biel e Selsteg nell'alta valle del Lys (Gressoney la Trinitè)*, in: *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Quaderno del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi edilizi e Territoriali, n. 9, Libreria Editrice Universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1984.
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE, *L'utilisation du sol: hier et aujourd'hui. Statistique suisse de la superficie*, Neuchâtel, 2001.
- PLEMONTESE L., PEROTTO C. (a cura di), *Carta della copertura del suolo. Provincia di Latina. Informazioni per la pianificazione e gestione del territorio*, Gangemi Editore, Roma, 2004.
- PITTELOUD L., PRALONG J., *Les murs en pierres seches - Rapport final*, SEREC, 2001.
- RAMONIRI, *I terrazzamenti di Viganella: un'ipotesi di rivalorizzazione*, tesi di Laurea triennale, Università degli Studi di Milano, relatore Luca Bonardi, 2013.
- REGIONE PIEMONTE, *Piano Paesaggistico Regionale*, adottato con Decreto della Giunta Regionale n. 53-11975 del 4 agosto 2009.
- RODEWALD R., *Instrumente zur nachhaltigen Entwicklung der Terrassenlandschaften*, stiftung Landschaftsschutz Schweiz, Bern, 2007
- RODEWALD R., *Proterra: Erhaltung der Terrassenlandschaften der Schweiz*, in *Geomatik Schweiz*, 2005, n. 2.
- RODEWALD R., SCHWYZER Y., LECHLI K., *Catalogue des paysages culturels caractéristiques de Suisse*, Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage, Berna, 2013.
- SALSA A., *Etnografia e insediamenti umani nelle Alpi*, in: *Montagna da vivere – Montagna da conoscere*, Club Alpino Italiano, Milano, 2013.
- SARAMELLINI G., *Paesaggi terrazzati nell'area alpina: osservazioni geostoriche e prospettive analitiche*, in: SARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio editori, Venezia, 2008.
- STOLL G., *Directive pour la construction de murs en pierres sèches*, Federazione svizzera Costruttori muri a secco FSCMS, 2012.
- USTRA, CFMS, CFNP (ed.), *La conservazione delle vie di comunicazione storiche. Guida tecnica di applicazione; Aiuto all'esecuzione per il traffico lento n. 8*, Berna, 2008.
- VAROTTO M., FERRARESE F., *Mappatura e classificazione geografica dei paesaggi terrazzati: problemi e proposte*, in: SARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008.
- VIASOTTI AG, FALAPPI G.P., *Guida terminologica all'inventario federale delle vie di comunicazione storiche della Svizzera. Guida tecnica di applicazione; Aiuto all'esecuzione per il traffico lento n. 128*, Ufficio federale delle strade USTRA, settore Traffico lento, Berna, 2013.
- VOLOHO P., *Alte Griesstrasse*, INTERREG ItinerAlp: vie storiche attraverso le Alpi, Gravellona Toce, 2001.
- ZERBINATI M., *Catasti storici e territorio*, in: COMOLI V., VEREY F., FASOLI V., (a cura di), *Le Alpi*, Celid, torino, 1997.

2.3 - MetODI e strUMentI Per IL rILieVO e LA rAPPresentAZIOne DeI tessUtI eDIFICAtI

IsABeLLA BIAncO, PABLO AnGeL rUFFInO, MArCO ZerBInAttI

Questo paragrafo intende fornire una serie di criteri metodologici e pratici ai professionisti che si accingono a intervenire sul patrimonio architettonico e ambientale degli insediamenti alpini.

Le attività di recupero e di conservazione di tali costruzioni richiedono conoscenze storiche, attenzione e sensibilità nell'agire quali condizioni basilari per la comprensione dei valori di unicità di ogni edificio oggetto di interesse. I criteri di intervento saranno infatti delineati come conseguenza di un'indagine conoscitiva di base, finalizzata a porre in evidenza gli elementi di pregio storico, architettonico o ambientale (possibilmente da tutelare e conservare), distinguendoli da quelli di minor pregio (la cui modifica non crea sostanziali alterazioni d'immagine). L'analisi critica non si limita a considerare il singolo edificio, ma prende in considerazione anche il contesto territoriale e il periodo storico di concezione e realizzazione. Osservando un ambiente costruito con adeguato spirito critico è possibile comprendere la temperie culturale che lo ha generato e identificare i caratteri che maggiormente lo connotano.

Procedendo con un'analisi comparativa tra edifici coevi con le stesse destinazioni d'uso sarà dunque possibile delineare i caratteri connotanti che caratterizzano queste costruzioni. A questo punto ogni singolo edificio può essere analizzato nel dettaglio per mettere a fuoco la sua particolare individualità architettonica: pur presentandosi in analogia con altri edifici o manufatti dello stesso o di altri insediamenti, esso possiederà proprie peculiarità in rapporto a specifiche esigenze, condizioni, vincoli.

tali analisi e interpretazioni permettono a tutte le persone coinvolte in un lavoro di conservazione e recupero (come proprietari, progettisti, funzionari, maestranze) di intervenire con una maggiore consapevolezza all'interno di una azione corale.

A tal proposito il rilievo diretto può prefigurarsi come utile strumento di indagine e comprensione. esso ha il compito riportare informazioni che risultino utili per una corretta interpretazione storico-architettonica, sia d'insieme sia inerente le singole costruzioni. tale strumento non è un mero rilevamento geometrico, bensì è finalizzato a fornire informazioni di tipo filologico-congetturale. Esso è dunque diretto a interpretare la configurazione stratificatasi nel tempo dei tessuti edificati. In ragione delle caratteristiche delle borgate alpine, il rilievo filologico deve essere in grado di delineare un chiaro quadro circa l'integrazione tra le parti che compongono il tessuto edificato e il rapporto tra questo e il contesto ambientale. Per quanto concerne gli edifici, può essere significativo reperire informazioni sulle epoche in cui essi sono stati realizzati ed eventualmente modificati, sulle destinazioni d'uso storiche degli ambienti,

sugli elementi caratteristici dell'architettura alpina in pietra (per esempio, l'*astic*, i timpani aperti), gli elementi che scandiscono la modulazione (aperture, ingressi). La rappresentazione del contesto evidenzia gli elementi naturali (fiume, bosco, ecc.), le strutture di colonizzazione (terrazzamenti, colture, muri, ad esempio) e i servizi della borgata (lavatoi, fontane, piloni votivi) e sottolinea l'inscindibile legame che lo unisce alle architetture.

Il metodo di rilievo che il gruppo di ricerca Interreg-Alpstone propone in questo paragrafo è stato elaborato *ad hoc* per l'architettura di pietra situata tra Ossola e ticino e si propone come una integrazione alla norma UnI 7310:1974. I fondamenti di questo contributo sono radicati nella pluridecennale esperienza maturata in ricerche applicate e dibattite sui temi del recupero e della conservazione dell'edilizia storica. Il sistema di rilievo è stato messo a punto nell'ambito di due programmi Cnr dal 1972 al 1976 da Augusto Cavallari Murat e i suoi collaboratori nell'Istituto di Architettura tecnica del Politecnico di torino ¹.

Il sistema di rappresentazione assunto è stato preso dalla norma UnI 7310:1974, la quale ha stabilito la "simbologia convenzionale da usarsi per la cartografia destinata alla rappresentazione grafica della consistenza architettonica, urbanistica e monumentale degli aggregati urbani storici aventi una configurazione prevalentemente caratterizzata da edifici multipiani"².

Per quanto riguarda la rappresentazione delle borgate montane, nel 1973 è stata pubblicata una "Proposta di simbologia convenzionale dalla cartografia di aggregati spontanei montani" dai professori F. Mellano, L. Morra, r. nelva.

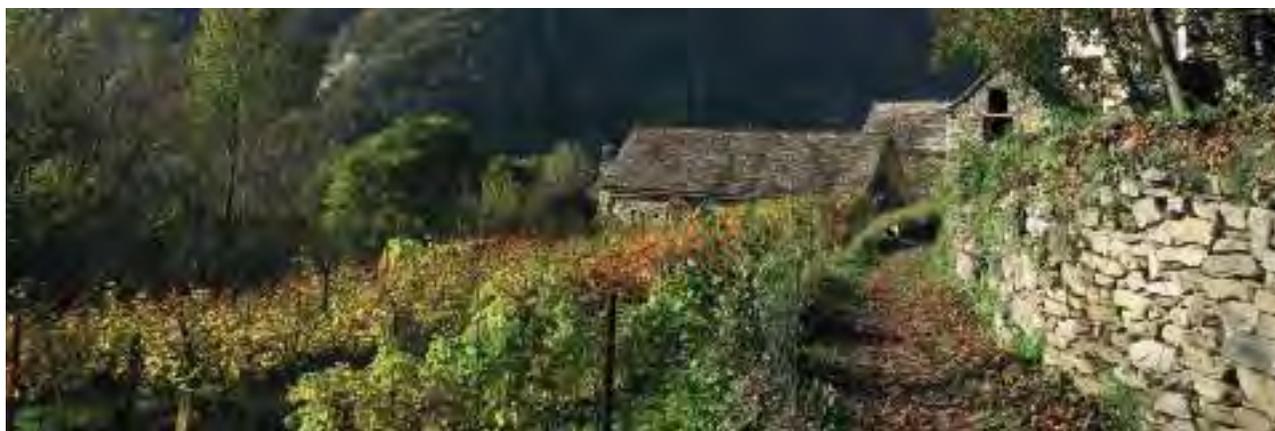
Le tecniche di analisi e rappresentazione degli aggregati edilizi in territorio montano sono invece state elaborate nel corso di una ricerca finanziata dal CNR dall'Istituto di Architettura Tecnica (responsabile della ricerca: r. nelva) negli anni compresi tra il 1979 e il 1982.

Il metodo e la simbologia proposti in seguito sono basati sui predetti studi e si pongono come loro integrazione e adattamento per l'analisi e l'interpretazione delle tipiche costruzioni di pietra situate nelle vallate tra alpine tra Ossola e Canton ticino.

nota 2.3- 1 - Hanno lavorato, a vario titolo, nei gruppi di ricerca: n eLVA r., DesIDerI e., n OVeLLO MAssAI G., COPPO S., BArdELLI P. G., GIAnArro G., COttA r AMUSInO A.

nota 2.3- 2 - norma UnI 7310:1974, p. 1.

Fig. 2.3-1 - Vista della via di accesso a Veglio (Montecrestese).



2.3-1

2.3.1 - Metodi e strumenti operativi

Per un corretto rilievo a scala urbana sono proposte essenzialmente cinque fasi operative: la documentazione preliminare, l'indagine preliminare, l'individuazione della simbologia di rappresentazione, il rilievo diretto e la fase di restituzione e analisi critica.

2.3.1.1 - documentazione preliminare

Affinchè l'indagine *in situ* sia solidamente fondata e risulti più efficace è prassi corretta consultare precedentemente le fonti documentarie relative all'area di interesse. A seconda degli specifici obiettivi da perseguire può essere utile analizzare e comparare catasti attuali e storici, cabrei, ortofoto, cartografie, documenti d'archivio, ecc. (per questo aspetto si rimanda al cap. 2.1). Manuali e fonti bibliografiche possono inoltre fungere da supporto per le successive fasi di studio. La documentazione è particolarmente importante per l'analisi di situazioni ove sono presenti parti danneggiate o difficilmente documentabili con indagini dirette.

2.3.1.2 - indagine preliminare

Un rilievo efficace dipende in larga misura dalla significatività degli elementi rappresentati e dalla chiarezza grafica. Per raggiungere tali obiettivi è consigliata una preliminare fase di studio presso l'aggregato alpino di interesse, volta a identificare i caratteri costruttivi che connotano il complesso ambientale. Questa fase, solitamente piuttosto speditiva, è di notevole importanza in quanto aiuta a delineare i criteri da utilizzare nella successiva fase di rilievo.

2.3.1.3 - individuazione della simbologia di rappresentazione

I riscontri *in situ* hanno portato ad ampliare la simbologia di riferimento, mutuata dagli studi citati (cfr. nota 2.3- 1) e della norma UnI 7310:1974, con la rappresentazione di elementi che connotano specificatamente l'architettura alpina di pietra di questo particolare contesto culturale. Alcuni simboli grafici sono stati infatti elaborati *ad hoc* per i manufatti di insediamenti nelle valli Ossola (frazioni di Montecrestese), Vigezzo (Craveggia, tocenò, Crana), Val Bavona (sabbione e san Carlo). La simbologia qui adottata potrà ancora essere affinata nel tempo. In relazione a ciò, pare utile fare due considerazioni:

1) i simboli utilizzati per ampliare il lessico grafico potranno entrare "ufficialmente" in un apparato normativo ufficiale solo quando questo dovesse essere rivisto dalla Commissione di riferimento, rispettando l'iter procedurale previsto;

2) come per altri capitoli del manuale, questo approfondimento è "aperto":

sarà possibile proporre integrazioni o modifiche suggerendo fondate osservazioni (tali contributi potranno provenire, per esempio, da tecnici, professionisti, cultori). Di seguito è riportata la simbologia ad oggi elaborata suddivisa in elementi di contesto ed elementi edilizi. A ogni elemento corrispondono una breve descrizione, una o più fotografie e il simbolo grafico associato.

2.3.1.4 - simbologia degli elementi di contesto

Convenzioni e simboli

indicazioni altimetriche con curve di livello

Al fine di determinare e rappresentare le informazioni altimetriche del terreno è possibile utilizzare i dati ricavabili dai modelli digitali del terreno (DtM³). Le curve di livello sono rappresentate mediante linee continue, come mostrato in Fig. 2.3-2. Il valore delle quote è indicato in prossimità dei margini della rappresentazione grafica.

indicazioni altimetriche puntuali delle curve di livello

Quando la rappresentazione delle curve di livello interferisce con la lettura del rilievo (per esempio, dove sono rappresentati insediamenti e piccoli aggregati edilizi) è conveniente interrompere le curve e integrare le informazioni altimetriche con indicazioni puntuali. Il simbolo è mostrato in Fig. 2.3-3.

Indicazioni altimetriche da strumentazione topografica

Al fine di individuare la quota di particolari elementi o per fornire indicazioni altimetriche di dettaglio, possono essere effettuati rilievi con strumentazione topografica. In questo modo è possibile determinare le quote di più punti e ottenere dei piani quotati. L'indicazione altimetrica da strumentazione topografica avviene per mezzo del simbolo in Fig. 2.3-4.

Orientamenti e scala grafica

“Ogni rilievo è corredato dallo schema del corso apparente del sole adottato dall'Istituto di Architettura tecnica del Politecnico di torino. Le carte vengono orientate (salvo casi eccezionali) con il nord verso l'alto”⁴ e integrate con una scala grafica (Fig. 2.3-5).

nota 2.3-3 - I DtM (dall'inglese *Digital Terrain Model*) sono rappresentazioni tridimensionali del terreno in grado di descrivere la superficie terrestre con un livello di precisione variabile a seconda degli strumenti e delle tecniche utilizzate. Il rilievo in scala 1:500 prevede la definizione di curve di livello ogni 0.5 m di dislivello. tuttavia, poiché il DtM disponibile per la zona in esame presenta un livello di accuratezza pari a 4, è al contempo necessario prendere in considerazione le precisioni raggiungibili da tale modello digitale. Il DtM di livello 4 è realizzato tramite un insieme di punti quotati disposti in modo planimetricamente regolare secondo un grigliato di passo costante pari a 5 m. A tale livello l'accuratezza in quota è pari a 0.6 m in campo aperto e 1.2 m in caso di copertura arborea con estensione maggiore al 70% (Brovelli M. A., Cina A., Crespi M., Lingua A., Manzini A., Garretti L., *Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala, Linee guida*, p. 68). Di conseguenza la precisione mediamente raggiungibile è quella corrispondente a una scala di rappresentazione 1:2000, cioè con curve di livello ogni 2 m di dislivello.

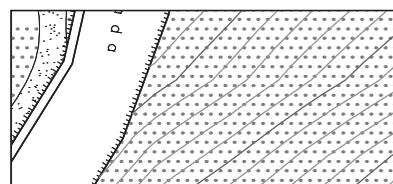


Fig. 2.3-2 - simbolo rappresentante le curve di livello.



Fig. 2.3-3 - simbolo rappresentante le indicazioni altimetriche puntuali.

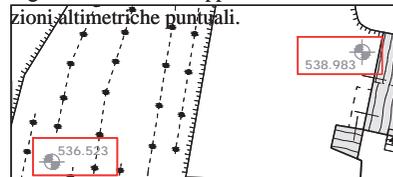


Fig. 2.3-4 - simbolo rappresentante le indicazioni altimetriche da strumentazione topografica.

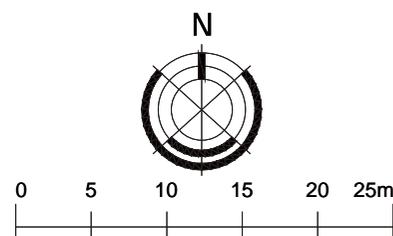


Fig. 2.3-5 - simboli indicanti il nord e la scala grafica.

nota 2.3-4 - MeLLAnO F., MOrrA L., n eLVA r., (1973), *Proposta di simbologia convenzionale dalla cartografia di aggregati montani*. In: Bollettino della società italiana di fotogrammetria e topografia, Torino, 1973, p. 2.

Vie di comunicazione

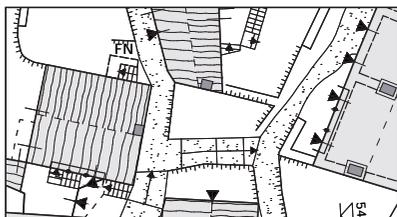


Fig. 2.3-6 - simbolo rappresentante le vie di comunicazione.

Fig. 2.3-7 - esempi di vie di comunicazione.
a) Mulattiera ad Altoggio (Montecrestese); b) strada pedonale a Coimo (Druogno).



2.3-7a



2.3-7b

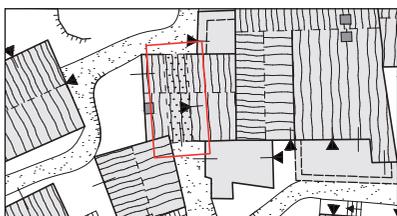


Fig. 2.3-8 - simbolo rappresentante il passaggio sotto gli edifici.

Fig. 2.3-9 - esempi di passaggi sotto edici a Veglio (Montecrestese).



2.3-9a



2.3-9b

strade pedonali, mulattiere, carrarecce

strade pedonali, mulattiere e carrarecce sono ampiamente diffuse in ambito montano, caratterizzando fortemente il paesaggio.

La loro rappresentazione nel rilievo dei borghi è fondamentale per una efficace lettura dei percorsi di comunicazione e, quindi, del territorio. In planimetria sono indicati con i contorni in linea continua e con una campitura irregolare a punti.

La presenza di scalini è indicata con linee trasversali; la successione di gradini è rappresentata con una freccia indicante il senso di percorrenza in ascesa (Fig. 2.3-6).

passaggi

Quando una via di comunicazione transita all'interno dell'impronta planimetrica di un edificio, è solito riscontrare un passaggio al piano terreno. In questo caso, i passaggi sono raffigurati dalla compresenza del simbolo di cui al punto precedente (evidenziato tuttavia da un tratto di maggiore spessore) (Fig. 2.3-6) e di quello rappresentante le coperture (Fig. 2.3-34).

Si specifica che non sono considerati i passaggi di collegamento fra cortili privati, ma unicamente quelli appartenenti a una via di comunicazione.

ponti

I ponti sono indicati con il contorno laterale a doppia linea continua e campitura interna a punti irregolari, come mostrato in Fig. 2.3-10.

In ambito montano i ponti rivestono sovente un ruolo fondamentale per la continuità delle vie di comunicazione. essi possono presentare diversi generi di parapetti, come parapetti in scapoli di pietra (Fig. 2.3-11a) o avere avuto protezioni di legno incastrate in elementi appositamente formati, per esempio (Fig. 2.3-11b).

Per semplicità di rappresentazione e per maggiore chiarezza grafica il simbolo è unico.

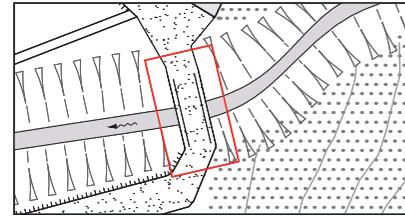


Fig. 2.3-10 - simbolo rappresentante i ponti.

Fig. 2.3-11 - esempi di ponti. a) Ponte con parapetto di pietra a Pontemaglio; b) Ponte situato a Veglio (Montecrestese) avente, in origine, un parapetto di legno.



2.3-11a



2.3-11b

Opere di terrazzamento e confinamento

ciglioni

“I ciglioni sono scarpate senza muri, con cospicuo spostamento di terra, ma con ridotta regolazione idraulica”.⁵

Essi erano realizzati principalmente al fine di ottenere uno spazio terrazzato per utilizzo agricolo.

La Fig. 2.3-13b mostra una sezione verticale dei ciglioni.

Il simbolo di rappresentazione dei ciglioni è mostrato in Fig. 2.3-12.

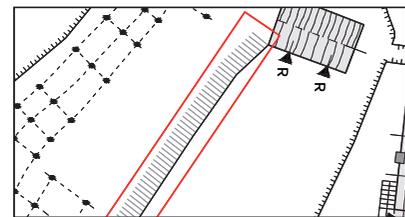


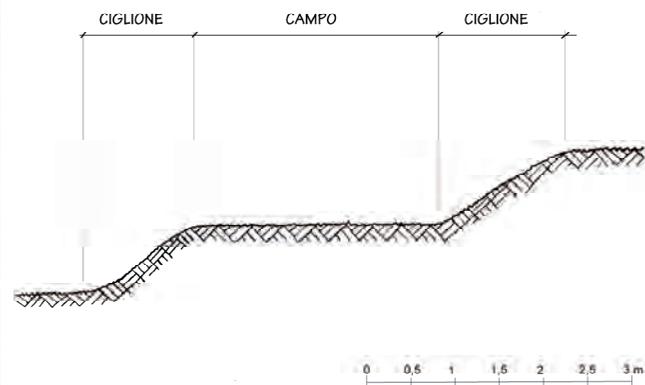
Fig. 2.3-12 - simbolo indicante i ciglioni.

nota 2.3-5 - S CARAMELLINI G., VAIRO M., *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino*, Marsilio, 2008, p. 11

Fig. 2.3-13 - a) Ciglione a Coimo (Druogno); b) schema rappresentante la sezione verticale di un ciglione.



2.3-13a



2.3-13b

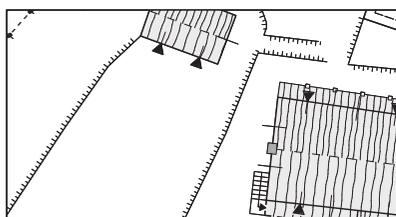
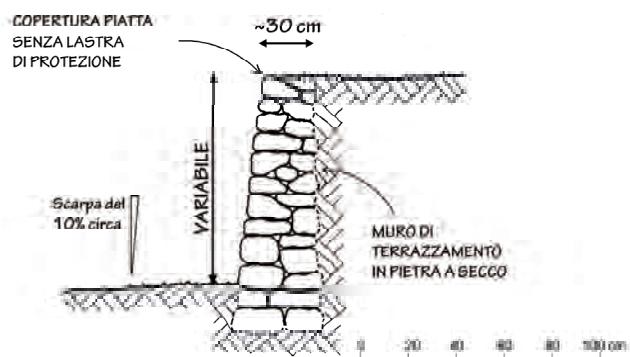


Fig. 2.3-14 - simbolo rappresentante i muri di terrazzamento semplici.

Fig. 2.3-15 - a) Muro di terrazzamento semplice a naviledo (Montecrestese); b) sezione verticale di un terrazzamento semplice.



2.3-15a



2.3-15b

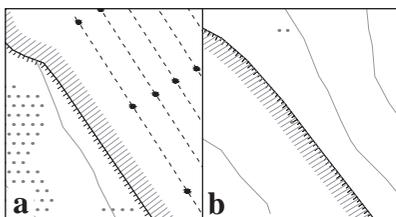
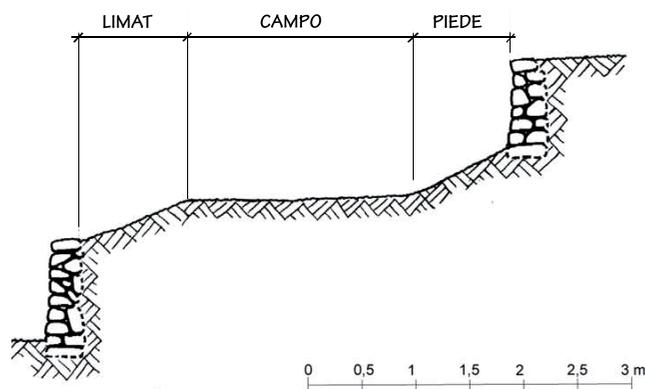


Fig. 2.3-16 - simbolo rappresentante i muri di terrazzamento con piede (a) e *limat* (b).

Fig. 2.3-17 - a) Muro di terrazzamento con piede a naviledo (Montecrestese); b) sezione verticale di terrazzamenti con *limat* e piede.



2.3-17a



2.3-17b

Muri di terrazzamento semplice

I terrazzamenti alpini situati nell'area tra Ossola e ticino erano solitamente realizzati costruendo muri di contenimento di pietra a secco. essi hanno la duplice funzione di creare spazi disponibili per l'utilizzo agricolo e di contenere i frequenti fenomeni franosi e di dilavamento dalle piogge. tali muri hanno spessore di sezione variabile (ma mai inferiore a 30-35 cm) in funzione dell'altezza e del materiale impiegato. La Fig. 2.3-15b mostra una sezione verticale dei muri di terrazzamento semplice. La presenza di muri di terrazzamento è indicata con una linea continua a cui è applicato, sul lato a quota inferiore, un tratteggio costituito da linee corte perpendicolari alla linea del muro (Fig. 2.3-14).

Muri di terrazzamento con *limat* e piede

si tratta di un caso particolare del muro di terrazzamento semplice. Il *limat* è una fascia di terreno a pendenza variabile, lunga 2-3 m e posta a monte del muro di terrazzamento. esso ha la funzione di ridurre il dislivello nei casi in cui la capacità portante dei tradizionali muri di contenimento non sia sufficiente a sostenere il terreno per l'intero dislivello. esso è inoltre utilizzato per il passaggio e per la raccolta di materiale.

E' invece definito piede la fascia di terreno a pendenza variabile posta a valle del muro (Fig. 2.3-17b).

Il *limat* e il piede sono rappresentati con il tratteggio indicato nelle Figg. 2.3-16a e 2.3-16b, posto rispettivamente a monte e a valle del muro di terrazzamento.

Muri di cinta

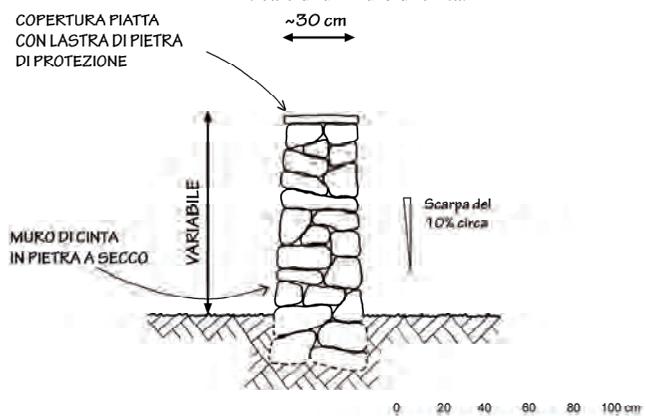
I muri di cinta sono muri di pietra a vista o intonacata, aventi funzione di confinamento di terreni o di delimitazione e protezione lungo le vie di comunicazione.

In molti casi i muri di cinta (anche quelli contro terra) sono stati realizzati con sassi raccolti sul posto durante le operazioni di spietramento dei campi.

La Fig. 2.3-19b ne schematizza la sezione verticale. essi sono indicati con due linee continue parallele simboleggianti la geometria in pianta del muro (Fig. 2.3-18).



2.3-19a



2.3-19b

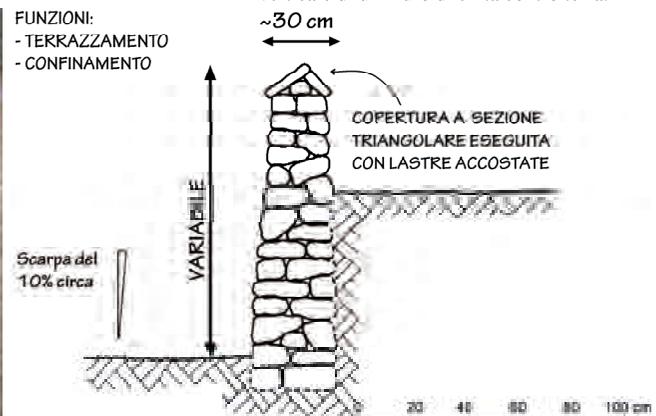
Muri di cinta contro terra

I muri di cinta contro terra sono muri di pietra aventi sia funzione di confinamento sia di terrazzamento, come mostrato nella sezione in Fig. 2.3-21b. essi infatti delimitano un terreno, una via di comunicazione o un passaggio e fungono al contempo da muro di contenimento per ottenere degli spazi destinati a coltura agricola.

Il simbolo che li rappresenta è di conseguenza dato dall'unione dei simboli del muro di cinta e del muro di terrazzamento, come indicato in Fig. 2.3-20.



2.3-21a



2.3-21b

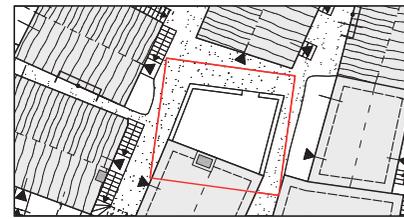


Fig. 2.3-18 - simbolo rappresentante i muri di cinta.

Fig. 2.3-19 - a) Muro di cinta situato a Pusala (Montecrestese); b) schema della sezione verticale di un muro di cinta.

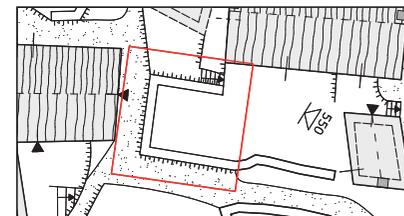


Fig. 2.3-20 - simbolo rappresentante i muri di cinta contro terra.

Fig. 2.3-21 - a) Muro di cinta contro terra a sagrogn (Druogno); b) schema della sezione verticale di un muro di cinta contro terra.

Costruzioni di servizio



Fig. 2.3-22 - simbolo rappresentante le fontane.

fontane

tra le costruzioni di servizio si trovano le fontane, sistematicamente distribuite sul territorio. esse sono spesso costruite con lastre di pietra collegate o, più raramente, con elementi monolitici.

Poichè le fontane solitamente hanno dimensioni piuttosto ridotte, nel rilievo a scala 1:500 è riportata unicamente l'annotazione FN (Fig. 2.3-22); non vengono dunque fornite informazioni relative alla geometria, alla tipologia, ecc.

Fig. 2.3-23 - esempi di fontane. a) Veglio (Montecrestese); b) Mergozzo



2.3-23a



2.3-23b

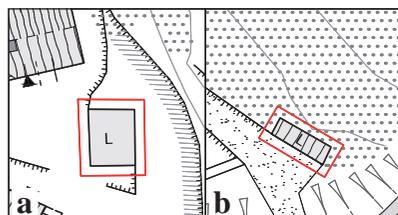


Fig. 2.3-24 - simbolo rappresentante i lavatoi e gli abbeveratoi. a) senza copertura; b) Protetti da una copertura.

Fig. 2.3-25 - esempi di lavatoi e abbeveratoi. a) naviledo (Montecrestese); b) Veglio (Montecrestese).

lavatoi e abbeveratoi

Lavatoi e abbeveratoi sono costruzioni piuttosto diffuse lungo le vie di comunicazione degli insediamenti alpini, in quanto erano funzionali alle attività agropastorali e alle necessità della tradizionale società rurale. se i lavatoi e gli abbeveratoi sono protetti da una copertura, essi sono rappresentati in pianta con le indicazioni circa le falde e la geometria del tetto, come indicato in Fig. 2.3-24b. Viceversa, nel caso in cui essi non siano coperti, il simbolo si limita a raffigurarne il contorno (Fig. 2.3-24a). In entrambi i casi, la rappresentazione è accompagnata dalla sigla L.



2.3-25a



2.3-25b

piloni votivi, oratori, cappelle

Lungo le vie di comunicazione tra gli insediamenti alpini oppure in posizioni paesisticamente rilevanti sono spesso presenti degli edifici a carattere religioso (devozionale, votivo, propiziatorio, per esempio). essi sono indicati rappresentando il perimetro della costruzione e segnando all'interno una croce, come mostrato in Fig. 2.3-26.

Quando il manufatto rappresentato fa parte di un sistema⁶ (per esempio, di un percorso devozionale, di una Via Crucis) al simbolo è associata la sigla s.

nota 2.3- 6 - si veda, per confronto: BerGAMASCHI A., *Cannobina, La Borromea e dintorni*, Alberti Libraio editore - Verbania, 2011, p. 43.

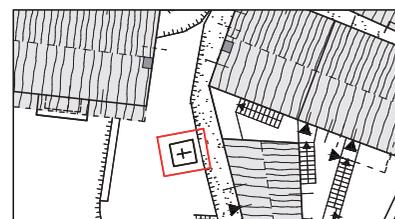


Fig. 2.3-26 - simbolo rappresentante i piloni votivi.

Fig. 2.3-27 - esempi di piloni votivi. a) Druggo; b) Pusala (Montecrestese).



2.3-27a



2.3-27b

Elementi naturali e coltivazioni

corsi d'acqua

I corsi d'acqua sono rappresentati con linee continue che ne delimitano il contorno e con una campitura interna piena.

La direzione del flusso d'acqua è indicata con delle frecce ondulate il cui verso indica la discesa (Fig. 2.3-28). In ambito montano, spesso le rive dei corsi d'acqua sono scoscese o presentano scarpate, con un andamento irregolare e fortemente connotante il contesto.

coperture arboree

La copertura arborea è un elemento di contesto che connota fortemente il territorio e l'intorno degli insediamenti alpini.

La sua rappresentazione avviene per mezzo di una campitura puntinata a disegno regolare (Fig. 2.3-29). Al fine di evitare l'intersezione di simboli diversi e facilitare la lettura delle informazioni, la campitura è omessa in corrispondenza delle vie di comunicazione, dei corsi d'acqua e degli edifici. Per le caratteristiche stesse della copertura arborea questa campitura avrà una estensione approssimativa; il simbolo non tiene conto dei confini tra proprietà, né della differenza tra il bosco "storicamente" presente in un ambiente e il bosco invasivo (sovrapposti, per esempio, sui campi terrazzati o sui pascoli dopo l'abbandono).

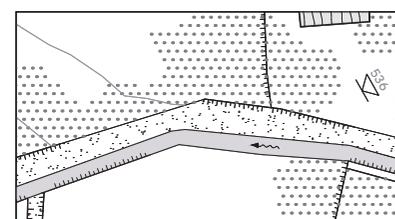


Fig. 2.3-28 - simbolo rappresentante i corsi d'acqua.

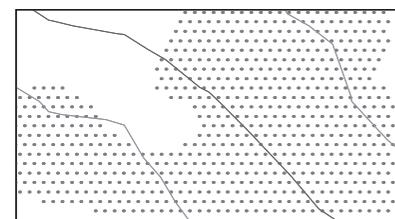


Fig. 2.3-29 - simbolo rappresentante la copertura arborea.

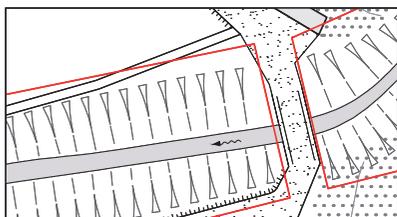


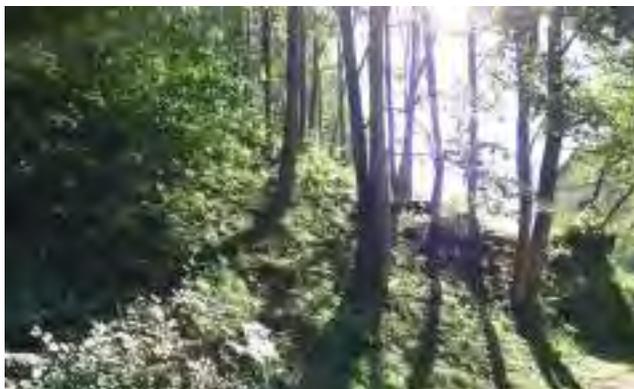
Fig. 2.3-30 - simbolo indicante le scarpate.

scarpate

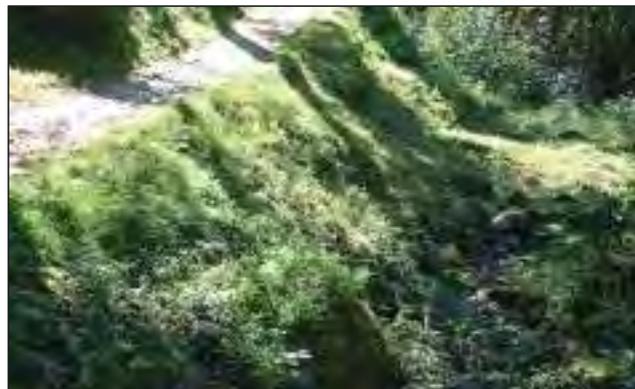
Il territorio alpino è spesso caratterizzato da brusche rotture del profilo topografico, dette scarpate. Esse possono essere di origine naturale oppure artificiale (dovute, per esempio, al taglio del pendio per opere stradali).

Le scarpate sono rappresentate con il simbolo mostrato in Fig. 2.3-30, in cui la base del triangolo è perpendicolare alla linea di massima pendenza e indica la zona a quota maggiore. Le dimensioni di sviluppo della scarpata sono pari, in scala, alla somma della lunghezza del triangolo e della relativa linea di prolungamento.

Fig. 2.3-31 - esempi di scarpate a Veglio (Montecrestese).



2.3-31a



2.3-31b

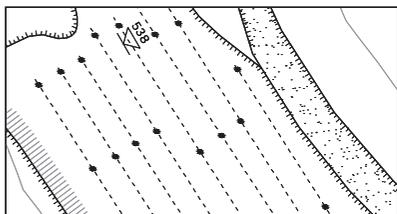


Fig. 2.3-32 - simbolo indicante i vigneti.

Vigneti

L'agricoltura locale era spesso caratterizzata dalla presenza della vite, la quale ha fortemente connotato il paesaggio.

Il simbolo rappresentato in Fig. 2.3-32 raffigura il pergolato di supporto alla vite: i cerchi campiti indicano i pali verticali di sostegno all'impalcatura orizzontale; quest'ultima è invece raffigurata con delle linee tratteggiate.

nel caso di vigneti in disuso, sono rappresentati unicamente i pali verticali.

Fig. 2.3-33 - a) esempio di vigneto in uso situato a naviedo (Montecrestese); b) esempio di vigneto in disuso situato a Veglio (Montecrestese).



2.3-33a



2.3-33b

2.3.1.5 - simbologia degli elementi edilizi

Coperture

geometria del tetto

L'architettura montana locale è caratterizzata da sporti di gronda molto ridotti (talvolta quasi inesistenti, talvolta dell'ordine di 20-30 cm). Per questo motivo, è opportuno far coincidere la linea di gronda con quella raffigurante la muratura. I colmi, i displuvi e i compluvi sono indicati con linee a tratti corti; si tratta di una semplificazione grafica, in quanto tali linee, nella realtà, risultano essere irregolari o frutto di raccordi ad andamento curvilineo. Per facilitare la lettura della geometria del tetto, le falde sono rappresentate mediante campiture con linee aventi interassi differenti. Per convenzione, si assume che le falde esposte a sud e sud-est siano rappresentate con una campitura meno fitta rispetto a quella associata alle falde rivolte prevalentemente a nord. Per quanto riguarda le costruzioni aventi una falda singola, il senso di inclinazione può essere indicato con una freccia posta secondo la massima pendenza e il cui verso indica la discesa (Fig. 2.3-34).

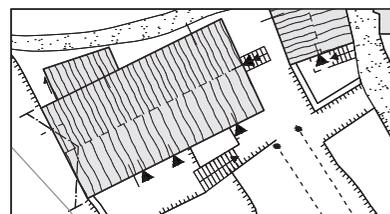


Fig. 2.3-34 - simbolo rappresentante la geometria del tetto.

Fig. 2.3-35 - esempi di tipiche geometrie di tetti di piode. a) Insegiamento dell'Alpe Biscià; b) Edifici di Varzo; c) Edifici di Domo-dossola; d) Alpeggi di Craveggia.



2.3-35a



2.3-35b



2.3-35c



2.3-35d

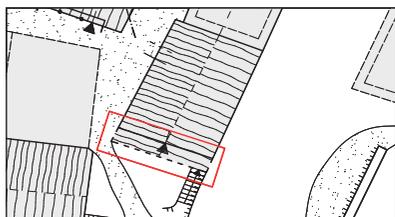


Fig. 2.3-36 - simbolo rappresentante gli sporti della copertura.

Fig. 2.3-37 - esempi di sporti. a) sporto molto ridotto di un edificio situato a Naviledo (Montecrestese); b) sporto di dimensioni maggiori di un edificio di Varzo.



2.3-37a



2.3-37b

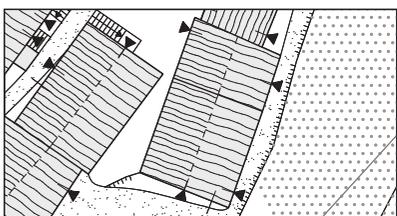


Fig. 2.3-38 - simbolo rappresentante le coperture originali.

Fig. 2.3-39 - esempi di coperture originali di piode. a) Edifici di Varzo; b) Edificio situato nella zona degli alpeggi di Craveggia.



2.3-39a



2.3-39b

sporti

Come accennato al punto precedente, nell'architettura alpina analizzata gli sporti sono solitamente dell'ordine di poche decine di centimetri e di conseguenza non sono rappresentati. tuttavia talvolta sono di dimensioni maggiori al fine di proteggere sottostanti elementi edilizi distributivi (quali balconi, scale); in questi casi il profilo di gronda è indicato mediante una linea tratteggiata che delimita, per quel lato dell'edificio, l'area di campitura della falda (Fig 2.3-36).

Per chiarezza grafica gli elementi edilizi sottostanti allo sporto non sono rappresentati.

coperture originali

si tratta di coperture che al momento del rilievo non presentano segni di rifacimenti estesi.

esse sono rappresentate con una linea continua spessa, indicante il perimetro della copertura; l'area interna, che coincide approssimativamente con la superficie in planimetria del tetto, è riempita con una campitura costituita da linee continue e irregolari, la cui direzione è parallela alla linea di massima pendenza delle falde (Fig. 2.3-38).

coperture recuperate

si tratta di coperture che hanno subito recenti interventi di parziale recupero o di intero rifacimento. In questo caso l'area di definizione delle falde di copertura del tetto è riempita con una campitura costituita da linee rette continue, poste parallelamente alla direzione della linea di massima pendenza.

La sostituzione del manto di pioda è frequentemente associata alla sostituzione dell'orditura lignea (anche se il mantenimento di una orditura originaria in buono stato di conservazione è da privilegiare).



2.3-41a



2.3-41b



Fig. 2.3-40 - simbolo delle coperture recuperate.

Fig. 2.3-41 - esempi di coperture di pioda recuperate. a) Copertura di edificio situato a Domodossola; b) Edificio situato a San Carlo (Comune di Cevio, svizzera).

Timpani aperti

semplici

Negli edifici con il lato minore orientato verso sud, l'eventuale fienile è posto, solitamente, nel locale sottotetto. Per favorire la conservazione del fieno, il timpano è spesso lasciato aperto.

sono ascritti alla categoria di timpani aperti semplici i timpani totalmente aperti o la cui parte laterale tamponata ha una misura molto contenuta (\leq dello spessore del muro). In caso di tamponamento di consistente larghezza, l'apertura è invece considerata una "grande apertura" (simbolo mostrato in Fig. 2.3-53b). Il simbolo da utilizzare per la rappresentazione dei timpani aperti semplici è riportato in Fig. 2.3-42.

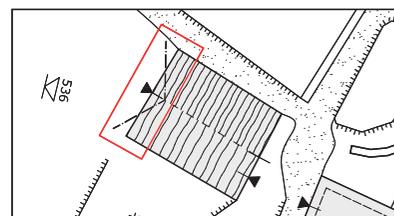
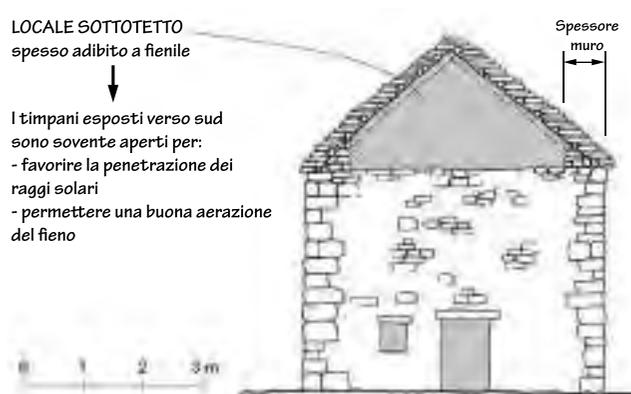


Fig. 2.3-42 - simbolo dei timpani aperti semplici.

Fig. 2.3-43 - a) esempio di timpano aperto semplice situato in val Vigezzo; b) schema illustrante la geometria dei timpani aperti.



2.3-43a



2.3-43b

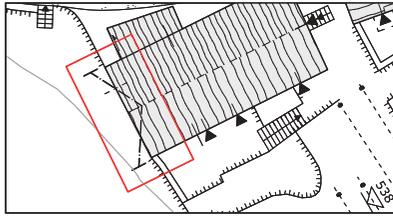


Fig. 2.3-44 - simbolo rappresentante i timpani aperti estesi.

Fig. 2.3-45 - a) timpano aperto esteso a naviledo (Montecrestese); b) schema del timpano aperto esteso.

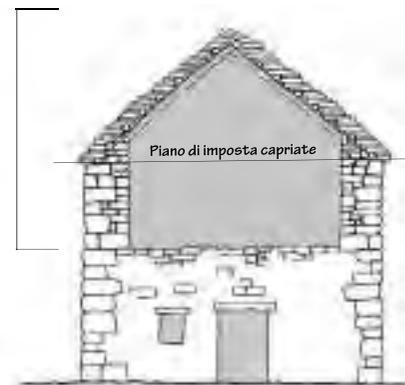


2.3-45a

AMBIENTE UNICO
spesso adibito a fienile

↓

Le capriate sono in vista
e il timpano aperto è
esteso fino al piano
inferiore rispetto al piano
di imposta della copertura



2.3-45b

Aperture

ingressi

Per ingressi si intendono le aperture di accesso principale localizzate lungo il perimetro dell'edificio. Essi sono raffigurati con un simbolo formato da una linea e un triangolo posti in corrispondenza dell'asse dell'apertura (Fig. 2.3-46). A ogni ingresso corrisponde una sigla, la quale indica la destinazione d'uso del locale a cui si accede. Quando sono presenti più ingressi posizionati su piani diversi e con assi coincidenti, è indicato un solo simbolo corredato dalle sigle di ognuna delle funzioni. Quando un ingresso si trova in asse con una finestra è rappresentato solamente il simbolo dell'ingresso.

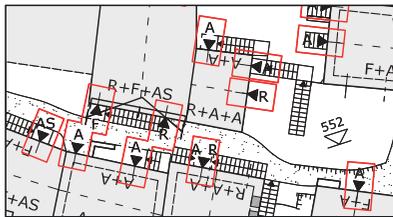


Fig. 2.3-46 - simbolo degli ingressi.

Fig. 2.3-47 - Esempi di ingressi. a) Edificio dell'Alpe Piana in Val Vigezzo; b) edificio di Corippo (Canton ticino).



2.3-47a



2.3-47b

finestre

Le finestre sono rappresentate con una linea posta in corrispondenza dell'asse dell'apertura. Nel caso di finestre appartenenti al piano principale, l'asse è indicato con una linea continua, mentre in caso contrario la linea è tratteggiata. L'individuazione del piano principale è basata su una gerarchia data dall'importanza funzionale delle originarie destinazioni d'uso. L'ordine gerarchico è il seguente: abitazione, forno, stalla, *astic*, fienile e deposito. Per maggiore chiarezza grafica, le finestre poste su livelli diversi con assi lievemente sfalsati, sono indicati con un unico asse. Le porte che non costituiscono un ingresso principale (porte di accesso ai balconi, ecc.) sono rappresentate come le finestre.



2.3-49a

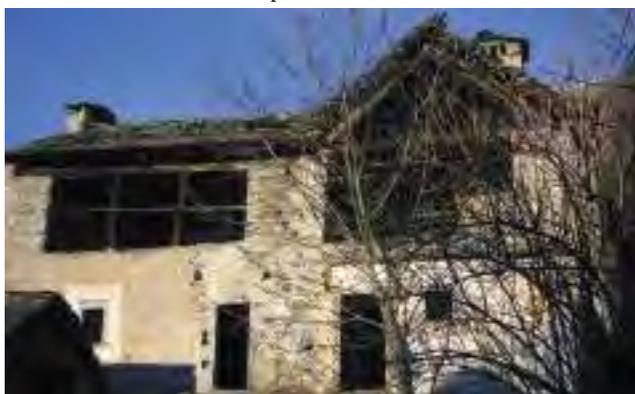


2.3-49b

Astic

si è in presenza di un *astic* quando la costruzione di pietra ha “un lato lungo aperto al piano superiore con pilastri e travi di legno a vista. L'*astic* forniva uno spazio coperto, per seccare le granaglie e le foglie d'alloro per i letti, più ampio delle balconate e dei timpani aperti negli edifici con il colmo orientato nord sud”.⁷ Gli *astic* sono indicati con il simbolo mostrato in fig. 2.4-50. I due tratti trasversali al perimetro dell'edificio rappresentano la muratura che delimita in larghezza l'apertura, mentre i cerchi rappresentano i montanti verticali di legno.

nota 2.4-7 - G.A.L. Laghi e Monti del Verbano Cusio e Ossola s.c.a.r.l., *Studio per la realizzazione degli interventi di restauro e di valorizzazione sul patrimonio locale. Manuale per il recupero architettonico*, Domodossola, 2013, p. 44.



2.3-51a



2.3-51b



Fig. 2.3-48 - Simbolo delle finestre principali (rappresentate con una linea continua) e secondarie (linea tratteggiata).

Fig. 2.3-49 - Esempi di finestre di edifici situati a Veglio (Montecrestese).



Fig. 2.3-50 - simbolo degli *astic*.

Fig.2.3-51 - esempi di *astic* situati a Veglio (Montecrestese).

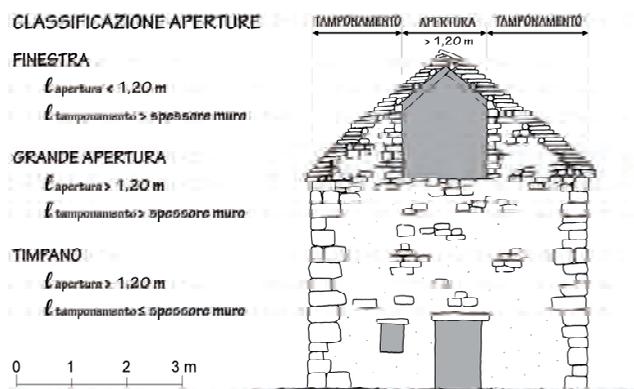


Fig. 2.3-52 - simbolo delle grandi aperture.

Fig. 2.3-53 - esempio di grande apertura in un edificio di Pontetto (Montcrestese); b) Schema illustrativo della geometria delle grandi aperture.



2.3-53a



2.3-53b



Fig. 2.3-54 - simbolo dei timpani aperti ad arco.

Fig. 2.3-55 - esempi di grandi aperture ad arco situate a roledo (comune di Montcrestese).



2.3-55a



2.3-55b

grandi aperture

Fanno parte di questa categoria i timpani che hanno, nella zona di imposta di falda, una parte laterale parzialmente tamponata.

Le grandi aperture sono rappresentate con il simbolo in Fig. 2.3-52, dove i tratti perpendicolari al perimetro dell'edificio le delimitano in larghezza.

Quando l'apertura ha larghezza inferiore a 1.20 m circa (schema in Fig. 2.3-53b), essa è considerata una finestra ed è indicata con il simbolo riportato in Fig. 2.3-48.

grandi aperture ad arco

si tratta di un caso particolare di grande apertura, che si contraddistingue per un arco di muratura che la sovrasta. Le grandi aperture ad arco sono elementi di forte peculiarità nell'architettura analizzata. Per tale ragione, è utilizzato un simbolo specifico caratterizzato dalla presenza di una linea ad arco (Fig. 2.3-54).

Quando l'apertura ad arco presenta una larghezza inferiore a 1.20 m circa, come nel caso precedente, essa è considerata una finestra e viene indicata con il simbolo riportato in Fig. 2.3-48; è conseguentemente omessa l'informazione relativa alla presenza dell'arco.

bifore, trifore e quadrifore

Gli edifici a destinazione abitativa sono talvolta caratterizzati da facciate vivacizzate da bifore, trifore o quadrifore.

Le bifore sono rappresentate con il simbolo mostrato in Fig. 2.3-56, dove i tratti perpendicolari alla linea di facciata indicano la mezzeria dell'apertura. trifore e quadrifore si ottengono aggiungendo un numero di elementi pari al numero di finestre.

La rappresentazione di tali elementi rimane invariata indipendentemente dall'appartenenza o meno al piano principale.

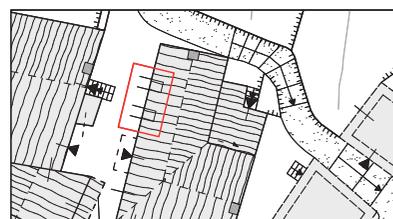


Fig. 2.3-56 - simbolo delle bifore.

Fig. 2.3-57 - a) esempio di quadrifora situato a santa Maria Maggiore; b) esempio di trifora situato a Vanzone.



2.3-57a



2.3-57b

logge

Le facciate di alcuni edifici a destinazione prevalentemente residenziale sono arricchite con delle aperture a loggia, poste in genere all'ultimo piano e delimitate da archi e colonnine di pietra.

“Le aperture di logge poste agli ultimi piani degli edifici sono indicate con simboli trasversali analoghi alle note musicali” (norma UNI 7310:1974). Il simbolo è riportato in Fig. 2.3-58.

Poiché il prospetto degli edifici è maggiormente connotato dalle logge rispetto alle aperture interne, quest'ultime non sono rappresentate.

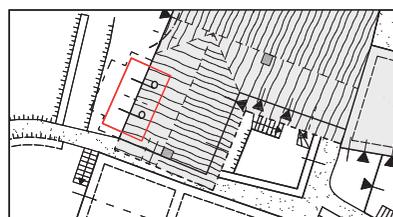


Fig. 2.3-58 - simbolo delle logge.

Fig. 2.3-59 - Esempi di logge. a) Edificio di Craveggia; b) Edificio di Domodossola.



2.3-59a



2.3-59b

Balconi e lobbie



Fig. 2.3-60 - simbolo dei balconi.

balconi

Gli edifici presentano dei balconi realizzati con mensole e lastre di pietra o di legno e ringhiere, montanti e catene di collegamento di ferro battuto.

I balconi sono rappresentati con una linea tratteggiata che ne individua il contorno (Fig. 2.3-60). La loro rappresentazione è omessa nel caso in cui essi siano sovrastati da uno sporto di larghezza analoga o superiore.

Fig. 2.3-61 - Esempi di balconi di edifici.

a) Pontetto (Montcrestese); b) Domodossola.



2.3-61a



2.3-61b



Fig. 2.3-62 - simbolo delle pareti attrezzate.

pareti attrezzate o lobbie

“Le pareti attrezzate sono ballatoi collegati fra loro da montanti verticali sovente estesi fino agli spioventi del tetto e destinate a consentire lo sfruttamento, per tutto il fronte della costruzione e con una moltiplicazione in verticale, di spazi particolarmente protetti e ben esposti per la conservazione ed essiccazione dei prodotti agricoli, dei prodotti forestali, ecc”.⁸ Le pareti attrezzate sono indicate con una linea intervallata da quadrati (i quali hanno uno scopo puramente simbolico e non coincidono necessariamente con i singoli montanti).

Fig. 2.3-63 - esempi di pareti attrezzate. a) Edificio situato a San Carlo; b) Edificio situato a Varzo.

nota 2.4-8 - MeLLAnO F., MOrrA L., n eLVA r., cit .



2.3-63a



2.3-63b

Camini e comignoli

comignoli semplici

Per comignoli semplici si intendono tutti i comignoli che non presentano particolari peculiarità in termini architettonici, artistici o di dimensioni e che non sovrastano la zona fuoco.

essi vengono indicati con un quadrato riempito con una campitura grigia (Fig. 2.3-64). Il simbolo, avendo forma e dimensioni simboliche, non fornisce informazioni circa la geometria, la tipologia e l'orientamento del comignolo.



2.3-65a



2.3-65b

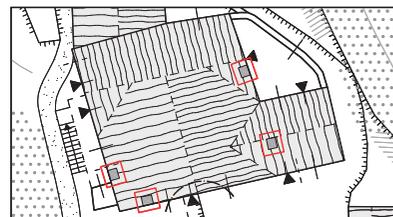


Fig. 2.3-64 - simbolo rappresentante i comignoli semplici.

Fig. 2.3-65 - esempi di comignoli semplici in val Vigizzo.

comignoli "monumentali"

Gli edifici tradizionali sono talvolta fortemente connotati dai comignoli che, per particolari peculiarità architettoniche, assumono una grande incidenza percettiva.

sono indicati con questo aggettivo i comignoli con una o più delle seguenti caratteristiche: grandi dimensioni, elevata altezza di spicco rispetto al manto di copertura, particolari soluzioni costruttive, caratteri formali e decorativi ricercati, per esempio.

Essi sono rappresentati con il simbolo mostrato in Fig. 2.3-66.

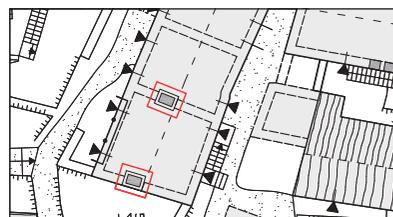


Fig. 2.3-66 - simbolo dei comignoli "monumentali".

Fig. 2.3-67 - esempi di comignoli "monumentali" a Craveggia.



2.3-67a



2.3-67b

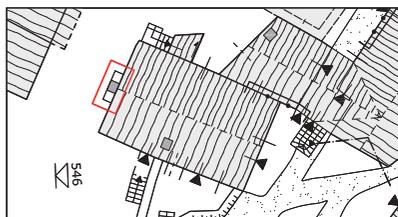


Fig. 2.3-68 - simbolo dei camini abitabili.

camini abitabili

Per camino abitabile si intende un “grande camino che sovrasta l’appendice sporgente della cucina, destinata alla zona fuoco”.⁹ Come mostrato in Fig. 2.3-68, tale elemento edilizio è indicato con un rettangolo (coincidente con l’impronta a terra del camino abitabile), al cui interno è presente un quadrato con campitura grigia (rappresentante la proiezione in pianta della canna fumaria).

Fig. 2.3-69 - esempi di comignoli abitabili.
a) Bei (Bognanco); b) naviledo (Montecrestese).



2.3-69a



2.3-69b

nota 2.4-9 - DeMAttels L., 1985, *Case contadine nelle valli dell’Ossola*, Cusio e Verbano, Priuli & Verlucca, 2005, p. 71.

Scale esterne



Fig. 2.3-70 - simbolo rappresentante le scale esterne semplici.

scale semplici

Le scale esterne semplici sono elementi che connotano fortemente l’aspetto delle costruzioni alpine tradizionali dell’area in esame. si tratta di scale di collegamento realizzate all’esterno del volume dell’edificio. Esse possono essere strutture autonome rispetto al corpo dell’edificio, oppure essere realizzate con elementi monolitici incastrati nella muratura. La loro presenza è indicata con il simbolo mostrato in Fig. 2.3-70; la larghezza della rampa e il numero di gradini sono puramente simbolici. Il senso di salita è indicato col verso di una freccia posta in mezzeria.

Fig. 2.3-71 - esempi di scale esterne semplici.
a) a Bannio; b) a Pontetto (Montecrestese).



2.3-71a



2.3-71b

scale con passaggio sottostante

Si tratta di scale di collegamento esterne agli edifici, che, a differenza del caso mostrato in precedenza, si caratterizzano per la struttura realizzata in modo tale da permettere il sottostante passaggio di persone (o anche di animali).

In questo caso la rappresentazione è analoga a quella delle scale semplici, ma con linee tratteggiate, così da evidenziare la continuità del passaggio sottostante. se il passaggio fa parte di una via di comunicazione è inoltre presente la relativa campitura a punti irregolari (Fig.2.3-72).



2.3-73a



2.3-73b

tetto scala

I tetti scala, pur non essendo largamente diffusi, rappresentano una peculiarità dell'architettura locale.

si è in presenza di un tetto scala quando la scala di collegamento tra il piano terra e un piano superiore funge contemporaneamente da manto di copertura per un altro locale.

esso è rappresentato dalla sovrapposizione del simbolo del tetto e di quello delle scale semplici (ommettendo, per maggiore chiarezza grafica, le linee di delimitazione laterali).



2.3-75a



2.3-75b



Fig. 2.3-72 - simbolo delle scale esterne con passaggio sottostante.

Fig. 2.3-73 - esempi di scale esterne con passaggio sottostante situate a Montecrestese.

a) frazione di Veglio; b) frazione di naviledo.



Fig. 2.3-74 - simbolo delle scale esterne con passaggio sottostante.

Fig. 2.3-75 - a) tetto scala a naviledo (Montecrestese); b) tetto a Veglio (Montecrestese), il quale, precedentemente alla tamponatura dell'ingresso, fungeva da tetto scala.

nota 2.4- **10** - Classificazione tratta da: MEL-
LANO F., MORRA L., in ELVA r., cit.

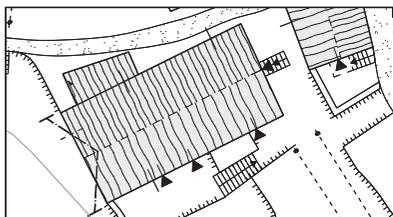


Fig. 2.3-76 - Insieme di simboli indicanti gli edifici integri.

Fig. 2.3-77 - Esempi di edifici integri. a) Edificio dell'Alpe Buscain; b) Edificio situato sugli alpeggi di Craveggia.



2.3-77a



2.3-77b



Fig. 2.3-78 - Simbolo indicante gli edifici privi di copertura.

Fig. 2.3-79 - Edifici privi di copertura a Veglio.



2.3-79a



2.3-79b

Stato di conservazione degli edifici¹⁰

Edifici integri

Si considerano “integri” gli edifici in buono stato di conservazione o che presentano danneggiamenti ai setti murari di modesta entità. Inoltre, condizione necessaria per poter ascrivere un edificio a questa categoria è la presenza della copertura al momento del rilievo.

Essi sono raffigurati con una linea continua che rappresenta il perimetro esterno dell'impronta a terra (Fig. 2.3-76).

Come già accennato, tale perimetro delimita la campitura del manto di copertura a meno che lo sporto sia di dimensioni consistenti.

Edifici privi di copertura

Gli edifici che, pur presentando murature pressoché intatte, sono privi di copertura, sono raffigurati con una linea continua che definisce il perimetro esterno dell'edificio e una linea tratteggiata che individua il perimetro degli ambienti interni. Inoltre, pur non essendo presente la copertura, è rappresentata la linea di colmo in modo tale da fornire indicazioni relative all'andamento delle falde (Fig. 2.3-78).

Edifici diroccati

Si intendono diroccati gli edifici con crolli di murature d'ambito o di controvento più o meno estesi, ove gli ingressi e le aperture non sono sempre chiaramente identificabili. In genere, sono edifici privi di copertura, al più con qualche elemento di orditura ancora in opera.

Il simbolo che li rappresenta è una doppia linea tratteggiata (Fig. 2.3-80).



2.3-81

Edifici scomparsi o di cui esistono solo le fondamenta

Nel caso in cui l'edificio sia completamente distrutto o ne restino soltanto le fondamenta, l'ipotetica traccia dell'edificio è rappresentata con una linea tratteggiata (Fig. 2.3-82).



2.3-83

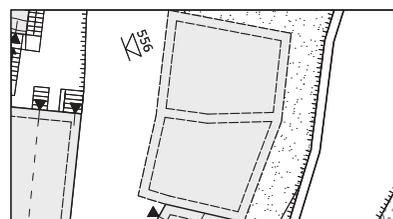


Fig. 2.3-80 - Simbolo indicante gli edifici diroccati.

Fig. 2.3-81 - Esempio di edificio diroccato a Veglio (comune di Montcrestese).



Fig. 2.3-82 - Simbolo degli edifici scomparsi o di cui esistono solo più le fondamenta.

Fig. 2.3-83 - Esempio di edificio di cui esistono solo più le fondamenta a Veglio (comune di Montcrestese).

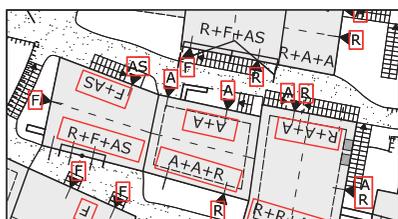


Fig. 2.3-84 - simboli indicanti le destinazioni d'uso.

Indicazioni destinazioni d'uso e numero di piani

La destinazione d'uso degli ambienti a cui è possibile accedere dall'esterno è segnato vicino al simbolo dell'ingresso secondo la seguente convenzione:

A= abitazione	As= astic
F= fienile	D= deposito
s= stalla	t= torchio
FR= forno	C= cappella

L'insieme delle funzioni presenti negli edifici è inoltre indicato, con le medesime lettere, all'interno della geometria del tetto, parallelamente alla linea di gronda. Per ciascun piano è dichiarata la destinazione d'uso preponderante. L'ordine con cui vengono indicate le funzioni corrisponde alla loro posizione in altimetria (dal piano più basso a quello più alto); il numero di piani è di conseguenza desumibile dal numero di funzioni indicate (Fig. 2.3-84).

A fine capitolo è riportata una tabella riassuntiva della simbologia proposta.

Fig. 2.3-85 - Vista della cappella e del territorio circostante a Veglio (Montecrestese).



2.3.1.6 - rilievo diretto

Il rilievo diretto consiste in una serie di azioni condotte durante un sopralluogo; sul posto il professionista annota gli elementi che caratterizzano gli edifici e il loro contesto secondo la simbologia precedentemente definita. Egli dovrà dunque preferibilmente essere munito di una base cartografica dell'insediamento alpino di interesse, stampata ad una scala di rappresentazione tale da permettere una chiara e agevole assunzione di informazioni. Inoltre è consigliabile scattare una serie di fotografie a supporto del rilievo grafico, in modo da facilitare la successiva fase di restituzione.



2.3-86

Fig. 2.3-86 - Momento di rilievo diretto presso Veglio (Montecrestese).

2.3.1.7 - fase di restituzione e di analisi critica

si tratta del momento di sintesi, in cui le annotazioni prese durante il rilievo diretto sono restituite in un documento il più possibile chiaro, esaustivo e agevolmente leggibile. Il supporto informatico più diffuso per questa fase è il disegno CAD, ma il professionista è libero di scegliere altri strumenti quali, per esempio, la restituzione a mano libera o per mezzo di database informativi (il GIS per esempio). La scelta del mezzo, ovviamente, può condizionare la successiva trasmissione del documento o il suo inserimento in basi di dati

La restituzione e la successiva analisi critica sono fasi che rivestono una particolare importanza: esse permettono ai professionisti di indivi-

duare gli aspetti più significativi dell'insediamento alpino studiato e, di conseguenza, di delineare dei criteri di intervento consoni.

seguono due esempi di rilievo a scala urbana eseguiti dal gruppo di lavoro Interreg-Alpstone. entrambi rappresentano l'insediamento di Veglio (frazione di Montecrestese), tipica borgata rurale della val d'Ossola. Veglio è infatti un villaggio nato presumibilmente nel XV secolo in cui sono presenti tradizionali costruzioni di pietra. Oggi tuttavia la borgata è prevalentemente in stato di degrado a causa dell'abbandono, avvenuto in prevalenza tra gli Anni '50 e '60 del secolo scorso, da parte degli abitanti. L'auspicabile recupero dovrebbe dunque tenere conto tanto della geometria e dei caratteri connotanti degli edifici tradizionali, quanto della storia e degli originari significati che ogni manufatto rivestiva.

Gli elaborati che seguono si differenziano per gli aspetti che vogliono sottolineare: mentre il primo intende analizzare soprattutto gli aspetti geometrici e le peculiarità architettoniche degli edifici e del loro contesto, il secondo si caratterizza per il rilievo delle originarie destinazioni d'uso degli ambienti.

Manca il rilievo filologico-congetturale relativo ai modi di aggregazione delle cellule edilizie. La lettura delle stratificazioni storiche e della successione degli eventi di trasformazione edilizia è ancora in corso e sarà terminata oltre la scadenza temporale data dal progetto Interreg-Alpstone.



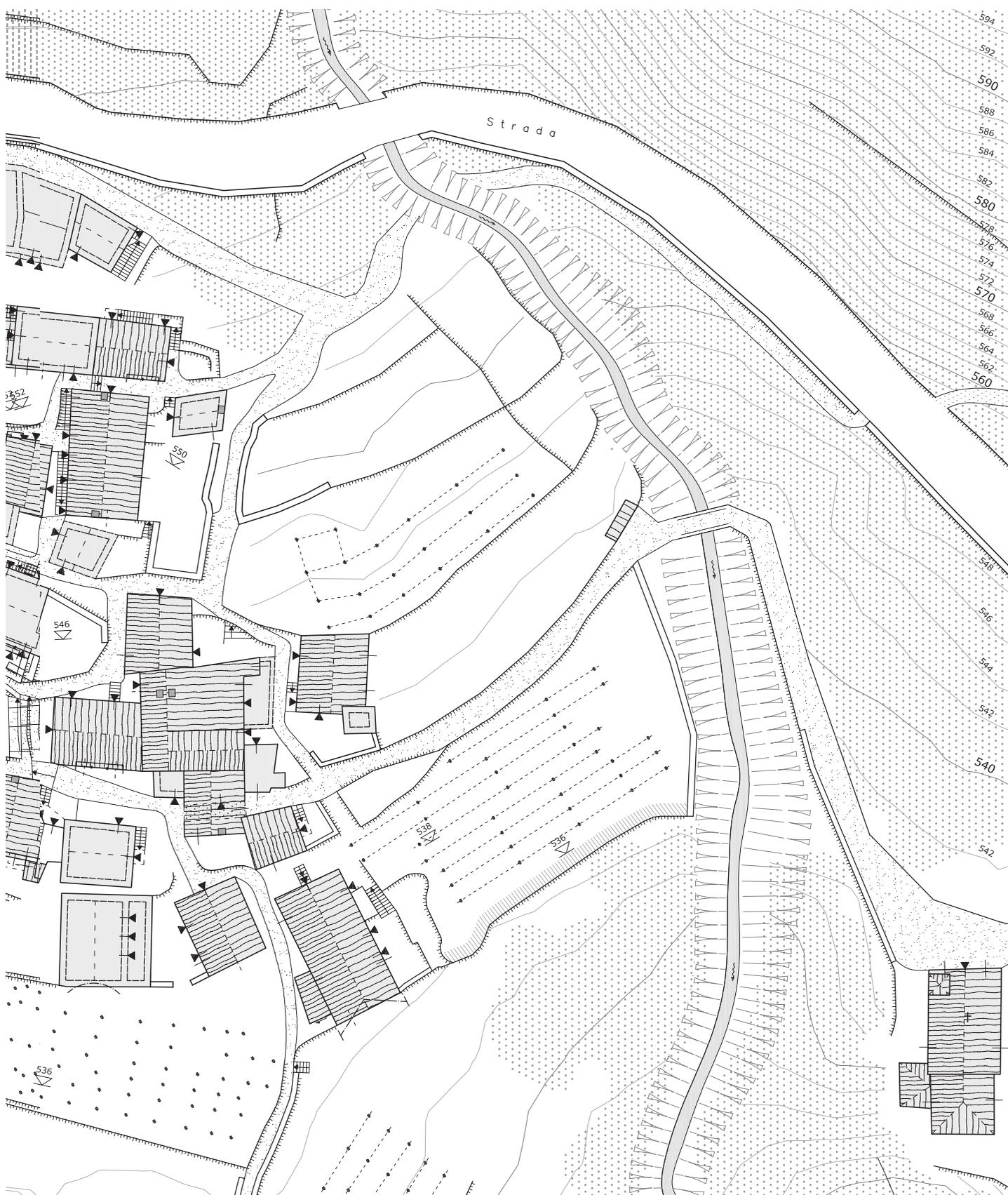


Fig. 2.3-87 - rilievo diretto dell'insediamento alpino di Veglio (Montcrestese)

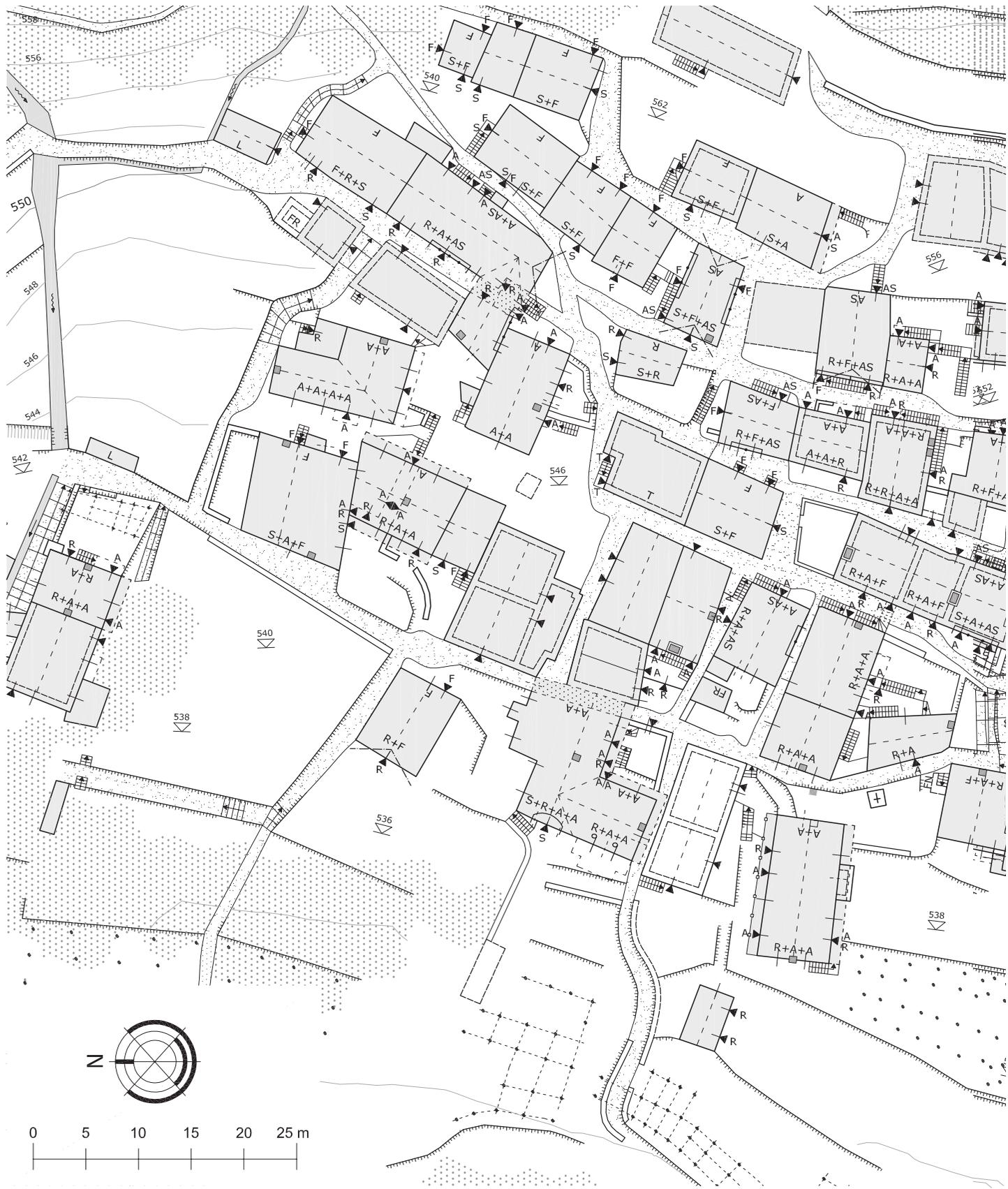
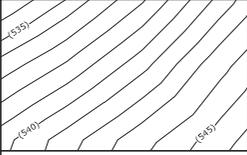
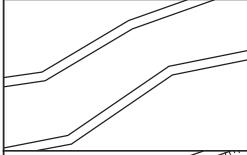
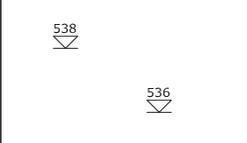
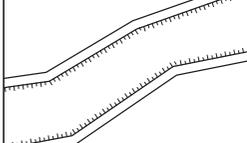
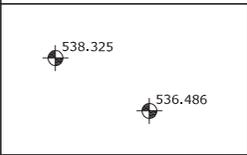
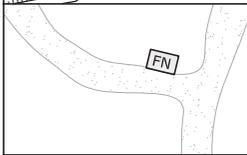
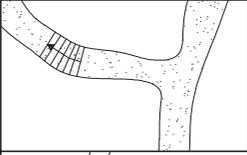
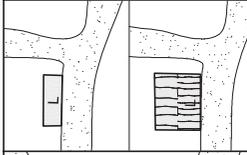
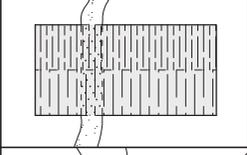
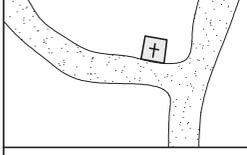
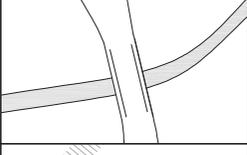
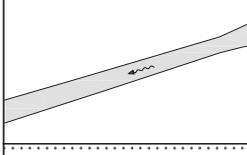
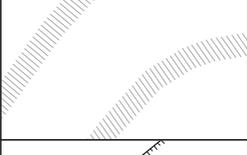
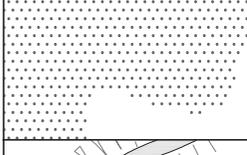
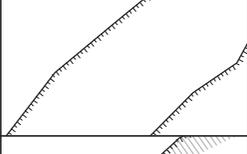
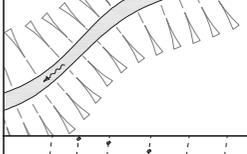
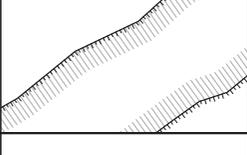
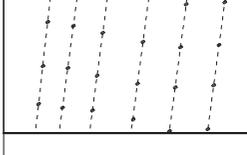
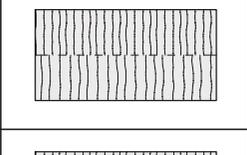
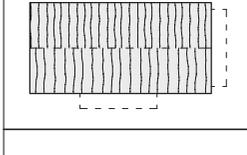
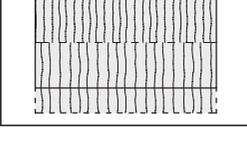
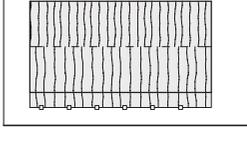


TABELLA RIASSUNTIVA DELLA SIMBOLOGIA

	INDICAZIONI ALTIMETRICHE CON CURVE DI LIVELLO		MURO DI CINTA	
	INDICAZIONI ALTIMETRICHE PUNTUALI DELLE CURVE DI LIVELLO		MURO DI CINTA CONTRO TERRA	
	INDICAZIONI ALTIMETRICHE PUNTUALI		FONTANA	
	STRADA PEDONALE, MULATTIERA, CARRARECCIA		LAVATOIO E ABBEVERATOIO	
	PASSAGGI		PILONE VOTIVO	
	PONTE		CORSI D'ACQUA	
	CIGLIONE		COPERTURA ARBOREA	
	MURO DI TERRAZZAMENTO SEMPLICE		SCARPATA	
	MURO DI TERRAZZAMENTO CON LIMAT E PIEDE		VIGNETI	
	GEOMETRIA DEL TETTO		BALCONI	
	SPORTI		PARETI ATTREZZATE O LOBBIE	

	COPERTURE ORIGINALI			COMIGNOLI SEMPLICI	
	COPERTURE RECUPERATE			COMIGNOLI "MONUMENTALI"	
	TIMPANI APERTI SEMPLICI			CAMINI ABITABILI	
	TIMPANI APERTI ESTESI			SCALE ESTERNE SEMPLICI	
	INGRESSI			SCALE ESTERNE CON PASSAGGIO SOTTOSTANTE	
	FINESTRE			TETTO SCALA	
	ASTIC			EDIFICI INTEGRI	
	GRANDI APERTURE SEMPLICI			EDIFICI PRIVI DI COPERTURA	
	GRANDI APERTURE AD ARCO			EDIFICI DIROCCATI	
	BIFORE			EDIFICI SCOMPARI O DI CUI ESISTONO SOLO LE FONDAMENTA	
	LOGGE			DESTINAZIONE D'USO E NUMERO DI PIANI	<ul style="list-style-type: none"> A Abitazione S Stalla AS Astic D Deposito F Fienile FR Forno C Cappella

bibliografia cap. 2.3

- BerGA MASCHI A., *Cannobina, La Borromea e dintorni*, Alberti Libraio editore, Verbania, 2011
- COntI G. M., OnetO G., *Paesaggio di Pietra, Alberi e Colore. L'architettura tradizionale nel Verbano-Cusio-Ossola*, Alberti Libraio editore, Verbania 2008
- DeMAtTeIs L., 1985, *Case contadine nelle valli dell'Ossola*, Cusio e Verbano, Priuli & Verlucca, 2005
- eL-HAKIM S., BeRALDIn J.A., BLAI S F., *A comparative evaluation of the performance of passive and active 3-D vision systems*, in E.A. Fedosov (ed.), SPIE Proceedings, Conference on Digital Photogrammetry and remote sensing, 2646, st. Petersburg, 1995
- G.A.L. Laghi e monti del Verbano Cusio e Ossola s.c.a.r.l., *Studio per la realizzazione degli interventi di restauro e di valorizzazione sul patrimonio locale. Manuale per il recupero architettonico*, Domodossola, 2013
- MeLLAnO , F., MOtTA , L., n eLVA, r ., *Proposta di simbologia convenzionale dalla cartografia di aggregati montani*. In: Bollettino della società italiana di fotogrammetria e topografia, Torino, 1973
- S CAFA MeLLInI G., VAzOtTO M., *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino*, Marsilio, 2008

2.4 - IL RILIEVO METRICO DEI TESSUTI EDIFICATI

ISABELLA BIANCO, ANDREA MARIA LINGUA, PAOLO PIUMATI

2.4.1 - nozioni circa il rilevamento metrico

Le tecniche di rilevamento metrico sono richieste per determinare informazioni che devono essere verificabili e ripetibili. Nell'ambito di una attività di rilevamento metrico possono essere individuati 3 aspetti fondamentali in termini di qualità del rilievo:

- le caratteristiche della misura;
- il tipo di contenuto;
- il livello di dettaglio.

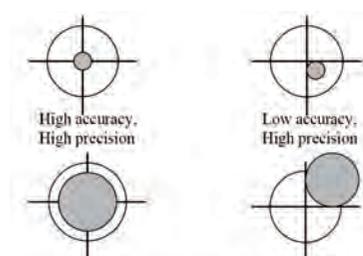
2.4.1.1 - le caratteristiche della misura

Accuratezza e precisione sono spesso usati per descrivere quanto sia buona una misura, una posizione o una coordinata. Una distinzione importante deve essere svolta tra accuratezza e precisione. L'*accuratezza* è il grado di vicinanza di osservazioni di una grandezza rispetto al valore reale della grandezza. Viene considerata alta quando il valore stimato è molto vicino al valore teorico, bassa quando il valore stimato è distante dal valore vero.

Viene determinata mediante comparazione tra le osservazioni e il loro valore "vero" determinato con osservazioni dotate di accuratezza intrinseca molto più elevata. In questo modo, l'accuratezza si esprime mediante il valore *rMse* (*Root Mean Square Error*) ovvero la radice quadrata della media di un insieme di differenze al quadrato tra l'insieme delle coordinate stimate e il valore corrispondente per gli stessi punti determinato con una sorgente indipendente avente un'accuratezza molto più alta. Le cause di bassa accuratezza sono spesso imputabili alla presenza, nelle osservazioni della grandezza, di errori sistematici e/o grossolani, che comportano una distorsione della media stimata. Essa definisce un indice di qualità oggettivo indipendente dalle osservazioni effettuate.

La *precisione* è il grado di vicinanza delle osservazioni di una grandezza rispetto alla loro media stimata. Viene considerata alta quando le osservazioni sono concentrate nell'intorno della media stimata, bassa quando le osservazioni sono distribuite intorno alla media stimata in modo molto più ampio. Può essere anche considerata un indice di consistenza sulla ripetizione delle misure, ovvero un indice di qualità interno in quanto legato alle stesse misure della grandezza. L'indicatore della precisione più comunemente utilizzato è la deviazione standard o scarto quadratico medio (*sqm*) in genere indicato σ .

Fig. 2.4-1 - Accuratezza e precisione.



2.4-1

La Fig. 2.4-1 illustra le varie relazioni tra questi due parametri: il valore vero della grandezza misurata è posto nell'intersezione della croce, l'area grigia indica l'involuppo delle osservazioni della grandezza, il centro dell'area grigia corrisponde al valore stimato (misurato) della grandezza, il raggio dell'area grigia è una misura dell'incertezza della stima (precisione) riconducibile ad una funzione dello sqm. In assenza di errori grossolani e sistematici, l'accuratezza e la precisione coincidono.

2.4.1.2 - precisione e tolleranza di un rilievo

La *precisione* di una operazione di rilievo deve garantire la ripetibilità entro valori commisurati con la scala prevista di rappresentazione. Il confronto si attua immaginando di confrontare i punti rilevati con analoghi punti di controllo determinati mediante tecnica di un ordine di grandezza più precisa (ovvero tale da esprimere sostanzialmente il valore vero) determinandone la distanza. tale distanza deve soddisfare un valore legato al disegno al tratto dell'oggetto. Dato l'errore di graficismo pari a 0.2 mm alla scala della rappresentazione 1: n la precisione può essere espressa mediante lo scarto quadratico medio (sqm, σ) pari a:

$$\sigma = 0.2 \cdot n$$

Ammettendo che almeno il 95 % delle differenze determinate tra punti di rilievo e punti di controllo debba essere inferiore a una soglia di confronto, si può affermare che la *tolleranza* (al 95%) è pari a 2 volte lo sqm:

$$T = 2 \cdot \sigma = 0.4 \cdot n$$

scala	Precisione σ [mm]	tolleranza al 95% T [mm]
1:500	100	200
1:200	40	80
1:100	20	40
1:50	10	20
1:20	4	8
1:10	2	4

tabella 2.4 -1 - scala di rappresentazione e tolleranza.

2.4.1.3 il livello di dettaglio

L'efficacia di una operazione di misura si esprime in funzione del minimo dettaglio che deve essere rappresentato.

Da non confondere con precisione/accuratezza, la *risoluzione* o densità di punti è la più piccola variazione della grandezza da misurare che può essere letta da uno strumento di misura. e' ovvio che questa densità può essere aumentata e diminuita in funzione della geometria dell'oggetto del rilievo.

Le tecniche indirette di acquisizione dati (particolarmente la scansione laser) devono soddisfare in fase di acquisizione una densità di cattura che deve garantire la possibilità di rilevare correttamente la dimensione dell'oggetto minimo da registrare.

non è possibile mantenere costante la densità su tutto l'oggetto durante il rilievo, ma si deve cercare di mantenerla il più regolare possibile. E' necessario fissare la minima densità richiesta, anche in fase di appalto. La scelta della minima densità di rilievo si può attuare mediante la relazione seguente:

$$Q=1-m/\lambda$$

dove:

- Q è la qualità del dato espressa in percentuale (%);
- m è la densità di punti, ovvero la minima distanza tra i punti di rilievo;
- λ è la dimensione del minimo dettaglio richiesto.

Per esempio:

- se la densità di punti è 10 mm e devo rilevare le giunte dei mattoni (5 mm) :

$$Q=1-10/5=-1 \text{ (ovvero qualità insufficiente)}$$

- se uso una densità di acquisizione di 5 mm: $Q = 0$ (ovvero qualità nulla)

- se uso una densità di 2 mm si ottiene $Q = 0.60$ indica che il 60 % delle giunzioni saranno individuate correttamente.

In analogia, è possibile utilizzare la seguente tabella che fornisce alcuni parametri riassuntivi medi:

scala	densità delle nuvole di punti [mm]	densità della restituzione [mm]	densità del rilievo diretto
1:500	75	75-750	0.1-1.5m (max 10 m)
1:200	30	30-300	50-600 mm (max 5m)
1:100	15	15-100	20-200 mm (max 3 m)
1:50	5	5-50	10-100 mm (max 2 m)
1:20	3	3-30	5-60 mm (max 1 m)
1:10	1	1-15	2-30 (max 0.5 m)

tabella 2.4 -2 - La densità di punti rilevati e rappresentati.

2.4.2.4 - il tipo di contenuto

Una operazione di misura può generare 3 tipologie di contenuto metrico:

- 2D (bidimensionale) in cui vengono descritti gli elementi caratteristici proiettati su un piano di riferimento. Ogni vertice descrittivo viene memorizzato nelle sole due coordinate (X,Y) (planimetriche) oltre alla relativa codifica;
- plano-altimetrico, del tutto analogo alla cartografia tradizionale. Anche in questo caso gli elementi caratteristici sono descritti mediante la loro proiezione su un piano di riferimento e ogni vertice viene nelle sole due coordinate (X,Y) (planimetriche). In aggiunta sono presenti informazioni supplementari specifiche (per es. punti quotati e curve di livello) che sono rappresentate in 3D (X, Y, Z);
- 3D in cui tutti gli elementi caratteristici vengono descritti mediante punti tridimensionali ovvero memorizzati mediante le 3 coordinate (X, Y, Z).

nel caso di rilevamento mediante scansione laser o tecnica fotogrammetrica le informazioni estratte dal rilievo e dalla sua elaborazione sono sempre tridimensionali. Possono essere trasformate in bidimensionali per permetterne una più efficace rappresentazione.

2.4.1.5 - sistema di riferimento

Un sistema di riferimento (sr) è un insieme di regole e misure per la determinazione della posizione spazio-temporale di un qualsiasi punto sulla terra ¹.

Nel corso degli anni diversi ellissoidi sono stati definiti e utilizzati come sistemi di riferimento, da ogni nazione o gruppo di nazioni che preferiva definire un ellissoide locale in modo che, nella zona considerata fosse più vicino al geoide. La nascita del GPs (Global Positioning System) ha portato all'affermazione di un ellissoide comune per tutto il mondo (World Geodetic System 1984, WGS84) con centro localizzato nel baricentro della terra e asse minore diretto secondo l'asse di rotazione terrestre.

Il sistema di posizionamento GPs (satelliti e rete di ricevitori permanenti sulla superficie terrestre) permette, assieme ad altre tecniche geodetiche, di definire e adattare i sistemi di riferimento nel tempo, seguendo, ad esempio, i movimenti della deriva delle placche continentali. Per questo motivo i sistemi di riferimento che li utilizzano sono detti "dinamici". Il sistema dinamico legato alla placca europea (cioè che trascura gli spostamenti di tale placca relativamente agli altri continenti minimizzando le deformazioni nel breve termine) è l'ETRF (European Terrestrial Reference Frame), periodicamente aggiornato.

Per poter essere rappresentata nelle mappe, la superficie dell'ellissoide viene proiettata su superfici che possono essere sviluppate sul piano secondo diverse modalità tra cui la rappresentazione conforme.

nota 2.4-1 -La terra somiglia molto a una sfera, ma in realtà non lo è e considerarla tale porta a un'approssimazione che in alcuni casi è accettabile, ma in altri risulta troppo grossolana. I geodeti infatti assumono come superficie matematica della Terra il geoide, ovvero la superficie perpendicolare alle linee di forza del campo di gravità terrestre, passante per un determinato punto fisico costituito in genere dal livello medio del mare mediante le misure dei mareografi. Nonostante il geoide abbia un preciso significato fisico, ha una forma complessa piena di gobbe e non può pertanto essere utilizzato come superficie di riferimento per la rappresentazione cartografica della Terra (vedi Fig. 2), operazione che richiede l'utilizzo di una superficie regolare, geometricamente nota e esprimibile in modo semplice, come per esempio un ellissoide di rotazione (Fig. 2 in grigio). Per definire la forma dell'ellissoide si utilizzano alcuni parametri fondamentali come il semiasse maggiore (a, equatoriale) e il semiasse minore (c, polare).

Basata sulla carta di Gauss, viene denominata internazionalmente Universal transverse Mercatore (UtM) ed è interpretabile geometricamente mediante una proiezione dell'ellissoide a partire dal centro della Terra stessa su un cilindro tangente ad un meridiano (Fig. 3a). Questo sistema di rappresentazione suddivide la terra in 60 fusi di ampiezza pari a 6° di longitudine numerati in senso antiorario a partire dall'anti-meridiano di Greenwich. L'Italia è compresa nei fusi 32, 33 e 34 (penisola salentina), ma l'area di studio è situata nel fuso 32 (Fig. 3b).

La direttiva europea INSPIRE

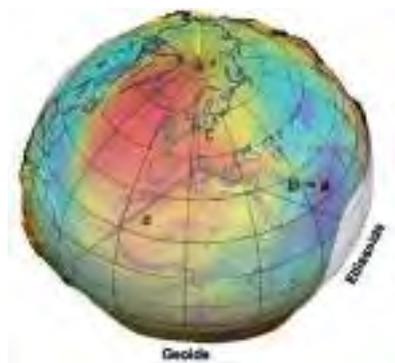
InsPIre (<http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm>) è una direttiva dell'Unione Europea, in atto dal 2007, che ha come obiettivo la definizione di regole e linee guida comuni per costruire un'infrastruttura affinché i dati cartografici europei possano essere facilmente scambiati, condivisi e armonizzati. Questo dovrebbe essere la corretta premessa per la conduzione di politiche territoriali e ambientali comuni.

I mezzi previsti sono principalmente un Geoportale attraverso cui accedere ai dati cartografici degli Stati membri e una serie di norme da seguire nella redazione dei nuovi prodotti:

- un sistema di riferimento comune;
- i formati di memorizzazione dei metadati
- un modello concettuale di riferimento per la produzione di cartografia numerica
- requisiti e accesso ai servizi di rete per la condivisione.

Queste stesse regole sono da seguire per l'armonizzazione tra i prodotti cartografici nazionali.

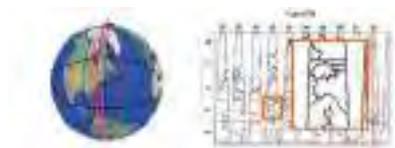
InsPIre è stata adottata in Italia mediante il Decreto 10 novembre 2011 "Adozione del sistema di riferimento geodetico nazionale", in cui si stabilisce che il sistema di riferimento geodetico nazionale italiano è costituito dalla realizzazione ETRF 2000, basato sull'ellissoide IAG GRS80 ottenuta da IGM (Istituto Geografico Militare) nella Rete Dinamica nazionale (rete di stazioni GPs che ricevono segnali in modo permanente). La rappresentazione cartografica è la rappresentazione UtM.



2.4-2

Fig. 2.4-2 - sistemi di riferimento per la terra: il geoid e l'ellissoide.

Fig. 2.4-3 (a, b) - La rappresentazione conforme UtM.



2.4-3

Sistemi di coordinate locali

Le operazioni di rilievo metrico degli edifici e dei beni culturali inquadri sul territorio richiede la definizione di coordinate tridimensionali che devono essere espresse in uno specifico sistema di coordinate. Questo sistema di coordinate deve essere stabile nel tempo e materializzato permanentemente mediante vertici tridimensionali opportunamente segnalizzati e monografati al fine di riferire l'esecuzione delle varie operazioni di misura che si svolgono nel tempo sempre allo stesso sistema di coordinate, entro ovviamente le precisioni e le tolleranze prefissate dall'applicazione in atto.

nella gran parte dei casi è consigliabile riferire sempre le proprie

osservazioni ad un sistema di coordinate globali (vedi paragrafi precedenti) come per altro consigliato dalla normativa di riferimento nazionale ed europea (InsPIre).

Qualora l'estensione del rilievo non richieda una scala territoriale ma sia legato al singolo oggetto architettonico (o piccolo insieme di edifici) considerato avulso da un adeguato contesto cartografico, è possibile ricorrere alla definizione di un sistema di coordinate locale stabilito arbitrariamente. Tale sistema di coordinate può essere definito mediante almeno 3 vertici noti nelle tre coordinate tridimensionali opportunamente posizionati intorno alla zona di rilievo, materializzati in modo permanente e monografati con precisione in modo da permetterne il ritrovamento e la ricostruzione nel tempo.



2.4.2 - strumenti di misura tridimensionale

La continua evoluzione delle tecniche di rilievo e modellazione 3D basate su sensori e lo sviluppo di sistemi sempre più performanti per la visualizzazione di dati digitali evidenziano il valore aggiunto dato dall'uso di queste metodiche nell'ambito del rilevamento urbano e architettonico². In particolare appare sempre più chiaro il contributo attivo che tali tecnologie possono fornire nella fase interpretativa, nella conservazione e archiviazione dei dati e nella valorizzazione del bene attraverso il web.

L'interesse sulle diverse tecniche e metodologie di rilievo digitale e di modellazione tridimensionale nel rilievo urbano e architettonico è evidenziato dalla crescita della richiesta, dal loro sempre più frequente impiego e dalla necessità di utilizzare sempre di più forme di registrazione e archiviazione digitale a differenti livelli di scala e risoluzione. Ovviamente l'uso di questi strumenti si inserisce all'interno di un processo conoscitivo ben codificato, nel quale particolare attenzione deve essere posta proprio nella fase di integrazione tra le metodiche tradizionali e quelle innovative. La definizione di un sistema conoscitivo che integri tutte queste forme di analisi è il risultato di un processo nel quale vengono coinvolte differenti competenze e professioni che hanno la capacità di comunicare e condividere un obiettivo comune³.

Questo risultato può essere raggiunto grazie a uno sforzo comune, profuso da un lato dagli esperti del *3D Imaging* nel cercare di comprendere e interpretare le necessità nell'ambito di queste applicazioni, dall'altro dai tecnici che operano nel settore nel conoscere le potenzialità e il funzionamento di base di queste tecnologie, al fine di poterne valutare la reale efficacia e utilità in relazione alla condizione di utilizzo.

nota 2.4-2 - GUARneri A., r eMONDInO F., VettOre A., *Digital photogrammetry and TLS data fusion applied to Cultural Heritage 3D modeling*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information sciences, 36, 5, on CD-rom, 2006.

nota 2.4-3 - GUIDI G., r USSO M., BerALDIn J.A., *Acquisizione e modellazione poligonale*, Milano, McGraw-Hill, 2010.



Fig. 2.4-4 - Visualizzazione di una nuvola di punti relativa ad alcune baite della frazione Veglio (comune di Montecrestese), ottenute con laser scanner FARO.

Questa parte del testo si propone di delineare in maniera sintetica, ma esaustiva, i metodi di applicazione e i principi di funzionamento degli strumenti di acquisizione 3D più utilizzati, evidenziandone i pregi e i difetti.

2.4.2.1 - Classificazione dei sensori 3D

I sensori tridimensionali sono strumenti che consentono di generare un'immagine 3D della scena che inquadrano. La classe di sensori trattati è quella basata sull'uso della radiazione luminosa, all'interno della quale si può fare un'ulteriore distinzione in funzione della natura della luce che viene impiegata per effettuare la misura. se si tratta di luce naturale i metodi di misura si dicono "passivi" (tecnica fotogrammetrica, teodoliti, etc.); se invece la luce è codificata in maniera da svolgere un ruolo nel processo di misura, si parla di "sensori attivi" (laser scanner, strumenti a proiezione di luce strutturata, radar, stazioni totali, ecc.).

La creazione di modelli tridimensionali *reality-based* di manufatti può avvenire attraverso l'impiego di dati 3D generati da entrambe le tecnologie descritte⁴.

La scelta dei dati da impiegare o della tecnica di rilievo da utilizzare avviene in funzione della caratterizzazione della superficie da rilevare, l'accuratezza e il dettaglio geometrico richiesti, le dimensioni dell'oggetto, la collocazione spaziale, l'esperienza, i costi del progetto, etc.

I sensori ottici attivi^{5,3} (indicati nello schema di Fig. 2.4-5), permettono di ottenere direttamente la posizione spaziale della superficie o del

nota 2.4 -**4** - MÜLLER P., WOnKA P., HÄGLER S., ULMER A., VAN GOOL L, *Procedural modeling of buildings*, ACM transactions on Graphics – Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006, 25, 3, 2006, p. 614-623.

nota 2.4 -**5** - BLAIS F., *A review of 20 years of range sensors development*, Journal of electronic Imaging, 13, 1, 2004, p. 231-240.

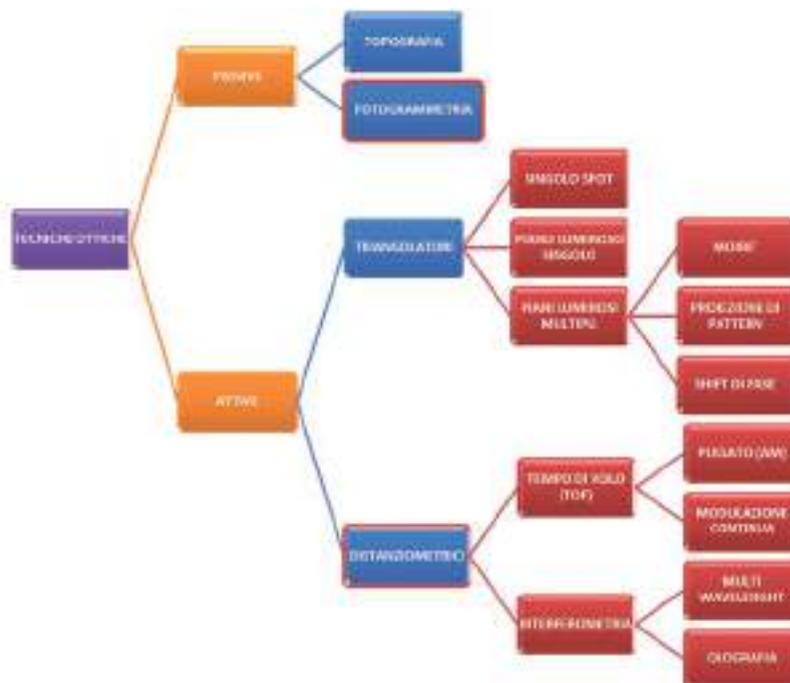
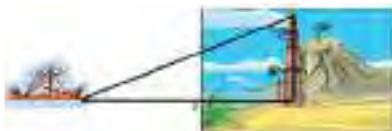


Fig. 2.4-5 - Classificazione delle tecniche ottiche.

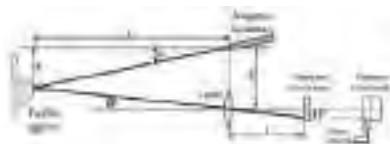
nota 2.4-6 - eL-HAKIM S., BerALDIn J.A., BLAIS F., *A comparative evaluation of the performance of passive and active 3-D vision systems*, E.A. Fedosov (ed.), SPIE Proceedings, Conference on Digital Photogrammetry and remote sensing, 2646, st. Petersburg, 1995, p. 14-25.

nota 2.4-7 - r eMOndInO F., eL-HAKIM S., *Image-based 3D modelling: A review*, Photogrammetric record, 21, 115, 2006, p. 269-291.



2.4-6

Fig. 2.4-6 - La triangolazione proposta da talete.



2.4-7

Fig. 2.4-7 - Il principio di funzionamento dei laser scanner triangolatori:

$$y = 0$$

$$\tan\beta = p/f$$

$$z = b/(\tan\alpha + \tan\beta)$$

$$x = z/\tan\alpha.$$

Fig. 2.4-8 - esempi di laser scanner triangolatore (Faro CAM2 3D Imager).



2.4-8

punto rilevato, a volte accoppiata all'informazione del colore (anche se di bassa qualità); quest'ultima può essere registrata dal sensore stesso o da una fotocamera digitale esterna ad integrazione dello strumento. Si possono acquisire direttamente e in poco tempo grandi quantità di dati relativi a una geometria complessa con accuratezze elevate. Per contro i sensori attivi sono molto costosi, normalmente voluminosi e definiti da una limitata flessibilità di utilizzo. L'insieme di queste caratteristiche rende questa tipologia di strumenti ideale per molte applicazioni, soprattutto nell'ambito dei Beni Culturali, ma non adattabile a tutte le condizioni ambientali e alle caratteristiche materiche dei manufatti⁶.

I metodi basati sulla elaborazione metrica delle immagini (*image-based*), la fotogrammetria come tecnica ottica passiva in Fig. 2.4-5) richiedono una ben precisa formulazione matematica (geometria proiettiva o prospettica) per trasformare i dati estratti dalle immagini in coordinate metriche 3D⁷. Negli ultimi tempi, le tecniche di elaborazione tratte dalla *Computer Vision (Structure for Motion)* hanno permesso di ottenere dalle immagini digitali informazioni realistiche in modo più semplice e automatico. Le immagini contengono tutte le informazioni necessarie per riprodurre sia la geometria sia la texture del manufatto fotografato, rendendo possibile la generazione di modelli tridimensionali con un contenuto informativo ottimale.

2.4.2.2 - i laser scanner

I laser scanner triangolatori

Il metodo sfruttato dai laser scanner triangolatori risale al VI secolo a.C. ed è stato proposto da talete. noto un cateto (x) e l'angolo acuto adiacente (α) è possibile risolvere un triangolo rettangolo e ricavare l'altro cateto z ($z = x \cdot \tan\alpha$).

Il metodo, come indicato in Fig 2.4-6, veniva usato per la stima della distanza delle navi avvistate dalle numerose torri presenti sul territorio per difendere le coste, un problema molto importante per la Grecia Antica.

Al giorno d'oggi, il sistema è stato modificato per permetterne l'applicazione in termini automatici basandosi su un sensore ottico attivo che permette di misurare fondamentalmente le distanze restituendo direttamente un grande numero di coordinate 3D della superficie misurata. I sensori ottici attivi più impiegati in architettura e archeologia sono i laser scanner (terrestri o aerei) e i sistemi a proiezione di frange (o luce strutturata). Questi strumenti di misura sono costituiti da un emettitore di luce e da un sensore per registrarne la risposta.

La forma di luce che per prima ha consentito di creare uno scanner 3D è la luce laser che per le sue proprietà fisiche permette di generare spot luminosi estremamente focalizzati su intervalli di distanza anche elevati. La sorgente laser genera un sottile fascio di luce che produce un puntino luminoso sulla superficie da misurare. Attraverso un sen-

sore da ripresa, quale ad esempio una videocamera digitale, spostato lateralmente rispetto alla sorgente di luce, viene ripresa l'immagine del puntino luminoso, in maniera che la sorgente, il centro di proiezione sul sensore e il punto luminoso riflesso dalla superficie vengano a formare un triangolo (Fig. 2.4-7). Attraverso la conoscenza di una serie di parametri noti a priori (base b , angolo α e lunghezza focale f) e grazie ad alcune semplici relazioni trigonometriche² è possibile risalire alla distanza z tra lo strumento e l'oggetto e di conseguenza alla posizione spaziale del punto sull'oggetto.

Per arrivare ad avere un'immagine tridimensionale relativa a una porzione di un oggetto è necessario muovere tali sensori attivi in maniera meccanicamente controllata, il che porta al concetto di scansione, producendo come risultato una *range map* relativa ad un'area rettangolare la cui dimensione dipende dall'estensione del movimento^{8,9,10}.

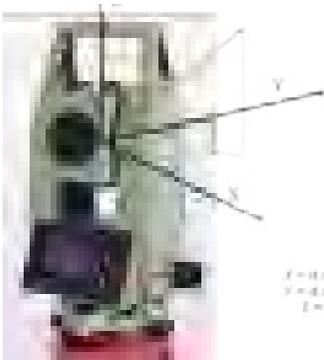
Quindi i sistemi a triangolazione permettono elevate prestazioni di misura, con risoluzioni fino al decimo di millimetro e una incertezza di misura di poche decine di micron (Fig. 2.4-9). Per contro, sono sistemi che lavorano a distanze limitate (entro i 2 m) e con campi di inquadratura limitati.

I laser scanner a triangolazione sono pertanto strumenti molto raffinati che permettono di raggiungere elevate accuratezze utili, in ambito architettonico, per l'acquisizione di piccoli oggetti con dettagli decorativi importanti.

I laser scanner distanziometrici

Per il rilievo di oggetti più grandi come edifici, scavi archeologici e intere aree territoriali, è possibile ricorrere ai laser scanner distanziometrici. Il principio di funzionamento sfrutta il concetto del rilievo celerimetrico proposto agli inizi del XIX secolo da Ignazio Porro che mise in evidenza come la sola misura della distanza non sia sufficiente a localizzare un punto nello spazio: occorre infatti definire la direzione nello spazio (lungo cui è misurata la distanza) mediante 2 angoli tra loro ortogonali, un angolo sul piano orizzontale denominato angolo azimutale e un angolo nel piano verticale denominato angolo zenitale (Fig. 2.4-5).

I laser scanner distanziometrici sono l'evoluzione delle moderne



2.4-10



2.4-11

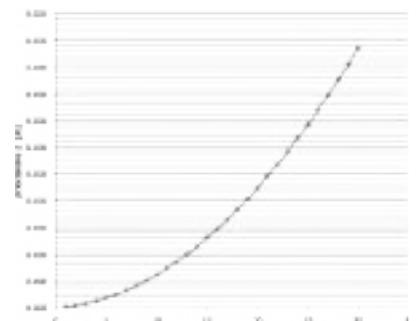
nota 2.4-8 - BerALDIn J.A., BLAIS F., BOULAnGer P., COUmOYer L., DOMeY J., eL-HAKIM S., GODIn G., r IOUX M., t AYLOr J., *Real world modeling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures*, IsPrs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 55, 4, 2000, p. 230-250.

nota 2.4-9 - Applicando la legge di propagazione della varianza alle relazioni precedenti è possibile determinare le precisioni con cui vengono determinate le coordinate dei punti rilevati ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) in funzione della geometria del sistema e della precisione con cui vengono determinati i parametri misurati (α, p).

$$\sigma_z = \sqrt{\left(\frac{z}{b}\right)^2 \sigma_p^2 + \frac{z^2}{\cos^2 \alpha} \sigma_\alpha^2}$$

$$\sigma_x = \sigma_y = \sqrt{\frac{z^2}{b^2} \sigma_p^2 + \frac{z^2}{\cos^2 \alpha} \sigma_\alpha^2}$$

Si nota che la precisione σ_z varia con il quadrato della distanza z stessa come si può osservare in Fig. 2.4-9 in una composizione strumentale tipica ($b = 1\text{ m}$, $\sigma_p = 5\ \mu\text{m}$, $\sigma_\alpha = 0.01^\circ$). Generalmente, al variare delle caratteristiche degli strumenti, già a 5-10 m la σ_z è maggiore di 1 cm. Per piccole distanze invece possono garantire precisioni/accuratezze molto elevate fino a 20 μm .



2.4-9

Fig. 2.4-9 - La precisione nella misura di un distanziometro triangolatore.

nota 2.4-10 Attualmente per incrementare la distanza operativa si suddividono i sistemi in due parti: un triangolatore che può essere posizionato in prossimità dell'oggetto e un tracciatore che determina la posizione nello spazio del triangolatore permettendo di rilevare in questo modo coordinate 3D molto accurate (fino a 0.1 mm).

Fig. 2.4-10 - Il metodo celerimetrico moderno.

Fig. 2.4-11 - Il principio di funzionamento dei laser scanner distanziometrici.

γ	0.01 gon									
$d [m]$	10	20	30	40	50	100	200	300	500	1000
$m [mm]$	1.6	3.1	4.7	6.3	7.9	15.7	31.4	47.1	78.5	157.1

tabella 2.4- 1

zione angolare pari a 0.01 gon¹².

Il *campo di misura* è la porzione di spazio che lo strumento è in grado di acquisire con una sola acquisizione¹³ (Fig. 2.4-13).

La *portata effettiva* del laser scanner dipende dai caratteri specifici dalla singola operazione di scansione che devono essere considerati. In particolare, essa dipende:

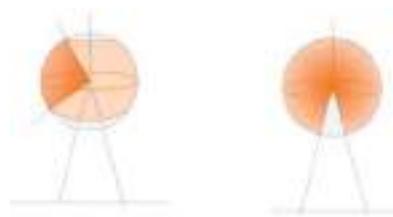
- dal mezzo nel quale si propaga il raggio laser (rifrazione);
- dal materiale che costituisce l'oggetto e dalla sua rugosità;
- dalla presenza di radiazioni di disturbo quali luce solare riflessa, radiazioni artificiali dell'oggetto o di altri corpi posti in prossimità dell'oggetto.

La *velocità di acquisizione* incide sulla durata dell'acquisizione. Velocità superiori a 100000 pt/s non consentono di rendere realmente più rapida la scansione di un oggetto complesso, in considerazione dei tempi di configurazione dello strumento, di analisi dei dati acquisiti e di spostamento dello strumento nelle varie posizioni.

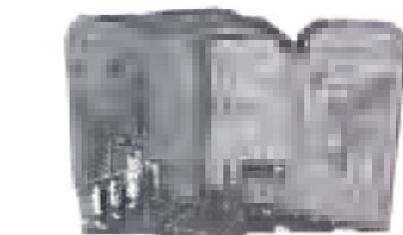
Attualmente alcuni laser scanner, oltre alla capacità di registrare la riflettanza della superficie alla lunghezza d'onda del laser, sono dotati di un sensore rGB interno che associa a ogni punto acquisito il colore rilevato sull'area di impatto del raggio di misura. La risoluzione non consente alcun uso pratico di tale immagine. In Fig. 2.4-15 è mostrata una immagine di scansione colorata mediante la camera interna e un esempio di informazione di riflettanza acquisita per ogni punto 3D rilevato. In altri casi lo strumento viene integrato da una camera digitale disposta in posizione calibrata che permette di acquisire informazioni in forma di immagini digitali ad alta risoluzione molto utili per completare la documentazione del bene rilevato. Per ricoprire tutti i dettagli dell'oggetto ripreso è necessario procedere con numerose scansioni



2.4-13



2.4-14



2.4-15



legge lineare rispetto alla precisione di misura degli angoli. In particolare, al crescere della distanza misurata diviene molto significativa la precisione con cui vengono misurati gli angoli che definiscono la direzione del laser; per distanze più brevi è più significativa la precisione con cui si misura la distanza stessa. ne consegue che, se l'applicazione richiede la misura di distanze brevi (entro qualche decina di metri) occorre dotarsi di laser scanner con distanziometro più preciso; se è necessario misurare distanze elevate occorre utilizzare strumenti che misurino con precisione gli angoli.



2.4-12

Fig. 2.4-12 - La precisione dei laser scanner distanziometrici.

Fig. 2.4-13 - L'effetto della densità di scansione sulla superficie dell'oggetto.

Fig. 2.4-14 - Il campo di misura.

nota 2.4-12- La divergenza del raggio laser è collegata con la risoluzione angolare. nella realtà un laser, per quanto ben progettato e costruito, non riesce a garantire il completo parallelismo delle onde luminose in quanto i fasci che compongono un'emissione laser sono affetti da una leggera divergenza che, entro distanze ridotte, è assolutamente irrisoria e quindi praticamente inesistente (Fig. 2.4-12). Oltre una determinata distanza, la divergenza del raggio laser è tale da non essere più trascurabile, comportando dunque un'impresione nella misura delle distanze. Le distanze misurate sono infatti la media delle distanze dei punti contenuti nell'area di impatto del raggio. In alcuni casi la divergenza del laser può superare la risoluzione angolare comportando la risoluzione della densità effettiva.

nota 2.4-13 ricordando che la sfera ha un'ampiezza di 4π steradiani i laser scanner terrestri possono essere fissi con campo pari a 0.5 steradiani (analogo al campo di una camera fotografica), rotanti attorno a un asse con campo non superiore a 5 steradiani, rotanti attorno a due assi con campo variabile tra 11.6 steradiani e 4π steradiani.

tabella 2.4- 1 - La densità di scansione a varie distanze per una risoluzione angolare pari a 0.01 gon

Fig. 2.4-15 - Il dato cromatico e la riflettanza acquisite dai moderni laser scanner terrestri.

realizzate da posizioni differenti. tutte le scansioni devono essere unite e fuse per ottenere informazioni coerenti tra le varie acquisizioni mediante una procedura che si chiama registrazione. Alcuni laser scanner sono dotati di software per la registrazione delle scansioni mediante riconoscimento automatico di segnali ad alta riflettività o di forma nota.

2.4.3.3 - l'utilizzo dei dati acquisiti mediante laser scanner terrestre

Il processo che definisce il passaggio dall'acquisizione del dato reale fino alla generazione del modello poligonale digitale prende il nome di *Reverse Modeling*, a sottolineare il processo "inverso" rispetto a quello che viene normalmente compiuto in fase progettuale dal modello (digitale e non) alla sua realizzazione fisica.

La prima fase, cioè quella di progetto del rilievo digitale, è la più delicata di tutto il processo. La sua importanza è data dalle scelte che vengono operate e dalle conseguenze che queste comportano in tutti i successivi passaggi fino alla generazione del modello digitale finale. La prima valutazione riguarda la tipologia di strumento e i relativi parametri di rilievo (risoluzione, precisione, accuratezza) ed è dettata da un'analisi critica di dimensione, geometria, posizione e materiale del manufatto. A questa si aggiunge la pianificazione del "progetto di presa", che deve tenere conto del tipo di strumento, della complessità del modello e della possibilità di muoversi attorno ad esso, controllando le caratteristiche ambientali. tutte queste valutazioni fatte a priori hanno la duplice finalità di ottimizzare il processo e nel contempo prevederne le possibili problematiche¹⁴.

La fase di acquisizione tridimensionale rappresenta spesso uno dei passaggi più rapidi dell'intero processo. nell'ipotesi si tratti di un'acquisizione con uno scanner a triangolazione, a causa del piccolo campo di vista dello strumento, bisogna prevedere un grande numero di prese tali da coprire l'intera superficie ed avere una sovrapposizione tra nuvole di punti contigue dell'ordine del 30-40%. Questo permette di ottenere un rilievo completo e dettagliato dell'oggetto e di registrare correttamente le varie scansioni. Diverso è il modo di procedere con uno strumento a tempo di volo, per cui sono necessarie molte meno scansioni e non è sempre fondamentale ottenere un'ampia sovrapposizione dei dati grazie all'utilizzo di target esterni nell'ambiente, che permettono di orientare le singole prese rispetto ai punti noti. È però molto importante dedicare una fase di rilievo all'acquisizione dei target, poiché da essa può dipendere la qualità dell'allineamento e di conseguenza l'accuratezza del modello finale. I principali parametri legati alla misurazione tridimensionale sono la risoluzione geometrica, l'accuratezza e l'incertezza di misura (precisione)¹⁴.

Ogni singola scansione viene acquisita rispetto al sistema di riferimento locale dello strumento, quindi la fase di allineamento (o registrazione) delle prese è un passo fondamentale per la creazione del modello

nota 2.4-14 - BerALDIn J.A., BLAIs F., COUr - noYer L., r IOUX M., Berner F., HArriSon n., *Portable digital 3-D imaging system for remote sites*, Proceedings of the Ieee International Symposium on Circuits and Systems, 5, Institute of electrical and electronics engineers, 1998, p. 488-493.

Fig. 2.4-16 - Alcuni esempi di marker per la registrazione delle scansioni.



digitale finale. La fase successiva all'allineamento consiste, normalmente, nella creazione di un'unica superficie poligonale (*mesh*) dalle diverse nuvole di punti che compongono il modello, avendo cura di ridurre punti ridondanti o errati. La superficie poligonale così ottenuta necessita di una prima elaborazione, che consiste nell'eliminazione di tutte le incoerenze topologiche presenti nella *mesh*. Quindi si passa alla "lisciatura" della superficie, utile nel caso in cui si voglia migliorare le porzioni del modello caratterizzate da un andamento della superficie molto irregolare rispetto alla realtà, mentre è da evitare se si vuole preservare tale caratteristica. Infine il modello presenta quasi sempre delle lacune, generate dalla presenza di zone d'ombra, che possono essere chiuse se la natura del manufatto e l'applicazione per la quale viene rilevato lo consentono.

La fase di ottimizzazione del modello poligonale dipende nuovamente dall'applicazione per la quale deve essere utilizzato. In generale la decimazione della *mesh* è indispensabile per migliorare la gestione informatica del modello e la relativa visualizzazione, ma se non controllata può apportare pesanti modifiche alla geometria del modello.^{15,16} Accanto alla decimazione, il processo di *remesh* permette di regolarizzare la maglia poligonale, riordinandola dopo tutte le modifiche apportate nella fase di editing.

Infine il modello poligonale può essere preparato per una sua visualizzazione fotorealistica mediante applicazione di *texture* reali ed esportato in diversi formati (dall'*stL* considerato oramai uno standard *de facto* dei formati poligonali, all'*OBJ* fino al *VRML*). La scelta del formato dipenderà dall'applicazione per cui viene prodotto il modello poligonale¹⁷. Per la texturizzazione del modello poligonale, se vengono impiegate immagini acquisite da una camera esterna o separata allo strumento, è necessario identificare almeno 6 punti omologhi per poter registrare la *mesh* con i dati immagine, sfruttando le tecniche derivate dalla fotogrammetria.

Per l'intera procedura di modellazione 3D con sistemi ottici attivi, è bene considerare in generale un rapporto di 1:5 tra tempi di acquisizione dei dati (singole scansioni) e tempi di allineamento, pulitura, generazione della *mesh* poligonale e *texturing*¹⁸.

2.4.3.3 - fotogrammetria e *imaging*

La fotogrammetria è la scienza che consente di ottenere misure accurate da fotografie (immagini) acquisite con sensori terrestri, aerei o satellitari. Partendo da diversi punti omologhi individuati nelle immagini, le tecniche fotogrammetriche consentono di determinare informazioni metriche sulle dimensioni, forma e posizione di un oggetto o scena. La fotogrammetria pertanto stabilisce una relazione geometrica fra le immagini e la scena reale al momento della ripresa fotografica. Una volta ricostruita questa relazione geometrica proiettiva, è possibile ottenere informazioni metriche sull'oggetto attraverso l'impiego di almeno due

nota 2.4 -**15** - Il processo di allineamento può contare su tre differenti approcci metodologici, basati su:

- allineamento tra prese che contengano al loro interno target fissi o punti riconoscibili sulla scena visti da posizioni diverse. Questo metodo si usa solamente con i sistemi a tempo di volo per calcolare la roto-traslazione necessaria per l'allineamento delle scansioni, applicando in un secondo momento i parametri della trasformazione all'intera nuvola da registrare. Il contenuto numero di punti coinvolti in questo metodo di allineamento non comporta necessariamente una diminuzione nella qualità del risultato, qualora l'identificazione dei target avvenga con un livello di sofisticazione superiore rispetto agli altri punti della scena;
- allineamento tra prese adiacenti che prevedano un certo livello di ridondanza tramite l'algoritmo ICP (*Iterative Closest Point* e le sue innumerevoli varianti). Questo caso coinvolge normalmente i dati provenienti da scanner a triangolazione e prevede una prima fase di allineamento grezzo di coppie di prese, identificando 3-4 punti in comune tra le due nuvole di punti e una seconda fase di allineamento fine, in cui vengono minimizzate le differenze tra tutti i punti delle nuvole;
- allineamento guidato da sensori esterni in grado di fornire al laser scanner la propria posizione e orientamento (ad es. laser scanner integrato con ricevitori GPS/Gnss e sensori inerziali). Questo metodo fornisce sicuramente un risultato più rapido per l'eliminazione della fase di post-elaborazione necessaria nei primi due approcci, sebbene la qualità dell'allineamento possa variare significativamente a seconda della qualità del sensore esterno. Ad esempio in meccanica esistono laser scanner guidati da *Coordinate Measurement Machines* (CMM) con accuratze migliori di 10 micrometri, mentre l'allineamento basato su GPS/Gnss e sensori inerziali può consentire al massimo accuratze centimetriche.

nota 2.4 -**16** - SUCY M., LAURENDEAU D., *A general surface approach to the integration of a set of range views*, IEEE trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 4, 17, 1995, p. 344-358.

nota 2.4 -**17** - LENSCH H.P.A., GOESLE M., KAUF M., SEIDEL H.P., *A framework for the acquisition, processing, transmission, and interactive display of high quality 3D models on the web*, tutorial notes for DAGM, Munich, 2001.

nota 2.4 -**18** - negli ultimi anni questo rapporto sta mutando, poiché l'introduzione dei sistemi ToF-AM permette di ridurre il tempo di acquisizione 3D a discapito della fase di elaborazione dei dati, che deve trattare una grandissima quantità di informazioni.

nota 2.4-19 - rUSSO M., rEMONDINO F., GUIDI G., *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, *Archeologia e Calcolatori* 22, 2011, p. 169-198.

nota 2.4-20 - VerGAU Wen M., VAN GOOL L., *Web-based reconstruction service*, *Machine Vision and Applications*, 17, 6, 2006, p.411-426.

nota 2.4-21 - GrUen A., rEMONDINO F., ZHANG L., *Photogrammetric reconstruction of the great Buddha of Bamiyan, Afghanistan*, *the Photogrammetric record*, 19, 107, 2004, p.177-199.

nota 2.4-22 - La fotogrammetria si basa sul principio della collinearità (Fig. 2.4-15a) che stabilisce come il centro di proiezione della fotocamera C, un punto I sull'immagine e il suo corrispondente punto O nello spazio, devono giacere su una linea retta. Quando molteplici raggi di collinearità vengono intersecati per calcolare le coordinate 3D di un punto identificato in almeno due immagini, si parla di fotogrammetria con immagini multiple (Fig. 2.4-15b).

nota 2.4-23 - I sensori e le fotocamere digitali in grado di acquisire immagini sono normalmente utilizzati da terra oppure montati su piattaforme aeree (aeroplani, palloni, aquiloni, elicotteri, UAV, etc.) o satellitari (Ikonos, World-View, spot, Quickbird, etc.). si possono quindi distinguere:

– fotocamere terrestri: attualmente sul mercato ci sono a disposizione diversi tipi di fotocamere (o macchine fotografiche) digitali. Le due principali tipologie di camere digitali terrestri sono denominate "compatte" (o amatoriali) e "reflex" (SLR professionali) che si distinguono a seconda del tipo di sensore (CCD o CMOS, a matrice o lineare), ottica (fissa o intercambiabile), stabilità, costo, utilizzo, ecc.

– camere avio-trasportate: vengono normalmente distinte in piccolo, medio e grande formato e acquisiscono immagini con sensori digitali lineari oppure frame. Le camere aeree analogiche che acquisivano fotografie con le marche fiduciali sono ormai state completamente abbandonate;

– sensori montati su piattaforme satellitari: sono generalmente di tipo lineare, accoppiati ad un'ottica che permette di acquisire immagini da 400-700 km d'altezza con elevate risoluzioni geometriche (<1 m) e radiometriche (8-16 bit).

Fig. 2.4-17a - Il fotogramma come prospettiva centrale.

Fig. 2.4-17b - Fotogrammetria con immagini multiple.

immagini.

In fotogrammetria, analogamente a quanto avviene nella visione umana, se un oggetto viene ripreso in almeno due immagini scattate da punti di vista differenti, le diverse posizioni dell'oggetto nelle immagini (la cosiddetta parallasse) consentono di ottenere viste stereoscopiche e derivare informazioni 3D dalle aree di sovrapposizione nelle immagini¹⁸. I recenti sviluppi di questa tecnologia ne hanno aumentato le prestazioni e automatizzato molte procedure di restituzione, riportandola come tecnica di base anche per il rilievo architettonico.

Attualmente, per la restituzione di un modello completo, preciso e dettagliato, l'intervento manuale di un utente all'interno della pipeline di modellazione fotogrammetrica è ancora necessario. se l'obiettivo è quello di creare un modello 3D da utilizzare per semplici visualizzazioni o per applicazioni di realtà virtuale, procedure completamente automatizzate (*structure-from-motion*) possono essere impiegate²⁰. Paragonata ad altre tecniche *image-based* per ottenere informazioni 3D (come computer vision, ecc.), la fotogrammetria non mira ad una completa automazione delle procedure di restituzione, ma ha come obiettivo primario l'acquisizione di informazioni metriche accurate (precise e affidabili) e dettagliate dal punto di vista geometrico.

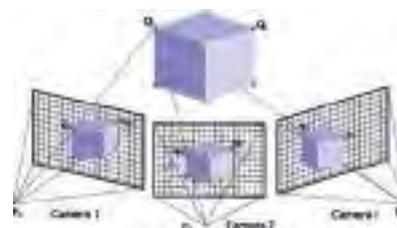
rispetto ai sensori attivi, i rilievi fotogrammetrici utilizzano immagini che contengono tutte le informazioni (geometria e tessitura) utili alla restituzione di modelli 3D. Inoltre con la fotogrammetria è possibile rilevare, impiegando immagini di archivio, oggetti o scene che non sono più disponibili o sono state danneggiate²¹. Gli strumenti fotogrammetrici (camere e software) sono generalmente meno costosi (è possibile utilizzare camere digitali commerciali, oltre che telefoni cellulari), portatili e semplici da utilizzare.

La fotogrammetria può essere applicata utilizzando una singola immagine (come per esempio il raddrizzamento fotografico), o coppie (stereo) o più immagini (*bundle-block adjustment*). Per applicazioni di fotoraddrizzamento, una singola immagine viene rettificata rispetto ad un piano di riferimento utilizzando una trasformazione proiettiva e conoscendo le coordinate di almeno 4 punti.^{22,23}

nel caso di riprese terrestri, l'operatore deve cercare di acquisire le immagini in modo da ricoprire l'intera superficie dell'oggetto da rilevare, evitando le zone d'ombra e garantendo sempre un sufficiente grado di sovrapposizione tra le diverse immagini. Un punto viene restituito tridimensionalmente solo se è visibile (e misurabile) in almeno due im-



2.4-17a



2.4-17b

magini, riprese da punti di vista differenti.

Una volta acquisite le immagini, l'intero flusso di lavoro per derivare informazioni metriche e 3D di una scena attraverso la procedura fotogrammetrica consiste in:

- calibrazione della fotocamera per determinarne l'orientamento interno;
- triangolazione delle immagini per determinarne l'orientamento esterno;
- restituzione 3D della scena per derivarne una nuvola di punti non strutturata;
- creazione di un modello geometrico 3D strutturato;
- *texture mapping* e visualizzazione del modello 3D finale fotorealistico.

L'elaborazione fotogrammetrica di dati raccolti con fotocamere digitali

È necessario distinguere fra parametri di orientamento interno ed esterno delle fotocamere. I parametri di orientamento interno vengono ottenuti mediante la procedura di calibrazione e consistono nella distanza principale della camera (o lunghezza focale f), posizione del punto principale (ξ_0, η_0) e alcuni parametri addizionali (AP) usati per modellare eventuali errori sistematici dovuti, ad esempio, alla distorsione dell'ottica. I parametri di orientamento esterno consistono nella posizione nello spazio della camera e nelle tre rotazioni della camera rispetto all'origine del sistema di riferimento. Questi parametri vengono generalmente ottenuti utilizzando due immagini (orientamento relativo) o un set di immagini (soluzione *bundle*) e un modello matematico rigoroso (collinearità) o empirico (per esempio attraverso dei Polinomi razionali).

Per poter utilizzare una camera o sensore digitale a fini metrici e per un'accurata e dettagliata restituzione 3D, deve essere eseguita una procedura detta di "calibrazione"²⁴. Per camere terrestri (amatoriali, sLr o panoramiche) la calibrazione deve essere eseguita dall'operatore ad intervalli di tempo abbastanza frequenti. La calibrazione delle camere digitali costituisce quindi un prerequisito per il rilievo metrico tridimensionale a partire da immagini. Una camera è calibrata quando sono note la sua lunghezza focale, la posizione del punto principale e alcuni parametri aggiuntivi atti a modellare eventuali errori sistematici (ad esempio causati dalla distorsione della lente). In molte applicazioni, la fase di calibrazione delle camere consiste nella sola determinazione della lunghezza focale (che attualmente viene riportata in alcuni campi memorizzati nel file che contiene l'immagine, EXIF), mentre per effettuare restituzioni più accurate vengono generalmente calcolati tutti i parametri di orientamento interno. Con la procedura di calibrazione si determina quindi la deviazione geometrica fra la realtà (collinearità) e il sistema di acquisizione delle immagini. Una restituzione 3D con una camera calibrata è in grado di ottenere risultati con un'accuratezza fino a 10 volte superiore (migliore) rispetto alla stessa restituzione ma senza calibrazione. La procedura di calibrazione normalmente viene effettuata

nota 2.4 -**24** - r e M O n D i n O F, F r A s e r C., *Digital camera calibration methods: Considerations and comparisons*, International Archives of the Photogrammetry, Remote sensing and spatial Information sciences, ISPRS Commission V Symposium, Dresden, 36, 5, 2006, p. 266-272.

nota 2.4 -**25** - I target possono avere coordinate 3D note (per esempio misurate con una stazione totale) e quindi essere utilizzati come punti di controllo nella soluzione del *bundle adjustment*. Si possono misurare anche punti naturali, ma la loro misura avrà una precisione inferiore rispetto ai target. Oggetti planari possono anche essere impiegati per calibrare una camera digitale, con l'accortezza di acquisire molte immagini convergenti e a distanze diverse dall'oggetto, in modo da compensare le diverse correlazioni tra i parametri incogniti da calcolare all'interno del *bundle*. L'algoritmo di *bundle adjustment*, generalmente accoppiato con il modello stocastico ai minimi quadrati di Gauss-Markov, restituisce simultaneamente tutti i parametri incogniti del sistema, oltre alla stima delle precisioni e delle correlazioni dei parametri stessi. I parametri incogniti del sistema sono l'orientamento della camera (interno ed esterno), le coordinate 3D dei punti omologhi misurati nelle immagini e i parametri aggiuntivi (AP). Le osservazioni sono le coordinate bidimensionali dei punti omologhi misurati in almeno due immagini (ed eventualmente le coordinate di alcuni punti di controllo). Per ciascuna osservazione, un'equazione di collinearità viene scritta e il sistema di equazioni, linearizzato e risolto iterativamente, fornisce le incognite cercate. Il sistema del *bundle adjustment*, per essere risolto, necessita della definizione (per esempio le coordinate di almeno 3 punti di controllo) oppure in modalità *free-network*, ovvero senza punti di controllo e fornendo almeno una distanza nota per restituire correttamente la scala. nel caso in cui siano disponibili punti di controllo, è possibile calibrare una camera anche utilizzando una sola immagine (resezione spaziale), ottenendo comunque un risultato qualitativamente molto inferiore rispetto al processo di *bundle adjustment* descritto precedentemente. Per effettuare una calibrazione corretta, è preferibile fotografare un oggetto tridimensionale con una decina di immagini convergenti, riprese a differenti distanze dall'oggetto, ruotando anche la fotocamera di ± 90 gradi (per ridurre le correlazioni tra i parametri) e con una distribuzione uniforme e non complanare dei punti nelle diverse immagini. Un progetto di ripresa fotografica che non rispetta questi requisiti può generare delle elevate correlazioni tra i parametri del sistema e determinare un'instabilità nella stima ai minimi quadrati.

nota 2.4-26 - Come accennato precedentemente, la soluzione può essere ottenuta in maniera relativa o assoluta. In quest'ultimo caso, soprattutto per applicazioni di fotogrammetria aerea o satellitare, è necessario fornire ulteriori informazioni esterne, quali, ad esempio, dei punti di controllo sul terreno (almeno tre). In fotogrammetria terrestre, si può lavorare anche senza punti di controllo (soluzione free-network). Per avere un risultato metrico e correttamente scalato è però necessario definire una distanza nota fra due punti.

acquisendo immagini di un oggetto tridimensionale, costituito da punti segnalizzati (target) ben riconoscibili e misurabili automaticamente e con elevata precisione (inferiore a 1/10 di pixel) nelle immagini.²⁶

Una volta che i parametri di orientamento interno sono noti, si può passare alla fase di orientamento esterno, ovvero alla determinazione delle posizioni e rotazioni di ciascuna immagine che si sta utilizzando rispetto a un particolare sistema di riferimento nello spazio. Di solito le fasi di calibrazione e di orientamento esterno sono distinte poiché la geometria di presa più consona alla calibrazione di una camera è molto diversa rispetto alla geometria di presa di immagini utili per ricostruire in 3D un oggetto o una scena (Fig. 2.4-18). Una volta determinati i parametri di calibrazione e orientamento, è possibile iniziare la fase di restituzione 3D della scena attraverso ulteriori misure (manuali, semiautomatiche o automatiche) di punti omologhi tra le immagini. I punti vengono individuati nelle zone più salienti della scena da restituire, in modo da poterla poi definire attraverso linee e superfici (soprattutto per applicazioni architettoniche). Misurazioni manuali o semiautomatiche vengono effettuate quando la geometria di un oggetto può essere ricostruita digitalmente utilizzando pochi punti, come ad esempio nel caso di edifici o semplici strutture architettoniche o archeologiche, in cui gli spigoli definiscono le forme geometriche principali. Procedure automatiche di restituzione (generalmente chiamate correlazione o *image matching*) vengono invece utilizzate quando devono essere restituite superfici irregolari con dettagli e discontinuità, come basso e altorilievi, scavi, terreni, statue, ecc. I recenti sviluppi e risultati nel campo della correlazione automatica di immagini (*image matching*: remondino et al. 2008) testimoniano le grandi potenzialità del metodo fotogrammetrico per derivare informazioni 3D dettagliate e precise alle diverse scale, paragonabili a quelle ottenute con sensori ottici attivi. Una volta estratte le corrispondenze tra le immagini, le coordinate 3D dell'oggetto vengono calcolate utilizzando nuovamente le equazioni di collinearità e i parametri interni ed esterni ottenuti precedentemente. A seconda del numero e della densità di punti 3D restituiti, sono derivate nuvole di punti dense o sparse (Fig. 2.4-12). L'insieme di punti viene di solito segmentato (nel caso di strutture architettoniche restituite con nuvole sparse) o convertito direttamente in una superficie poligonale (mesh). Per una visualizzazione fotorealistica, il modello geometrico viene poi



Fig. 2.4-18 - La ricostruzione 3D dell'oggetto ripreso.

texturizzato, proiettando direttamente le immagini (in applicazioni terrestri) o creando un'ortofoto (nel caso di applicazioni aeree o satellitari).

2.4.3 - applicazioni di tecniche di misura tridimensionale al rilievo di edifici di pietra a secco

In questo paragrafo sono illustrati alcuni esempi di rilievo che sono stati eseguiti al fine di documentare e approfondire lo studio dei tradizionali edifici di pietra della Val d'Ossola. In particolare, sono state utilizzate le tecniche LIDAR e la fotogrammetria digitale di tipo *image-based*, le quali permettono di ottenere delle nuvole di punti aventi informazioni di tipo geometrico tridimensionale.

2.4.3.1 - rilievo lidar e *image-matching* di murature irregolari. caso studio: pareti interne a Veglio (Montecrestese)

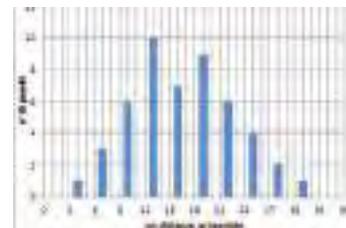
Poiché le forti irregolarità della pietra possono influenzare alcuni aspetti legati alle soluzioni tecniche di recupero (il miglioramento energetico, sismico, la distribuzione degli spazi,...) il gruppo di ricerca Interreg-Alpstone ha condotto uno studio al fine di quantificare il grado di non-planarità di alcune superfici murarie interne degli edifici. Tale analisi è stata sviluppata per mezzo di diverse tecniche di rilievo.

La tecnica LIDAR è stata utilizzata per il rilievo degli ambienti interni di 21 edifici. Le nuvole di punti ottenute sono state processate per mezzo del software Faro Scene (Fig. 2.4-19), il quale ha permesso la pulitura, la misurazione e l'allineamento di scansioni diverse. I dati sono successivamente stati elaborati con il software Photoscan: sono state create le triangolazioni per l'ottenimento di superfici (*mesh*) che descrivono l'andamento dei muri e sono state svolte elaborazioni per quantificare lo scostamento delle pareti dalla planarità verticale. Tramite la creazione di piani verticali interpolanti i punti di ciascuna parete è infatti stato possibile attribuire ad essi colorazioni diverse a seconda della loro distanza dal piano verticale di riferimento; le Figg. 2.4-22 mostrano alcune immagini ricavate da Photoscan da cui è possibile dedurre la distanza tra il punto più arretrato e quello più in aggetto di ogni parete. Il grafico di Fig. 2.4-20 mostra la distribuzione degli scostamenti orizzontali sulla base dell'analisi di 49 pareti di edifici situati a Veglio (comune di Montecrestese).

La tecnica della fotogrammetria digitale di tipo *image-matching* è stata prevalentemente utilizzata per il rilievo delle pareti interne di un edificio situato a Veglio (frazione di Montecrestese) adibito a fienile e avente dimensioni di circa 7 x 5 m (Fig. 2.4-21). Prima di procedere con la campagna fotografica è stato necessario scegliere con criterio le posizioni da cui scattare le fotografie. Come suggerito dal manuale del software Photoscan²⁷, esse sono state progettate in



2.4-19



2.4-20

Fig. 2.4-19 - nuvola di punti ricavata da un rilievo laser scanner eseguito all'interno di un edificio rurale di Veglio (Montecrestese)

Fig. 2.4-20 - Grafico relativo all'irregolarità dei muri delle baite di Veglio. sull'asse delle ascisse le distanze orizzontali [cm]; sull'asse delle ordinate la quantità di pareti presentanti la stessa irregolarità

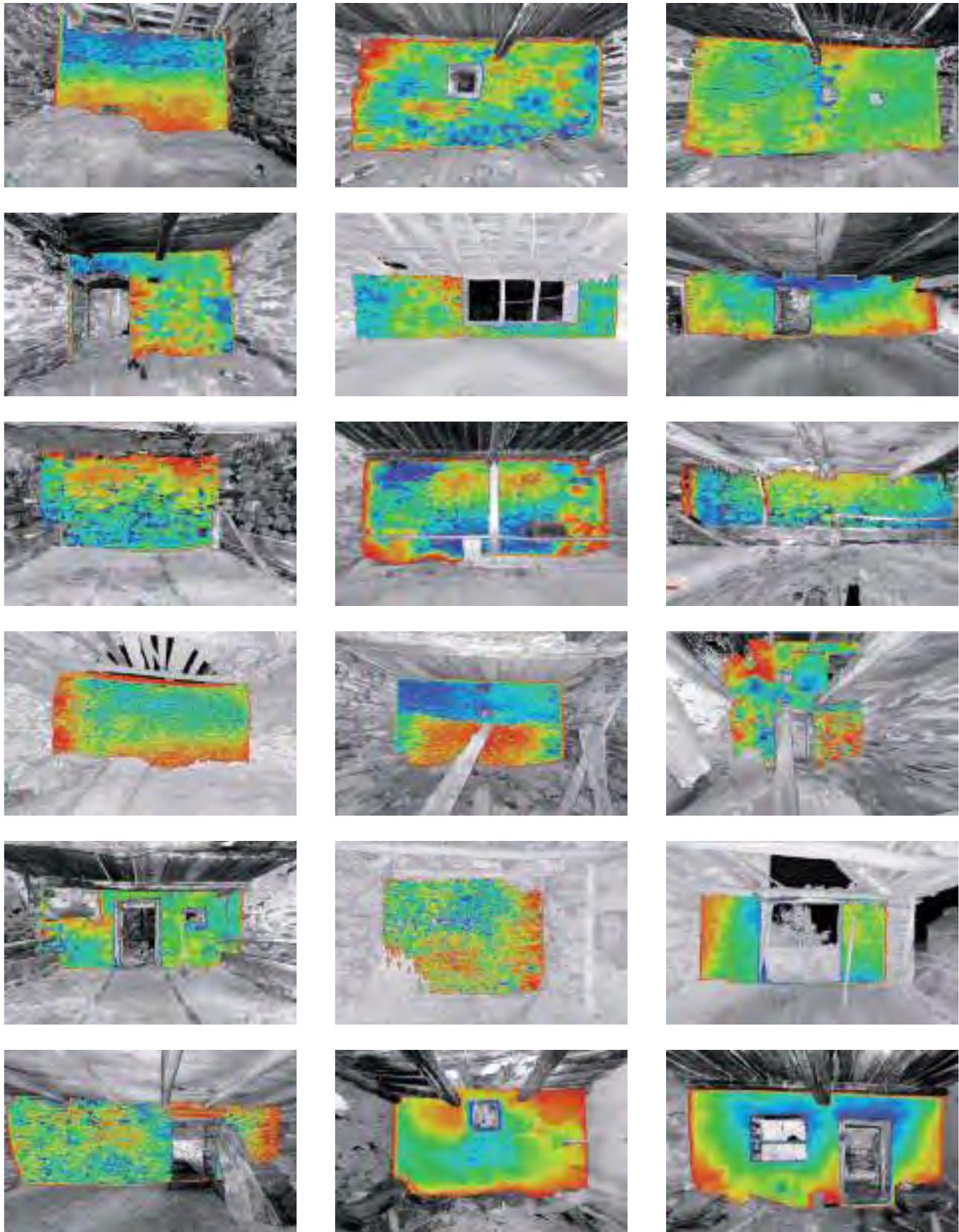
nota 2.4-27 - Agisoft LLC, *Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 0.9.0*, 2012, p. 5.

Fig. 2.4-22 - elaborazioni realizzate con il software Faro Scene su nuvole di punti ottenute con tecnica LIDAR. La distanza orizzontale tra i punti blu (punti più arretrati) e quelli rossi (punti più in aggetto), varia, a seconda dei casi dai 5 ai 15 cm.

Fig. 2.4-21 - Tipico edificio di pietra situato a Veglio (Montecrestese). esso ha costituito un caso studio per la sperimentazione del rilievo tramite la tecnica di fotogrammetria digitale di tipo *image-based*.



2.4-21

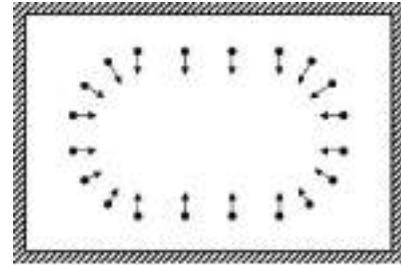


modo tale da avere l'asse della macchina fotografica perpendicolare alla parete (Fig. 2.4-23) e con una sovrapposizione tra scatti adiacenti di circa il 70-80%. essendo un processo largamente automatizzato, occorre inoltre favorire il riconoscimento dei parametri interni della camera. Per tale ragione è quindi necessario scattare le immagini mantenendo la stessa lunghezza focale e le stesse impostazioni fotografiche (rotazione, distanza dall'oggetto), evitare lenti fisheye e grandangolo, non tagliare o cambiare la geometria delle immagini. Anche le condizioni di luce giocano un ruolo importante in quanto la modellazione è basata sul riconoscimento di pixel omologhi. Le immagini devono essere scattate sempre senza flash per non alterare la posizione delle ombre e possibilmente in un arco di tempo limitato, in modo tale da limitare cambiamenti cromatici dovuti alla variabilità della luce solare. Sono inoltre da evitare fotografie sovraesposte, sottoesposte o con forti contrasti di luminosità (a tal fine, è consigliabile scattare i fotogrammi durante giornate con luce diffusa, condizione che si realizza in presenza di cielo nuvoloso). Oggetti in movimento, lucidi o trasparenti sono possibilmente da escludere durante gli scatti. La campagna fotografica eseguita a Veglio ha fornito circa 60 immagini, le quali hanno costituito il dato di input per i software di fotomodellazione. sono state eseguite prove di processamento con Autodesk 123D Catch, Agisoft Photoscan e Arc 3D. Al fine di verificare la bontà dei dati ottenuti, è stato eseguita una valutazione per individuare lo scostamento della nuvola di punti ottenuta dalla fotogrammetria rispetto a quella ricavata dal rilievo LIDAR (quest'ultima è stata presa come riferimento in ragione delle note precisioni di output). Le due nuvole di punti sono state sovrapposte con il software Meshlab, il quale ha permesso il calcolo e la visualizzazione grafica (Fig. 2.4-24) della loro distanza reciproca. ne è risultato che il modello dato dalla fotomodellazione si scosta in media di 2-3 cm (su un muro di superficie totale di circa 50 m²) rispetto a quello fornito dal laserscanner. A fronte di questo dato, considerando l'irregolarità della superficie e gli obiettivi della ricerca, questa precisione è stata valutata decisamente adeguata allo sviluppo delle successive analisi sull'edificio.

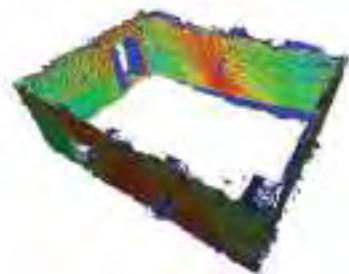
La mesh eseguita con Photoscan è stata scelta per la fase di post-processamento in quanto presentava le caratteristiche migliori. Il modello è stato successivamente importato sul software MeshLab, al fine di quantificare il grado di non-planarità verticale delle pareti. In questo caso è stata utilizzata una funzione di Meshlab (Filters/Color Creation and Processing/Per Vertex Color Function) in grado di dare colorazioni differenti ai punti di ogni singola parete a seconda della loro distanza da un piano verticale. La Fig. 2.4-25 mostra un'immagine ricavata da MeshLab, da cui sono stati dedotti risultati analoghi a quelli forniti dall'elaborazione dei dati LIDAR.

2.4.3.2 - rilievo mediante metodi fotogrammetrici *low-cost*. caso studio: alpeggi nel comune di craveggia (Val Vigizzo)

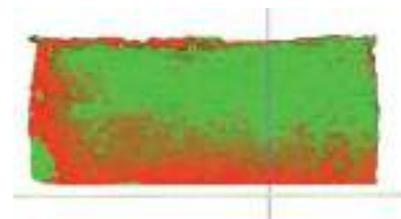
La tecnica della fotogrammetria difgitale basata sull'*image-matching* è stata



2.4-23
Fig. 2.4 - 23 - schema per una corretta presa delle fotografie all'interno di un locale (tratto dal manuale citato in nota 2.4-25).



2.4-24
Fig. 2.4 - 24 - Confronto tra la nuvola di punti ottenuta con laser scanner e quella derivante dalla fotogrammetria digitale: i colori variano dal rosso (indicanti punti a distanza minima) al blu (distanza massima, impostata a 5 cm).



2.4-25
Fig. 2.4 - 25 - elaborazione realizzata con il software MeshLab su una nuvola di punti ottenuta con fotomodellazione digitale al fine di quantificare la non-planarità di una muratura di pietra. La distanza orizzontale tra i punti verdi (punti più arretrati) e quelli rossi (punti più in aggetto) è pari a 15 cm.

Fig. 2.4-26 - elaborato tridimensionale di un agglomerato di alpeggi situati a Craveggia, realizzato con i software Agisoft Photoscan e MeshLab.



Figg. 2.4-27 e 2.4-25- Prospetti est (24) e nord (25) di un tradizionale edificio situato a Veglio (Montecrestese), realizzati con i software PointCab e AutoCad.

2.4-26

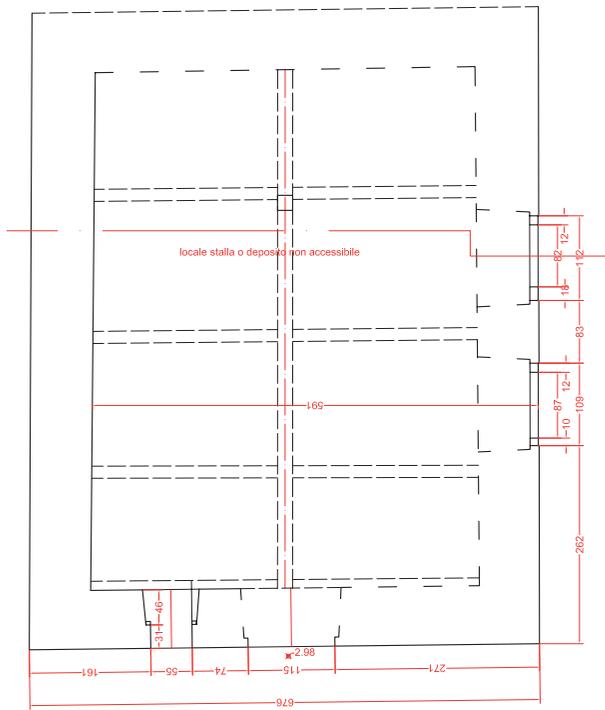
utilizzata anche per lo studio di complessi edilizi al fine di indagare come questi si relazionano alla morfologia del territorio montano. Il caso studio è stato individuato negli alpeggi di Craveggia in val d'Ossola, dove sono state rilevate tre baite dell'Alpe Marco.

Sono state scattate circa 500 fotografie, con lo scopo di modellare non solo gli edifici, ma di avere un accenno di modellazione anche del territorio immediatamente circostante. Per ogni posizione in pianta della macchina fotografica è stata scattata una coppia di fotografie: una ad altezza di circa 1 m e l'altra di circa 1,80 m da terra. Il software Photoscan ha permesso la modellazione separata delle tre baite, successivamente allineate tramite MeshLab, e' stato dunque ottenuto un modello d'insieme correttamente scalato grazie alle misure prese sul luogo (Fig. 2.4-23).

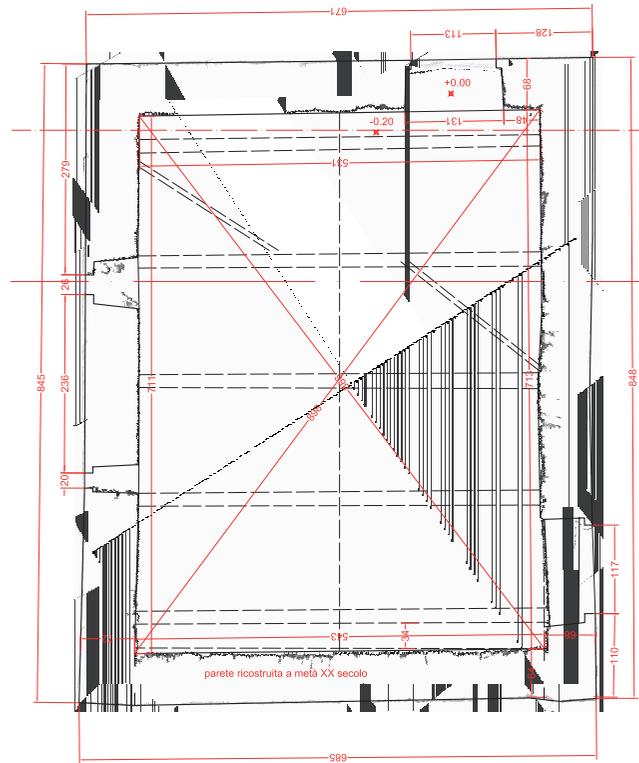
Per ciò che concerne la modellazione del terreno i risultati sono meno precisi rispetto a quelli relativi agli edifici. Ciò è probabilmente dovuto al gran numero di foto che servono a descrivere il terreno, alla ridotta altezza da cui sono state scattate, ai colori tendenzialmente simili (ricordiamo che la fotomodellazione lavora facendo corrispondere pixel omologhi in immagini diverse) e al fatto che il vento muovesse la vegetazione.

2.4.3.3 - generazione di sezioni bidimensionali e restituzione critica a partire da dati 3d

A partire dal rilievo eseguito con strumentazione laserscanner o tramite fotogrammetria speditiva è inoltre possibile ricavare piante, prospetti e sezioni. esistono infatti alcuni software (quale, per esempio, PointCab), che permettono di visualizzare la nuvola di punti in corrispondenza di determinati piani di sezione e di esportare il risultato come file DWG, DXF, DAE o PDF. Le fig. 2.4-28, 29, 30, 31, 32, 29 mostrano le elaborazioni realizzate con i software PointCab e AutoCad di un tipico edificio di pietra situato a Veglio (Montecrestese).



2.4-27

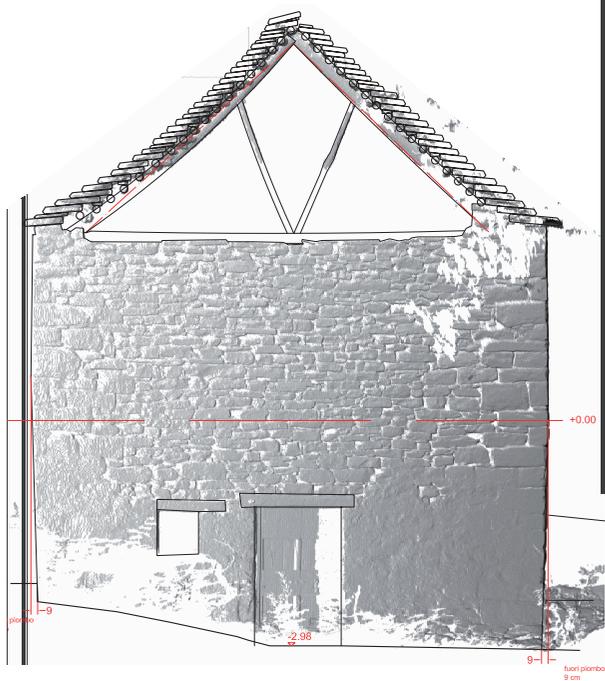


2.4-28

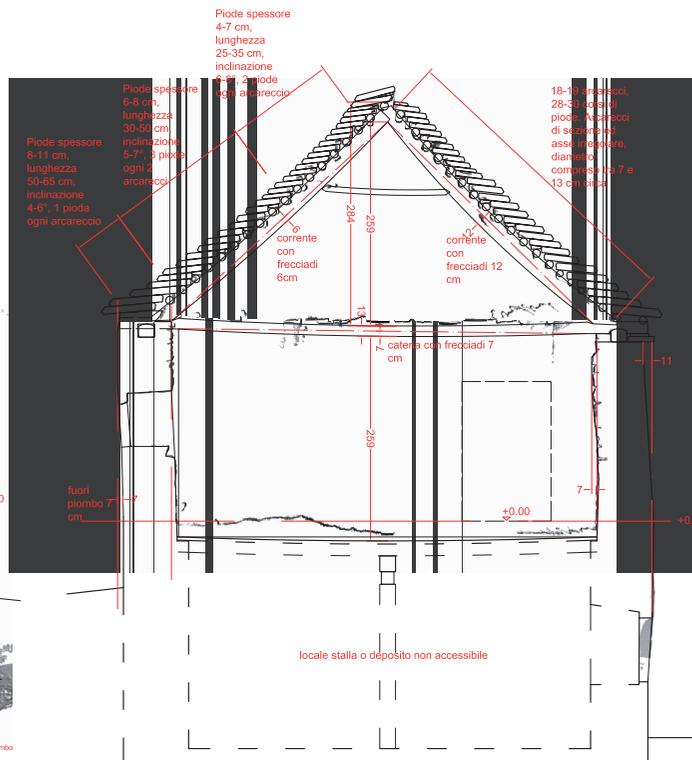
Figg. 2.4-27 e 2.4-28- Pianta della stalla seminterrata (26) e del fienile al piano superiore (27)

Fig. 2.4-29 - Prospetto ovest

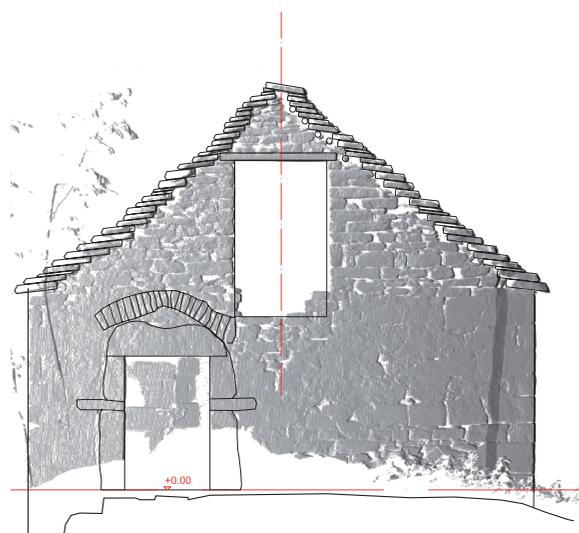
Fig. 2.4-30- sezione trasversale.



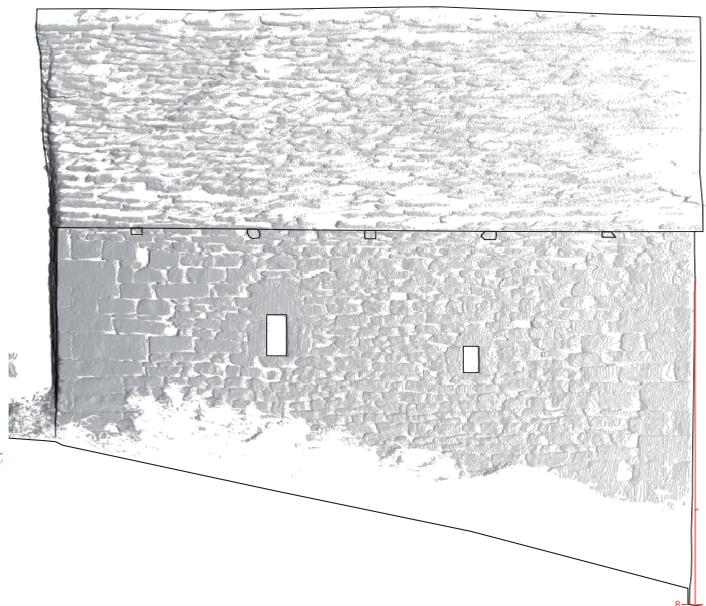
2.4-29



2.4-30



2.4-31



2.4-32

bibliografia cap. 2.4

- BerALDIn J.A., BLAIs F., BOULAnGer P., COUmOYer L., DOMeY J., eL-HAKIM s., GODIn G., r IOUX M., t AYLOr J., *Real world modeling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures*, ISPrs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 55, 4, 2000
- BerALDIn J.A., BLAIs F., COUmOYer L., r IOUX M., Bernler F., HArriSOn n., *Portable digital 3-D imaging system for remote sites*, in Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 5, Institute of electrical and electronics engineers, 1998
- GrUen A., r eMONDInO F., ZHAnG L., *Photogrammetric reconstruction of the great Buddha of Bamiyan, Afghanistan*, the Photogrammetric record, 19, 107, 2001
- BROVeLLI M. A., CInA A., CResPI M., LInGUA A., MAnZInI A., GARrettI L., *Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala, Linee guida*
- GUArnerI A., r eMONDInO F., VettOre A., *Digital photogrammetry and TLS data fusion applied to Cultural Heritage 3D modeling*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information sciences, 36, 5, on CD-rom, 2006
- GUIDI G., r UssO M., BerALDIn J.A., *Acquisizione e modellazione poligonale*, Milano, McGraw-Hill, 2010
- LenSCH H.P.A., GOeseLe M., KAUtZ M., SeIDeL H.P., *A framework for the acquisition, processing, transmission, and interactive display of high quality 3D models on the web*, in tutorial notes for DAGM 2001, München, 2001
- MÜLLer P., WOnKA P., HÄGLer s., ULMer A., VAn GOOL L., *Procedural modeling of buildings*, ACM transactions on Graphics – Proceedings of ACM SIGGrAPH 2006, 2006
- r eMONDInO F., eL-HAKIM s., *Image-based 3D modelling: A review*, Photogrammetric record, 21, 115, 2006
- r eMONDInO F., FrAser C., *Digital camera calibration methods: Considerations and comparisons*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Commission V Symposium, Dresden, 36, 5, 2006
- r UssO M., r eMONDInO F., GUIDI G., *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, Archeologia e Calcolatori 22, 2011
- SOUCY M., LAUrenDeAU D., *A general surface approach to the integration of a set of range views*, Ieee Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 4, 17, 1995
- VerGAU Wen M., VAn GOOL L., *Web-based reconstruction service*, Machine Vision and Applications, 17, 6, 2006

2.5 - PrOPOStA DI sChEDAtUrA Per MAnUFAttI DeL PAtrIMOnIO eDILIZIO DIFFUSO

S ArA FAsAnA , MArCO ZerBInAttI

2.5.1 - *Le schede di prima valutazione: struttura e contenuti*

Ogni azione di valorizzazione e di recupero del patrimonio edilizio diffuso coinvolge un insieme di attori, la cui coralità (in termini di “consapevolezza” e di intenti) è auspicabile ma, generalmente, difficile da conseguire effettivamente; ciò per diversi ordini di motivi (diversa formazione, differente impostazione metodologica, diacronia nello svolgimento del proprio ruolo, per esempio), completamente superabili fra attori capaci di interagire fattivamente. Per questo il “dialogo” e il “trasferimento” della conoscenza possono essere efficacemente supportati dalla disponibilità di strumenti univoci di documentazione, il cui contributo deve essere determinante non solo per lo scopo di allestire una “sterile” documentazione, ma anche, e soprattutto, per favorire il *ri-conoscere* i valori della tradizione e della tipicità e il *riconoscersi* in essi. Si tratta di azioni capaci di ravvivare l’appartenenza a una comune radice identitaria, dalla quale si genera una attitudine alla conservazione dei beni materiali “unificante”. Numerosi sono i progetti di catalogazione, censimento o schedatura proposti o attuati negli ultimi decenni da differenti enti amministrativi, rivolti perciò ad ambiti territoriali differenti per estensione e caratteristiche. Molto spesso tali strumenti sono accomunati dal generale obiettivo di catalogazione estesa dei manufatti di pregio del patrimonio architettonico; tuttavia, con analoga frequenza, i documenti prodotti, per quanto precisi e pregevoli nei contenuti, si sono rivelati a posteriori di difficile consultazione o fruibilità, tanto in relazione alla diffusione della conoscenza quanto in ottica di supporto alle fasi progettuali di interventi di valorizzazione.

Fase preliminare all’elaborazione della schedatura illustrata nel presente Manuale è stata l’analisi a campione dei documenti sopracitati, allo scopo di comprenderne eventuali criticità ed elementi di pregio. Da tale studio, per esempio, è emerso come ciascuno strumento sia stato dotato di un lessico specifico proprio; ciò risulta di ostacolo a un’auspicabile futura azione di coordinamento tra banche dati digitalizzate o di allargamento a una base territoriale più ampia¹.

Sulla base delle criticità emerse, sono stati definiti gli obiettivi generali cui la proposta di scheda illustrata in questo capitolo vorrebbe (ambiziosamente) cercare di rispondere. In primo luogo, lo strumento proposto deve essere *flessibile*. Ogni manufatto del patrimonio edilizio diffuso è unico ed irripetibile: la scheda deve quindi supportare un’interpretazione critica “strutturata”, ma

Nota 2.5 - 1 - Il lessico delle schede dovrebbe inoltre essere molto diretto, avere grande efficacia comunicativa, soprattutto in relazione con la varietà di soggetti coinvolti nella “filiera” della valorizzazione (responsabili e addetti delle pubbliche Amministrazioni, progettisti degli interventi e loro consulenti per aspetti specialistici, impresari e maestranze, utenti, proprietari, ecc.).

anche sapersi adattare a contenuti specifici, diversi caso per caso.

In secondo luogo, lo strumento deve essere fruibile per una molteplicità di utenti, generalmente afferenti a basi culturali tra loro differenti e, nel contempo, contribuire a sensibilizzare maggiormente le persone verso i valori propri della tradizione costruttiva.

Inoltre, lo strumento proposto deve poter efficacemente integrare strumenti precedenti e favorire, attraverso l'adozione di un lessico già in uso, l'allargamento del campo di ricerca. e' in questa prospettiva, per esempio, che la schedatura proposta fa riferimento, per quanto possibile, ai seguenti lessici e terminologie:

- al lessico dell'ICCD, Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione,²

- alla terminologia del Piano territoriale Provinciale,

- alla terminologia del "Censimento Guarini".³

In tal modo esso attinge ad un repertorio consolidato e, attraverso l'adozione di codici univoci e comuni a numerose banche di dati (eventualmente adattati al caso specifico) "leggibile" ed eventualmente replicabile in altri contesti, con modalità *univoche*.

In modo analogo, la scheda proposta adotta un metodo di catalogazione dettagliato e guidato anche per la nomenclatura e per l'archiviazione delle immagini e dei materiali. Ciò dovrebbe consentire una lettura trasversale particolarmente efficace nel caso di organizzazione dei dati su piattaforma *web*.

Ancora, la scheda è stata elaborata per essere non soltanto uno strumento di catalogazione e censimento, ma cercando di proporre una lettura critica del singolo manufatto, per una auspicata e progressiva diffusione di un metodo di indagine e di conoscenza.

Infine, la scheda proposta e gli esempi di compilazione riportati nel capitolo testimoniano come tale strumento sia stato strutturato in due parti, la *Scheda di Identificazione* e la *Scheda di Intervento*, in relazione a tre basilari esigenze:

- 1 - documentare nel medio-lungo termine i manufatti del patrimonio edilizio diffuso, con particolare riferimento a quelli caratterizzati da particolari valori di immagine che contribuiscono a farli universalmente "riconoscere" come manufatti "tipici";

- 2 - supportare la redazione di progetti di recupero coerenti con i criteri di salvaguardia e di valorizzazione condivisi ed esposti nel manuale;

- 3 - verificare la congruenza degli interventi (in corso o conclusi) con tali criteri, favorendo il ritorno ad una continua manutenzione.⁴

Il *cantiere di recupero*, in modo analogo, ma ancor più marcato rispetto a quanto accade nel cantiere edile, dovrebbe rappresentare il luogo del confronto e del dialogo per eccellenza. La scheda di seguito presentata, con contenuti attinenti a differenti edifici, è il risultato di un lungo lavoro di confronto⁵ e della rielaborazione delle prime esperienze applicative sui manufatti del Verbano Cusio Ossola. Lo strumento è sicuramente migliorabile o affinabile; essendo il manuale un *documento aperto*, chi riterrà utile proporre schede su edifici rilevanti o miglioramenti della scheda, attraverso l'Agenzia di Valorizzazione e la piattaforma *web* Alpstone potrà contribuire all'evoluzione di tale strumento.

Nota 2.5 - **2** - L'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione fa parte del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo della repubblica Italiana.

Nota 2.5 - **3** - La Legge regionale 35/95 del Piemonte "*Individuazione, tutela e valorizzazione dei beni culturali architettonici nell'ambito comunale*" si poneva come obiettivo la valorizzazione dei caratteri costruttivi e decorativi con significato culturale, storico, architettonico, ambientale degli edifici e l'acquisizione di informazioni analitiche sul patrimonio edilizio. La legge è rivolta ai Comuni dotati di strumento urbanistico ai sensi della Legge regionale 56/77 e le schede sono state concepite a partire dalla scheda A-Architettura dell'ICCD.

Nota 2.5 - **4** - La scheda prodotta ha il fine di proporsi come strumento attivo, non limitato al solo censimento. La prima fase di documentazione è strumentale a valutare se l'oggetto schedato ha interesse per l'obiettivo di recupero a uso turistico ricettivo o analogo impiego. La seconda parte della scheda serve per testimoniare la coerenza delle proposte di recupero e delle realizzazioni con i presupposti di conservazione e valorizzazione dei caratteri connotanti, anche attraverso la documentazione delle fasi operative di cantiere.

Nota 2.3 - **5** - In particolare la redazione della scheda è stata curata dall'Arch. Marco Zerbini e dall'Arch. Sara Fasana, del gruppo di lavoro del Politecnico di Torino - DiSeG. Alla medesima hanno contribuito: l'Arch. Ing. Elisa Genna, con particolare riferimento alle fasi preliminari di elaborazione di un prototipo di schedatura e alle prime esperienze di applicazione sul campo; l'Arch. Cristina Paglino, coordinatore del Gruppo degli schedatori incaricati dalla Provincia, la cui esperienza ha supportato nel dialogo costruttivo la definizione della veste "definitiva" della scheda; agli stessi tecnici schedatori, Elena Bonardi, Sara Dalla Pozza, Daniele Gubetta, Simone Malandra, Andrea Scotton, al utilizzo *sul campo* si devono le indicazioni per l'affinamento dello strumento.

2.5.1.1 - le schede di prima valutazione: esempi

SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEL MANUFATTO PRIMA VALUTAZIONE

Data e ora ricognizioni: 24 Marzo 2014 - 10:30

A - Lettura del manufatto

Elemento o sub sistema tecnologico	Materiali			Lotta inerte/traspirazione (sugli indicatori consentiti)	Stato di conservazione (sugli indicatori consentiti)			Riferimenti e documenti correlati
	Consistente	di legno	di pietra		Decorato	Parzialmente compromesso	Completamente	
Involucro								
a) struttura portante	X	X	X	X		X		
a) tessitura o tamponamento								
b) aperture		X					X	
c) tamponamento del timpano (in edifici con tetto a due falde)	X		X	Timpano aperto entro test.	X		X	
Tetto								
a) struttura	X	X		X		X		
b) manto	X		X	Bona	X		X	
Elementi esterni								
a) scale	X	X		X		X		
b) loggiate	X	X		X		X		
c) balconi	X			Capotestuccio			X	
d) (altro)								
Partizioni interne								
a) orizzontali	X	X		X		X		
b) verticali	X	X		Partizioni in legno verniciate a vista		X	X	
c) scale	X	X		X		X		
Elementi di arredo-fisso								
a)								
b)								
c)								

B - Anagrafica dei Soggetti coinvolti

Compilatore
 Rif. _____
 Ente _____
 Rif. _____
Proprietario
 Rif. _____

C - Obiettivo della schedatura

<input checked="" type="checkbox"/> Censimento	<input type="checkbox"/> Inserimento in elenchi/area tematiche
<input type="checkbox"/> Recupero parziale/totale	<input type="checkbox"/> Valutazione di interesse culturale
<input type="checkbox"/> Richiesta di consulenza	<input type="checkbox"/> Inserimento in cartografie tematiche
<input type="checkbox"/> Valutazione condizioni statiche	<input type="checkbox"/> Valutazione per accesso a finanziamento

VALUTAZIONE
(COMPIUTA A CURA DELL'UFFICIO RICEVENTE)

Interesse

<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo

Livello di coerenza (con l'obiettivo)

<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo

NOTE: _____
 Data _____ Il Funzionario _____

IT_01_VB_D133_POLITO_01

INFORMAZIONI

INTELLIGIBILITÀ: _____
 ACCESSIBILITÀ: _____
 VISIBILITÀ: _____
 IDENTIFICABILITÀ: _____

MAPPA



Estremità cartografica

FOTO



Foto del manufatto - 06/2013

ALLEGATI

- Scheda di intervento
- Relazione di progetto
- Relazione di intervento
- Altro (vedi campo commenti)



Foto del manufatto - 06/2013

Rif. Scheda di intervento

SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEL MANUFATTO PRIMA VALUTAZIONE

IT_01_VB_F010_03

Data di compilazione: 01/08/2012 15:30

A - Lettura del manufatto

Elemento e sub sistema iconologico	Materiali			Letture interpretazioni (sugli elementi costituenti)			Stato di conservazione (sugli elementi costituenti)			Riferimenti e documenti correlati
	Composito di legno	di pietra	altrove/altre	Originaria	Di epoca sud; coesistente	Di epoca sud; non coerente	Di epoca	Parzialmente compromesso	Compromesso	
Involucro										
a) struttura portante		X		X			X			
a) lesatura o tamponamento			pietra e vista	X			X			
b) aperture	X		Archi/trave legno				X			
c) tamponamento del (impiano (in edifici con tetto a due falde)	X	X	Adossata in cemento. Si inserisce una lamina di ferro	X			X			
Tetto										
a) struttura		X	Capriata	X			X			
b) manto		X	Piعة tradizionale	X			X			
Elementi esterni										
a) scale		X	Solo riccio	X					X	
b) loggiate										
c) balconi										
d) (altro) Cortina esterna	X	X	Tetto a rastoni	X			X			
Partizioni interne										
a) orizzontali		X		X			X			
b) verticali										
c) scale										
Elementi di arredo fisso										
a)										
b)										
c)										

B - Anagrafica del Soggetti coinvolti

Compilatore
 RI: _____
 Ente: _____
 RI: _____

Proprietario
 RI: _____
 Proprietario: _____
 RI: _____

C - Obiettivo della schedatura

<input checked="" type="checkbox"/> Censimento	<input type="checkbox"/> Inserimento in elenchi/aree normative
<input type="checkbox"/> Recupero parziale/totale	<input type="checkbox"/> Valutazione di interesse culturale
<input type="checkbox"/> Richiesta di consulenza	<input type="checkbox"/> Inserimento in cartografie tematiche
<input type="checkbox"/> Valutazione condizioni statiche	<input type="checkbox"/> Valutazione per accesso a finanziamento

VALUTAZIONE
(COMPIAZIONE A CURA DELL'UTILEGGIO RIGERENTE)

Interesse

<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso	<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso	<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nulla	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nulla

Livello di coerenza (con l'obiettivo)

NOTE: _____

Data: _____ Il Funzionario: _____

INFORMAZIONI

Località: Cazzola

Comune: Cazzola

Indirizzo: Via Cazzola

Altitudine: _____

Coordinate: _____

Descrizione: _____

Stato di conservazione: _____

Altre note: _____

A Cazzola

Esatto cartografico (fuori scala)

Foto dell'architetto - 08/2012

Descrizione: _____

Stato di conservazione: _____

Altre note: _____

Rif. Scheda di intervento



Programma di cooperazione transfrontaliera Italia Svizzera 2007-2013
Valorizzazione dell'architettura tradizionale, tutela del paesaggio antropico e del costruito (ID 27462783)

SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEL MANUFATTO
PRIMA VALUTAZIONE

Data e ora ricognizione 07/07/2013 11:00

TIPO
I
TSK
09
NCT.

ID. DELLA SCHEDA
IT_01_VB_D177_

A - Lettura del manufatto

Elemento o sub sistema tecnologico	Materiali			Lettura Interpretazione degli elementi connotanti			Stato di conservazione degli elementi connotanti			Riferimenti a documenti correlati
	Connotante di legno	di pietra	altro/note	Originario	Di epoca succ. coerente	Di epoca succ. non coerente	Ottimale	Parzialmente compromesso	Compromesso	
Involucro										
a) struttura portante		X		X			X			
a) tessitura o tamponamento			Intonaco	X				X		
b) aperture			Davanz. Pietra e Contorno dipinto	X			X			
c) tamponamento del timpano (in edifici con tetto a due falde)	X		In entrambi i cammini centrale e due finestre	X			X			
Tetto										
a) struttura		X	Capriata	X			X			
b) manto		X	Piade tradizionali	X			X			
Elementi esterni										
a) scale	X	X	Parap. ferro bat.	X				X		
b) loggiati										
c) balconi										
d) (altro) Corpi esterni lato nord e est.		X	Pietra a vista	X				X		
Partizioni interne										
a) orizzontali										
b) verticali										
c) scale										
Elementi di arredo fisso										
a)										
b)										
c)										

B - Anagrafica dei Soggetti coinvolti

Compilatore
cognome _____ nome _____ Tel. _____

Rif. _____

Ente
Indirizzo _____ e-mail _____

Rif. _____ Tel. _____

Proprietario
Indirizzo _____ e-mail _____

cognome _____ nome _____ Tel. _____

Rif. _____ Indirizzo _____ e-mail _____

C - Obiettivo della schedatura

<input type="checkbox"/> Censimento	<input type="checkbox"/> Inserimento in elenchi/aree normative
<input type="checkbox"/> Recupero parziale/totale	<input type="checkbox"/> Valutazione di interesse culturale
<input type="checkbox"/> Richiesta di consulenza	<input type="checkbox"/> Inserimento in cartografie tematiche
<input type="checkbox"/> Valutazione condizioni statiche	<input type="checkbox"/> Valutazione per accesso a finanziamento

VALUTAZIONE
(COMPILAZIONE A CURA DELL'UFFICIO RICEVENTE)

Interesse		Livello di coerenza (con l'obiettivo)	
<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso	<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso	<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo

NOTE: _____

Data _____ Il Funzionario _____

LOCALIZZAZIONE
(VB)
COMUNE DI CRODO
Borgata/Frazione QUATEGNO
Indirizzo _____

TIPO
A Edificio civile
OGDT Descrizione _____
Isolato
RLC Relazione con il contesto _____

Montano
UBA Ambito _____



Inquadramento territoriale e normativo

Identificazione Catastale
F. n. _____ sub _____

VINCOLI CTS
Edificio Zona

Presenza Vincolo _____ Cl.ne strumento urbanistico _____

Altro _____



Classificazione funzionale

Abitazione
CLFA Attuale _____

CLFP Potenziale _____

Accessibilità

Area interdotta al traffico

Strada interpodereale

Percorso non carrozzabile

Strada urbana carrabile



SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEL MANUFATTO

PRIMA VALUTAZIONE

Data e ora registrazione: 23/04/2014 15:00

IT_01_VB_B380 18

A - Lettura del manufatto

Elemento o sub sistema tecnologico	Materiali			Lettura Interpretazione degli elementi (caratteristiche)			Stato di conservazione			Riferimenti
	Consolidante di legno	di pietra	altrovantile	Origine	Di epoca aut. coerente	Di epoca aut. non coerente	Originale	Parzialmente compromesso	Completamente	Scheda di dettaglio (Indirizzo, Pendenza, etc.)
Involucro										
a) struttura portante		X		X			X			
a) tessitura o tamponamento		X	Infonco	X				X		
b) aperture		X	Capitoni (pilaio Solet)	X			X			
c) tamponamento del timpano (in edifici con tetto a due falde)		X	Finestra in centro	X			X			
Tetto										
a) struttura	X		capitoni	X			X			
b) manico		X	Pinole tradizionali	X			X			
Elementi esterni										
a) scale	X	X	Ref. arco rampante	X				X		
b) foggiali	X	X	Ad arco a vista	X			X			
c) balconi										
d) (altro) Albero di accesso al tetto	X	X	A due tetti	X			X			
Partizioni interne										
a) orizzontali										
b) verticali										
c) scale										
Elementi di arredo fisso										
a)										
b)										
c)										
<input checked="" type="checkbox"/> Consenso	<input type="checkbox"/> Inserimento in elenchi/aree normative									
<input type="checkbox"/> Recupero parziale/totale	<input type="checkbox"/> Valutazione di interesse culturale									
<input type="checkbox"/> Richiesta di consulenza	<input type="checkbox"/> Inserimento in cartografie tematiche									
<input type="checkbox"/> Valutazione condizioni statiche	<input type="checkbox"/> Valutazione per accesso a finanziamento									
Interesse		Livello di coerenza (con l'obiettivo)								
<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso	<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso							
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso	<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso							
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo							

SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEL MANUFATTO
PRIMA VALUTAZIONE

Data e ora ricognizione: 29/04/2014 16:00

ID DELLA SCHEDA: IT_01_VB_H777_24

A - Lettura del manufatto

Elemento o sub sistema tecnologico	Materiali			Lettura interpretazione degli elementi rilevanti			Stato di conservazione degli elementi rilevanti			Riferimenti a documenti correlati
	Completato	di legno	di pietra	Originario	Di epoca succ. epistolare	Di epoca succ. non epistolare	Conservato	Parzialmente con presenza	Completamente	
Involucro										
a) struttura portante			X	X				X		
b) finitura o tamponamento					X				X	
c) tamponamento del timpano (in edifici con tetto a due falde)			X							
Tetto										
a) struttura	X			X						X
b) manto		X		X						X
Elementi esterni										
a) scale		X		X	X	X				
b) loggiate										
c) balconi										
d) (altre): Tetto per aperture finestre	X			X				X		
Partizioni interne										
a) orizzontali	X			X						X
b) verticali										
c) scale										
Elementi di arredo fisso										
a)										
b)										
c)										

B - Anagrafica dei Soggetti coinvolti

Compilatore: _____

Ri: _____

Ente: _____

Ri: _____

Proprietario: _____

Ri: _____

C - Obiettivo della schedatura

<input checked="" type="checkbox"/> Censimento	<input type="checkbox"/> Inserimento in elenchi/aree normative
<input type="checkbox"/> Recupero parziale/totale	<input type="checkbox"/> Valutazione di interesse culturale
<input type="checkbox"/> Richiesta di consulenza	<input type="checkbox"/> Inserimento in cartografie tematiche
<input type="checkbox"/> Valutazione condizioni statiche	<input type="checkbox"/> Valutazione per accesso a finanziamento

VALUTAZIONE
(COMPIAZIONE A CURA DELL'INTERESSATO)

Interesse		Livello di coerenza (con l'obiettivo)	
<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso	<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso	<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nulla	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nulla

NOTE: _____

Data: _____ Il Funzionario: _____

Estratto cartografico (fuori scala)

Foto del manufatto 04/2014

Rif. Scheda di intervento

SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEL MANUFATTO PRIMA VALUTAZIONE

Data e ora di compilazione: 29/04/2014 16:00

IT_01_VB_C567 28

A - Lettura del manufatto

Elemento o sott-sistema tecnologico	Materiali			Lettura Interpretazione (sugli elementi rilevanti)			Stato di conservazione (sugli elementi rilevanti)			Rilievi e interventi
	Composito	di legno	di pietra	Decorativo	Di specie	Di specie	Di specie	Di specie	Di specie	
Involucro										
a) struttura portante		X		X			X			
a) infissi o tamponamento		X		X	X		X	X		
b) aperture		X		X			X			
c) tamponamento del l'impianto (in edifici con tetto a due falde)		X		X			X			
Tetto										
a) struttura	X			X			X			
b) manto						X	X			
Elementi esterni										
a) scale		X		X			X			
b) loggiate	X	X		X			X			
c) balconi	X	X		X			X			
d) (altro) Decorazione esterna				X			X			
Partigiani interni										
a) orizzontali										
b) verticali										
c) scale										
Elementi di arredo fisso										
a)										
b)										
c)										

B - Anagrafica dei Soggetti coinvolti

Compilatore: _____

Ri. _____

Ente: _____

Ri. _____

Proprietario: _____

Ri. _____

C - Obiettivo della schedatura

<input checked="" type="checkbox"/> Censimento	<input type="checkbox"/> Inserimento in elenchi/aree normative
<input type="checkbox"/> Recupero parziale/totale	<input type="checkbox"/> Valutazione di interesse culturale
<input type="checkbox"/> Richieste di consulenza	<input type="checkbox"/> Inserimento in cartografie tematiche
<input type="checkbox"/> Valutazione condizioni statiche	<input type="checkbox"/> Valutazione per accesso a finanziamenti

VALUTAZIONE
COMPIUTA A CURA DELL'UFFICIO RILEVANTE

Livello di coerenza (con l'obiettivo)

<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso	<input type="checkbox"/> Elevato	<input type="checkbox"/> Basso
<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso	<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Scarso
<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Nullo

NOTE: _____

Data: _____ Il Funzionario: _____



Estratto cartografico
(fuori scala)



Foto del manufatto: 14/2014



Foto del manufatto: 04/2014

Rif. Scheda di intervento

2.5.2 - *Le schede di intervento*

La scheda di intervento ha una struttura decisamente meno rigida della scheda proposta per le fasi di catalogazione, poiché deve permettere di documentare interventi edilizi ritenuti significativi anche molto diversi tra loro. Di conseguenza, considerata la variabilità dei manufatti presi in esame (dagli edifici, alle infrastrutture, agli elementi di corredo negli ambienti edificati) porre limiti troppo rigidi comporterebbe oggettive difficoltà di compilazione e una perdita di informazioni.

tuttavia, questa scheda ha anche la funzione di collegare i dati dell'intervento eseguito ai contenuti della scheda di prima valutazione, eventualmente compilata in una fase di catalogazione antecedente: per questo, essa ne riporta il codice di riferimento, oltre ai dati censuari dell'edificio o, in generale, del manufatto.

La continuità nell'organizzazione delle informazioni è ricercata e favorita innanzitutto per permettere di documentare le trasformazioni più rilevanti sugli edifici. Poi, è rilevante sottolineare che un uso appropriato di tale strumento (di per sé, certamente migliorabile e ampliabile) permette anche:

- la documentazione di esempi positivi di manutenzione, recupero, riuso atti a costituire valido riferimento per successivi interventi,

- la raccolta di soluzioni tecniche, formali e di applicazione di materiali potenzialmente utili per situazioni analoghe (fatto salvo il principio che ogni progettazione deve essere specificamente concepita per ogni singolo caso),

- il controllo sulla qualità degli interventi da parte dell'organismo allo scopo preposto (ancora da individuare), in seno alle attività di recupero dei rustici per usi ricettivi e turistici, riconducibili alle iniziative dell'Agenzia di Valorizzazione ed eventualmente beneficiari di contributi finanziari pubblici⁶. Inoltre, ipotizzando visiano inseriti chiari riferimenti a strumenti urbanistici vigenti, la scheda propone indirettamente l'uso di un lessico univoco, con particolare riferimento ai tipi di intervento e ai loro contenuti (per esempio, in relazione alla denominazione dei progetti di intervento)⁷.

I contenuti dovranno essere esaustivi, pur con estrema sintesi, sia per la descrizione generale dell'edificio, sia per i vincoli ambientali e normativi che per i tratti salienti dell'intervento; il compilatore, in particolare, è chiamato a mettere in evidenza le operazioni atte a salvaguardare, conservare e valorizzare gli elementi caratterizzanti, le scelte progettuali inerenti aspetti critici per la necessità di contemperare le esigenze funzionali correnti con la conservazione. Allo scopo, è utile l'inserimento nella scheda di un repertorio di fotografie sufficientemente vasto da ben documentare per immagini anche le fasi di esecuzione, accompagnate da descrizione puntuale delle fasi stesse.

Si caldeggia anche l'inserimento della documentazione grafica tecnica: i particolari tecnologici possono essere molto utili per l'allestimento di un repertorio di soluzioni vantaggioso per coloro i quali operano nel campo del recupero.

Nota 2.3.6 - L'Agenzia di Valorizzazione allestita dal G.A.L. Laghi e Monti dovrà fornire il supporto necessario ai privati per indirizzare domande o procedure finalizzate al recupero dei rustici. In tale contesto, se degli interventi potranno beneficiare di finanziamenti (regionali o comunitari, per esempio) o di detrazioni fiscali e incentivi (detrazioni a livello comunale, oppure incentivi di carattere urbanistico - cfr. Cap. 5), gli interventi stessi dovranno essere approfonditamente documentati al fine di comprovarne l'effettiva validità, per giustificare i benefici ottenuti.

Nota 2.3.7 - In particolare, la scheda di intervento dovrà descrivere lo stato di conservazione dell'edificio, con riferimento agli elementi connotanti sinteticamente individuati nella scheda di prima valutazione.

Nota 2.3.8 - (tale repertorio, nel tempo dovrebbe divenire accessibile a tutti gli operatori di settore accreditati sul sito Alpstone o dell'Agenzia di Valorizzazione).

2.5.3 - Le schede di intervento: esempi

2.5.3.1. Recupero di edificio di civile abitazione nel centro storico di craveggia

a) - descrizione generale:

edificio - edificio in muratura portante di pietra intonacata e tetto a falde con struttura lignea a vista; manto di copertura in beole tradizionali. situato nel nucleo urbano antico del centro storico di Craveggia, inserito in una cortina edilizia continua, presenta due facciate libere (nord-sud); è distribuito su cinque livelli, due seminterrati con affaccio a sud e tre fuori-terra con duplice affaccio;

vincoli - prescrizioni (PrGC - Centro storico) per l'uso di materiali coerenti con la tradizione;

intervento - intervento di recupero con recupero ai fini abitativi degli spazi di sottotetto (attualmente aperto), senza cambio di destinazione d'uso (residenziale).

b) - Elementi connotanti l'immagine dell'edificio e loro stato di conservazione:

tetto - originario con manto di beole e struttura lignea in buono stato di conservazione;

timpano aperto (sud);

partizioni interne orizzontali lignee - originarie e in buono stato di conservazione.



2.5-1

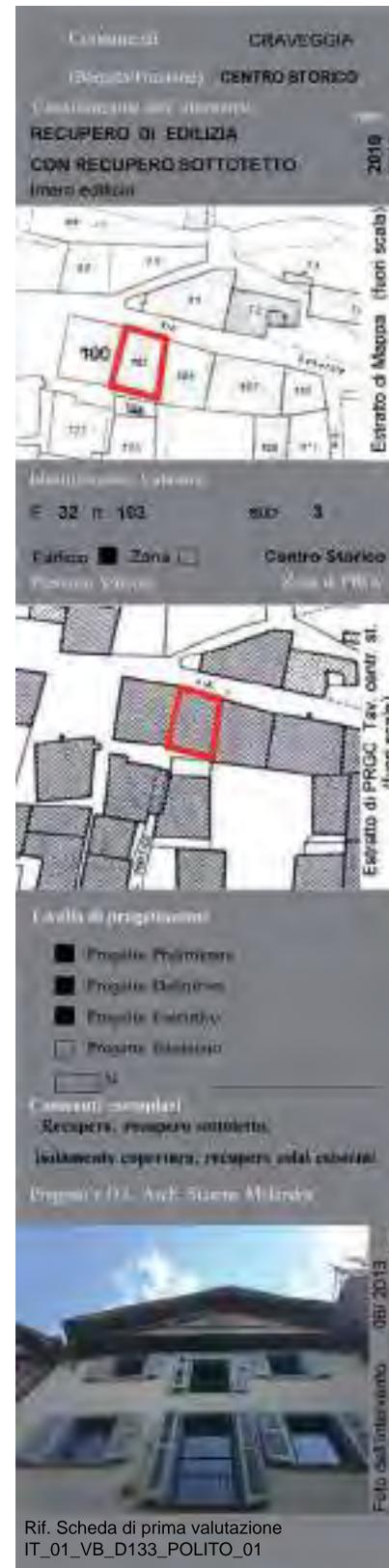
c) - Elementi peculiari dell'intervento:

criticità: distribuzione interna originaria compromessa da tramezzature di epoca successiva (anni '50-'60) con limitata fruibilità di tutti i piani; rispetto delle vigenti norme in materia igienico-edilizia; realizzazione di nuovo collegamento verticale per la fruizione del futuro sottotetto abitabile; obsolescenza e inadeguatezza degli impianti esistenti (elettrico, idrico sanitario, termico).

Obiettivi/esigenze: soddisfacimento (in generale) dei nuovi requisiti funzionali (benessere termico), soddisfacimento delle esigenze espresse dalla committenza (spazi "ariosi"); chiusura dello spazio aperto coperto di sottotetto mantenendo l'immagine tipica del prospetto di frontone; realizzazione delle dotazioni impiantistiche mantenendo l'immagine delle partizioni orizzontali lignee; realizzazione di nuovo collegamento verticale per l'accessibilità e il collegamento al sottotetto recuperato.

d) - scelte e soluzioni progettuali:

- arretramento rispetto al filo della facciata (due campate) della nuo-





2.5-2

Fig. 2.5-2 - Isolamento della falda del tetto.

Fig. 2.5-3 - a) e b) elaborati di progetto degli elementi di rinforzo (in verde) dei solai esistenti (orditura in rosso); c) dettaglio dei passaggi impiantistici e, in primo piano, travi in acciaio per il rinforzo dei pavimenti lignei.

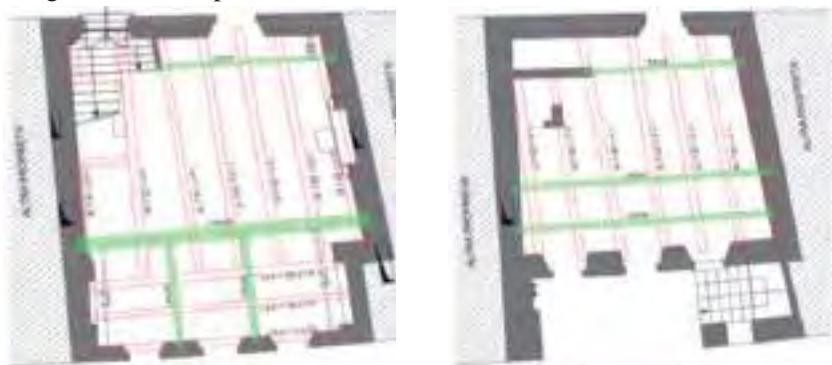
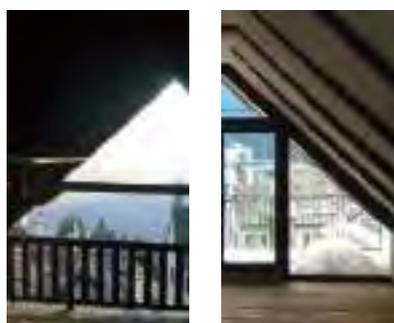


Fig. 2.5-4 - Vista dal sottotetto verso sud, a) prima e b) dopo l'intervento (a seguito della rimozione della trave di rinforzo).



2.5-4 a)

2.5-4 b)

va vetrata (ad elevate prestazioni termiche) per la chiusura del frontone;
 - realizzazione della pavimentazione della nuova loggia esterna mantenendo la struttura lignea portante e il tavolato esistenti (porzione a vista dall'esterno del fronte) con l'aggiunta degli strati funzionali necessari per garantire un idoneo comportamento rispetto agli spazi interni del piano inferiore;

- realizzazione di isolamento della copertura dall'interno (con materiali ad alte prestazioni allo scopo di contenere lo spessore totale del "pacchetto"), senza la rimozione (solo manutenzione) del manto di copertura esistente; i nuovi strati funzionali sono stati interposti ai puntoni, installando in prossimità dell'attacco a terra dei medesimi opportune botole per l'ispezionabilità dell'intercapedine (verifica periodica della presenza di infiltrazioni);

- mantenimento della struttura originale dei solai esistenti con integrazione puntuale di rinforzi strutturali in acciaio (rilievo e diagnosi accurati della struttura esistente) all'intradosso; recupero (anche mediante rimozione di strati non coerenti aggiunti in epoche successive) e locale integrazione delle pavimentazioni esistenti.



2.5-3

c)

e) - Eventuali adattamenti di soluzioni in corso d'opera

- studio di una soluzione tecnica per eliminare l'impedimento visivo costituito da una vecchia trave orizzontale (Fig. 2.5-X, a), posata negli anni '90 "ad altezza sguardo" allo scopo di contrastare l'evidente flessione di uno dei puntoni della capriata lato sud: il nuovo parapetto è realizzato con due profilati scatolari orizzontali a sezione maggiorata, i quali, lavorando efficacemente a compressione contribuiscono alla riduzione della freccia; con ciò è stato possibile rimuovere la vecchia trave (Fig. 2.5-X, b) creando continuità visiva tra interno ed esterno.

2.5.3.2 - Recupero di edificio a destinazione turistico ricettiva

a) - descrizione generale:

edificio - baita (18 m x 6 m circa) con struttura di due piani fuori terra costruita nel XIX secolo e trasformata in bar nel XX secolo.

Parti originali (degradate): muratura di pietra e tetto di piode con struttura portante a puntoni e tiranti di legno.

Alterazioni della II metà del '900: terrazzo esposto a sud, corpi laterali a est e ovest, intonaco rustico a base cementizia, realizzazione di aperture di grandi dimensioni.

Ubicato nel Parco dell'Alpe Devero, nel Comune di Baceno.

vincoli - Prescrizioni del Piano Paesistico: tutta l'area è gravata da vincolo idrogeologico. Normativa generale igienico-sanitaria, per il contenimento dei consumi energetici, per la progettazione degli impianti; norme specifiche del settore turistico-ricettivo; norma antisismica (zona classificata 3S).

intervento - Intervento di manutenzione straordinaria con cambio di destinazione d'uso (da bar a casa e appartamenti per vacanze).

b) - Elementi connotanti l'immagine dell'edificio e loro stato di conservazione:

muratura di pietra - in buono stato di conservazione, ma coperta da un intonaco rustico a base di cemento.

tetto - tetto di piode in stato avanzato di degrado con capriate semplici di larice a puntone e tirante.

aperture - aperture originali alterate.

In generale, l'edificio presenta una struttura tradizionale parzialmente alterata; le parti originali sono degradate a causa dello stato di abbandono e della mancanza di manutenzione.



2.5-5 - Edificio prima del recupero

c) Elementi peculiari dell'intervento:

criticità: Immagine dell'edificio compromessa dai volumi edificati nel XX secolo e dalle aperture di grandi dimensioni. Finitura originale della muratura di pietra coperta dall'intonaco cementizio del secondo dopoguerra. struttura non impermeabilizzata. Lato dell'ingresso esposto alle intemperie. Edificio in zona sismica 3S.

Obiettivi/esigenze: recupero dell'edificio secondo la tradizione architettonica locale, con cambio di destinazione d'uso; soddisfacimento degli standard qualitativi attuali (comfort termico, risparmio energetico, requisiti antisismici); soddisfacimento delle esigenze espresse dalla committenza: realizzazione di una struttura d'atmosfera, rispettosa dell'ambiente, funzionale e facile da gestire, con poca manutenzione; soddisfacimento delle priorità fissate dal Piano Paesistico: conservazio-

Comune di **BACENO**

(Via della Vittoria) **ALPE DEVERO**

Classificazione dell'intervento:
MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Intero edificio

Struttura dell'edificio

Estratto di Mappa (fuori scala)

Identificazione Intervento:

F. 1 n. 321

Edifici | Zona

Provincia Verbano-Cusso-Ossola | Zona II (BAC) (interventi)

Tetto II D.10 442/2004 | 442/04

Area Contorno Parco Alpe Devero | 442/04

Veglia Giovanile Parco |

Partecipazione della Regione |

Sottopiano dell'Alpe |

Titolo di approvazione: |

Dal Gen. 2010 al |

Reg. n. 111-112 del |

24.02.2010

Elenco di progettazione:

Demolizione

Demolizione

Demolizione

Demolizione

... (compilare)

Contenuto espositivo: (per chi chiama)

Disponibilità (materiali, strutture):

Progetto di: (vedi Contorno Paesistico)

Intervento: (vedi Contorno Paesistico) - Gruppo (VII)

Coordinamento: (vedi Contorno Paesistico) - Gruppo (VII)

Foto dell'intervento: 07/2012

Rif. Scheda di intervento



2.5-6 a)



2.5-6 b)

Fig. 2.5-6 a) e b) - Aperture di legno dell'edificio, realizzate secondo la tradizione architettonica locale.

Fig. 2.5-7 - timpano di legno con parapetto.

Fig. 2.5-8 - realizzazione dell'intercapedine per la ventilazione del vespaio.



2.5-7



2.5-8

ne delle caratteristiche peculiari dell'area.

d) - scelte e soluzioni progettuali:

- Demolizione delle alterazioni costruite nel XX secolo: terrazzo, corpi aggiunti a est e ovest, canne fumarie, solaio interno;
- recupero dei volumi interni secondo uno schema già presente nella tradizione locale. Nuova destinazione d'uso: casa e appartamenti per vacanze con cinque alloggi di diverse metrature, ufficio e lavanderia.
- Piccola intercapedine con orientamento est-ovest in grado di dare ventilazione continua al vespaio e di staccarlo dal terreno (Fig. 2.5-7); drenaggio realizzato con tubo microforato;
- rifacimento del tetto e recupero del sottotetto: copertura di *piode* o *beole* di spessore elevato (5-7 cm), poste in opera su capriate semplici di larice a puntone e tirante. Copertura isolata e ventilata, in cui il pacchetto di coibentazione è interposto fra i puntoni. Le falde del tetto sono prolungate per coprire i piccoli corpi laterali sia a est sia a ovest;
- Coibentazione del solaio del piano terreno;
- trattamento della muratura di pietra con intonaco a base di calce idraulica naturale e sabbie scelte, in modo da riprendere la finitura originale;
- realizzazione di un timpano di legno in aggetto rispetto alla facciata per fornire luce e aria e per proteggere il lato dell'ingresso dalle intemperie (Fig. 2.5-8);
- ripristino delle aperture originali e creazione di nuove aperture (Fig. 2.5-6 a, b). Le porte devono essere tali da garantire funzionalità e coerenza di forme sia quando sono chiuse sia quando sono aperte. Le finestre sono dimensionate secondo le misure ricorrenti (max.60x60 cm) e realizzate abbinando varianti dello stesso elemento costruttivo, in coerenza con la tradizione architettonica locale;
- Utilizzo di materiali di recupero per la realizzazione di gradini di pietra, parapetti di legno, balconi con mensole e lastre di pietra.

2.5.3.3. recupero di un lavatoio in disuso con la copertura parzialmente compromessa

a) - descrizione generale:

edificio - edificio in muratura portante di pietra intonacata a calce, tetto a due falde con struttura lignea a vista (esili capriate) e manto in lamiera ondulata inchiodata. Ubicato ai margini del centro abitato della frazione di Buttogno nel Comune di Santa Maria Maggiore; l'edificio è di proprietà comunale (tradizionalmente a servizio della popolazione, attualmente è in disuso).



2.5-9

vincoli - edificio sottoposto a vincolo ai sensi degli artt. 10 e 142 comma 1/c del D. Lgs n. 42/2004; zona di P.r.G. "area a servizi esistenti";

intervento - intervento di recupero coerente con i caratteri costruttivi tipici della tradizione architettonica valligiana, con ripristino del manto di copertura in lastre di pietra.

b) Elementi connotanti l'immagine dell'edificio e loro stato di conservazione:

tetto originariamente con manto manto di beole, prima dell'intervento presentava gli elementi della struttura lignea in pessime condizioni e il manto in lastre di lamiera, arrugginite, completamente estranee all'architettura locale (intervento di sostituzione realizzato negli anni '70 per pericolo di crollo della copertura originaria);

muratura di pietra - in buono stato di conservazione;

pavimentazione interna e vasche di pietra - originarie e in buono stato di conservazione.

In generale, il cattivo stato di conservazione è conseguenza di una mancata manutenzione programmata.

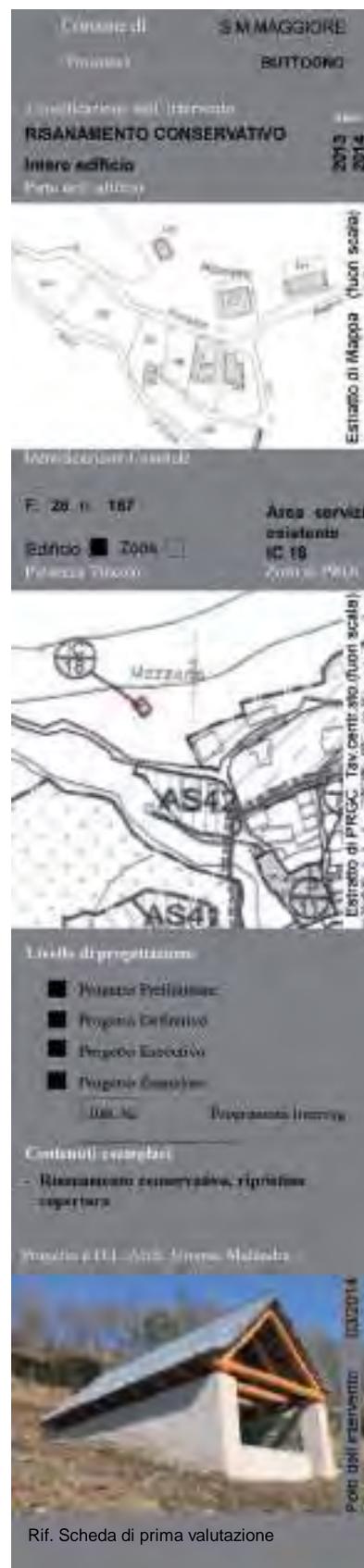
c) - Elementi peculiari dell'intervento:

criticità: morfologia del terreno circostante, in particolare quota del fronte nord pressochè equivalente alla quota di gronda; estraneità del manto di copertura; necessità di manutenzione e sistemazione del verde circostante per prevenire eventuali problemi statici causati dalle radici (spinta orizzontale con disconnessione degli elementi lapidei costituenti il paramento originario).

Obiettivi/esigenze: recupero del manufatto e degli elementi di contorno.

d) - scelte e soluzioni progettuali:

- in generale, la realizzazione dell'intervento di recupero è stata possibile grazie all'aiuto di un programma Interreg: questo prevede la rifun-





2.5-10



2.5-11

Fig. 2.5-9 - Il lavatoio prima dell'intervento.

Fig. 2.5-10 - La copertura prima dell'intervento: elementi della struttura lignea compromessi e manto di copertura realizzato con lastre di lamiera ondulata arrugginite.

Fig. 2.5-11 - Le vasche interne prima dell'intervento.

Fig. 2.5-12 - Vista esterna della nuova copertura.

Fig. 2.5-13 - Vista del frontone aperto orientato verso sud.

Fig. 2.5-14 - Pianta (a) e sezione (b) del lavatoio prima dell'intervento.

zionalizzazione dell'edificio e il suo inserimento in una rete di analoghi manufatti rifunzionalizzati per eventi culturali, artistici ed educativi;

- per il recupero degli elementi connotanti l'immagine originale dell'edificio, il progetto ha previsto la rimozione del manto in lamiera e la realizzazione di nuovo manto di beole, posate con tecnica tradizionale; la struttura in legno è stata interamente sostituita con nuova travatura di larice (comprese le catene) e *tempiare*, anch'esse di larice;

- per la prevenzione del degrado delle parti basse dell'edificio a contatto con il terreno (e della struttura lignea del fronte nord), è stata prevista la regolarizzazione della pendenza del terreno circostante e la formazione di uno strato superficiale utile ad aumentare la capacità drenante del terreno (strato drenante di pietrame di varie dimensioni per la parte a diretto contatto con la struttura);

- per il recupero della muratura, l'intervento ha previsto: a) la ripulitura della stessa (anche liberandola dalle parti di intonaco in fase di distacco e dai rappezi di malta cementizia di recente realizzazione) e b) la realizzazione di nuovo intonaco a calce;

- per il recupero della pavimentazione interna, l'intervento ha previsto il ripristino del disegno originario (con riutilizzo delle beole esistenti);

- per la conservazione delle vasche e degli inginocchiatoi di pietra, l'intervento ha previsto il riposizionamento e la sigillatura degli elementi esistenti.

e) - Eventuali adattamenti di soluzioni in corso d'opera

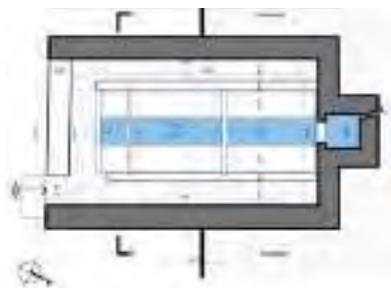
- per esigenze di conservazione dell'immagine della struttura lignea, con riferimento ad una esplicita prescrizione dei funzionari della soprintendenza, le travi di larice utilizzate per la struttura del tetto sono *sbozzate all'ascia*, anzichè a *facce lisce* (come inizialmente previsto per esigenze di contenimento dei costi di intervento).



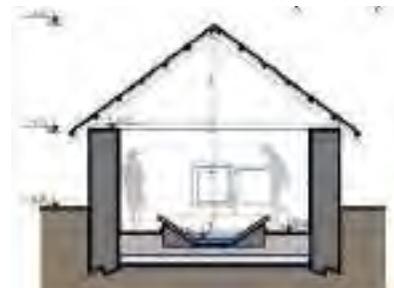
2.5-12



2.5-13



2.5-14 a)



2.5-14 b)

2.5.3.4 - Intervento di risanamento della muratura su edificio di culto a prestinone

a) - descrizione generale:

edificio - edificio in muratura portante di pietra intonacata e manto di copertura di beole tradizionali. La chiesa di san Gottardo e sant'Anna a Prestinone, frazione del Comune di Craveggia (VB) è ubicata nel pieno centro storico dell'abitato, a circa 820 m di altitudine s.l.m.;

vincoli - ammessi interventi di restauro e risanamento conservativo (N.T.A. del P.R.G.); edificio vincolato ai sensi degli Artt. 21 e 22 del D. Lgs 42/2004;

intervento - intervento di risanamento delle pareti perimetrali esterne e rifacimento dell'intonaco a calce.

b) - Elementi connotanti l'immagine dell'edificio

- **tetto** - originario con manto di beole e struttura lignea in buono stato di conservazione;

- basamento esterno in intonaco, in evidente stato di degrado;

- **rivestimento delle parti basse dell'edificio** (interno) con grandi lastre di pietra.

c) - Elementi peculiari dell'intervento:

criticità: L'edificio presentava alcune problematiche ed evidenti segni di degrado, in particolare:

- gran parte delle lattonerie in pessimo stato di conservazione;

- la zoccolatura interna sino ad una quota media di 1,50 m mostrava varie porzioni di intonaco in fase di distacco con compromissione dei decori (le cause sono da ricercarsi nell'errata scelta del materiale di finitura, non traspirante, con cui negli interventi precedenti si è scelto di decorare e tinggiare le pareti e alla concomitante presenza di umidità di risalita e laterale);

- l'intonaco del basamento esterno era degradato a causa dell'umidità di risalita capillare e laterale (in particolare in corrispondenza dell'abside la quota della pavimentazione esterna risulta superiore a quella di calpestio interna);

- le pareti esterne presentavano rappezzi di intonaco a cemento.

d) - scelte e soluzioni progettuali: opere esterne.

- drenaggio perimetrale con rimozione della pavimentazione, scavo a sezione obbligata, posa di stuoia e tubo drenante, posa di ghiaia a pezzatura variabile e successivo ripristino della pavimentazione recuperata (porzioni in pietra a mosaico, porzioni in acciottolato e porzioni in cubetti di porfido);

- posa di collettori suborizzontali e di pozzetti di ispezione per il collegamento dei pluviali esistenti alla rete di collettamento comunale;

- scrostamento degli intonaci del basamento perimetrale esterno sino





2.5-15

Fig. 2.5-15 e 2.5-18- Viste esterne della chiesa. In evidenza l'area del basamento perimetrale interessata dal trattamento di deumidificazione e gli elementi di gronda sostituiti.

Fig. 2.5-16 - rimozione della pavimentazione esterna e della terra a diretto contatto con la muratura.

Fig. 2.5-17 - Messa in opera di membrana bugnata per garantire la ventilazione e l'isolamento della muratura dal terreno umido; successivo riempimento dell'intercapedine con ghiaia a pezzatura variabile.

Fig. 2.5-19 - rimozione dell'intonaco esterno ammalorato per una fascia di circa 1,5 m dal pavimento.

Fig. 2.5-20 - Realizzazione della finitura superficiale dell'intonaco.



2.5-18

ad una quota da terra di 1,50 m, pulizia, trattamento antisale e successiva applicazione di intonaco deumidificante a calce naturale;

- rimozione dei vecchi canali di gronda e delle porzioni di pluviali in lamiera degradati;
- posa di nuovi canali di gronda e integrazione dei pluviali esistenti con nuovi pluviali in rame.

e) - fasi successive di completamento dell'intervento: opere interne.

Le opere interne a completamento dell'intervento verranno realizzate in una fase successiva e consisteranno essenzialmente nel restauro della zoccolatura perimetrale fino ad un'altezza di 1,50 m da terra, compresi i decori, in particolare:

- rimozione degli strati aderenti di pellicola pittorica;
- estrazione di sali solubili eseguita con compresse di cellulosa e acqua deionizzata;
- rimozione meccanica (con scalpello e bisturi) delle stuccature in cemento eseguite in precedenti interventi;
- risciacquo con acqua distillata e spugne naturali;
- rimozione di elementi metallici quali chiodi, staffe, ecc;
- trattamento per l'arresto dell'ossidazione con convertitore di ruggine e protezione degli elementi metallici con resina acrilica in soluzione per metalli;
- reintegrazione pittorica per velatura di zone abrase a calce o ad acquerello per restituire l'unità cromatica.



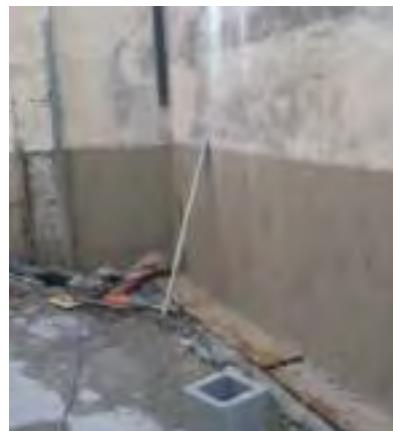
2.5-16



2.5-17



2.5-19

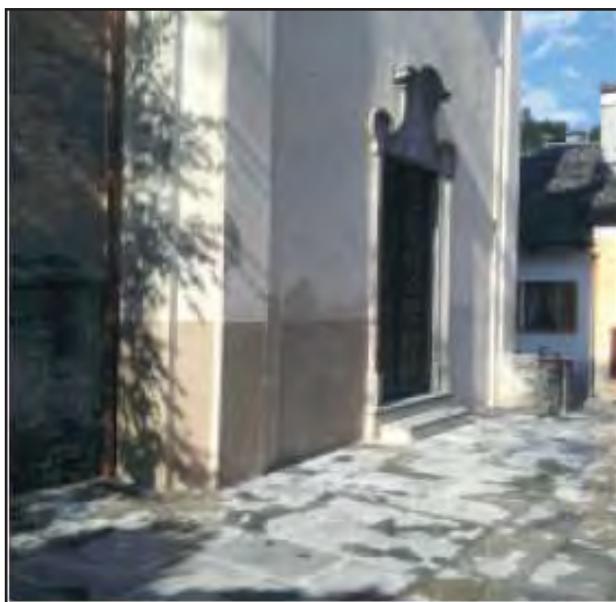


2.5-20

f) - documentazione dell'intervento concluso.

A lavori terminati, la chiesa di san Gottardo e sant'Anna si presenta come mostrato nelle seguenti figure. Il basamento esterno è stato pulito e sottoposto a trattamento antisale; la finitura esterna è stata realizzata con intonaco di calce in modo tale da permettere la traspirabilità della muratura.

Fig. 2.5-21 - (a, b, c, d) Viste esterne della chiesa dopo l'intervento.



2.5-21

a)



b)



c)



d)

Capitolo 4

Caratteristiche Costruttive e tecniche Per Interventi DI Conservazione e recupero

4.1 - I MATERIALI LAPIDEI <i>Massimo Marian</i>	4-3
4.2 - IL COMPORTAMENTO STATICO DEGLI EDIFICI IN PIETRA, LA “STRUTTURA SCALARE”, LE FONDAZIONI, IL MIGLIORAMENTO STATICO STRUTTURALE <i>Alessandro Grazzini</i>	4-19
4.2.1 - Introduzione	4-19
4.2.2 - Statica degli edifici murari	4-20
4.2.3 - Meccanismi di danno	4-29
4.2.4 - Principi di miglioramento sismico	4-34
4.3 - MURATURE DI PIETRA <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	4-37
4.3.1 - Caratteri costruttivi e classificazione delle murature	4-37
4.3.2 - tecniche di intervento	4-43
4.4 - BALCONI <i>Riccardo Nelva</i>	4-57
4.4.1 Criteri di dimensionamento di massima di lastre e mensole di balconi di pietra	4-57
4.5 - TETTO CON MANTO “DI PIODE” <i>Sara Fasana, Paolo Scarzella</i>	4-61
4.5.1 - La struttura portante	4-62
4.5.2 - Varietà nei modi di disporre le capriate “di testata”	4-64
4.5.3 - Richiami di materiali e tecniche tradizionali per il taglio delle lastre da tetto	4-68
4.5.4 - Il manto tradizionale in lastre di pietra di elevato spessore	4-70
4.5.5 - Caratteristiche e comportamento di manti tradizionali: accorgimenti per la lavorazione e la disposizione in opera delle lastre	4-72
4.5.6 - Valutazione della stabilità dei manti: proposta di un metodo	4-74
4.5.7 - Scelta di materiali attualmente disponibili	4-79
4.5.8 - Linee risolutive per interventi di recupero e conservazione di tetti con manto di piode	4-80

4.6 - Volte <i>Marco Zerbinatti</i>	4-83
4.6 - Solai <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	4-91
4.8 - Interventi Per Migliorare Le Prestazioni Energetiche e Ridurre i Dispendi Termici <i>Riccardo Nelva, Marco Zerbinatti</i>	4-99
4.8.1 - Introduzione	4-99
4.8.2 - Soluzioni praticabili per l'isolamento	4-101
4.8.3 - Valutazione della quantità di vapor d'acqua condensata e verifica della sua rievaporazione in un ciclo stagionale	4-104
4.9 - Le superfici esterne: Malte, Intonaci A Vista, superfici tinteggiate, Decorazioni Pittoriche o Graffiti <i>Marco Zerbinatti</i>	4-117
4.9.1 - Introduzione	4-119
4.9.2 - Fenomeni di degrado "endemic"	4-123
4.9.3 - Fenomeni di degrado provocati da interventi errati o inadatti	4-127
4.9.4 - Criteri di intervento e soluzioni tecniche compatibili	



4.2 - IL COMPORTAMENTO STATICO DEGLI EDIFICI DI PIETRA : LA “strutturale scatolare”, Le FONDAZIONI, IL MIGLIORAMENTO STATICO STRUTTURALE

Alessandro Grazzini

4.2.1 - Introduzione

Il progetto di recupero dei tradizionali edifici in pietra a secco dovrà necessariamente affrontare il tema del consolidamento statico e del miglioramento sismico delle strutture, alla luce sia dell'attuale stato di degrado nel quale versa una vasta parte di queste costruzioni, sia dei requisiti di sicurezza richiesti dalle nuove normative tecniche¹⁻².

nota 4.2 -1 D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni.

nota 4.2 -2 Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Nella letteratura scientifica nazionale e internazionale esiste pochissimo materiale tecnico di supporto alla progettazione di interventi di recupero statico e sismico su strutture murarie in pietra a secco, come ulteriore conferma dell'*unicum* costruttivo che questi edifici rurali dell'architettura della parte nord dell'Insubria rappresentano, invece meritevoli di un approfondito studio ingegneristico.

Gli indirizzi operativi che questo manuale vuole offrire a professionisti e tecnici chiamati a intervenire per la messa in sicurezza di questi edifici sono impostati sul massimo rispetto e sulla conservazione delle peculiarità strutturali e architettoniche del costruito storico, in sintonia con la Direttiva del 9 febbraio 2011 recante "*Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato*" con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008. Infatti, sebbene la maggior parte degli edifici rurali e civili non siano sottoposti a vincoli diretti del Ministero per i beni e le attività culturali, essi esprimono un elevato valore storico-architettonico da tutelare con i medesimi criteri di conservazione previsti per gli edifici posti sotto vincolo ministeriale.

Gli interventi proposti all'interno del manuale sono basati su tecniche semplici, alcune tradizionali altre eseguite con materiali innovativi già utilizzati positivamente. Una delle principali finalità è quella di contemperare in modo soddisfacente, per quanto possibile, due esigenze apparentemente contrastanti quali:

- da un lato, quella di preservare le peculiarità architettonico costruttive degli edifici e i loro connotati funzionali,
- d'altro canto, la necessità di ottemperare alle richieste di messa in sicurezza sotto il profilo strutturale proposto dalle attuali normative tecniche per le costruzioni.

Particolare attenzione sarà prestata alla valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture in pietra, in ottemperanza a quanto richiesto

dalle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni in occasione di ristrutturazioni globali degli edifici. In particolare gli autori sono concordi nel sostenere interventi di solo miglioramento sismico, ben consapevoli che la tipologia costruttiva di questi edifici difficilmente potrà raggiungere i medesimi livelli di sicurezza sismica (adeguamento) previsti per le nuove costruzioni.

4.2.2 - Statica degli edifici murari

Gli edifici tradizionali di pietra della Valle Ossola e del Ticino sono caratterizzati da geometrie semplici, solai lignei, coperture con struttura portante di legno e manto di *piode* molto pesanti, come visibile in Fig.4.2-1. Sono riscontrabili diversi modi di apparecchiare le murature: a secco, con allettamento in malta di calce (a giunti sottili e a giunti spessi), con intonaco raso pietra, intonacate. La tessitura muraria risulta solitamente ben ammorsata nello spessore, con diatoni diffusi. Solo nelle costruzioni più importanti le pietre sono accuratamente sbozzate o risquadrate: il loro grado di lavorazione diminuisce col diminuire della rilevanza della costruzione, per essere quasi nullo nei casi dei muriccioli poderali o nei muri di terrazzamento di modeste dimensioni³. Come tutti gli edifici costruiti con muratura portante, anche per queste costruzioni è necessario valutare la struttura mediante uno schema scatolare costituito da elementi “indipendenti” efficacemente collegati:

- le pareti che svolgono una funzione portante rispetto ai carichi verticali e/o di controventamento rispetto ai carichi orizzontali (vento e sisma);
- solai sufficientemente rigidi e resistenti per sopportare i carichi



4.2-1

nota 4.2 -3 Paragrafo 4.3.1 “Caratteri costruttivi e classificazione delle murature”.

Fig. 4.2-1 tipica casa rurale in pietra a secco con tetto in piode (Veglio).

verticali e per ripartire le azioni orizzontali tra i muri di controventamento (azione di diaframma).

Gli edifici di muratura sono infatti strutture complesse tridimensionali, costituite da pareti disposte secondo due direzioni mutuamente ortogonali, e da un sistema di elementi orizzontali che - mutuamente vincolati - costituiscono l'organismo strutturale. Gli elementi resistenti devono essere efficacemente connessi in modo da garantire un comportamento statico di natura scatolare, atto a resistere a sollecitazioni provenienti da qualsiasi direzione. Pertanto tutti i muri devono avere, per quanto possibile, sia la funzione portante che di controventamento. Inoltre, i solai devono essere sufficientemente rigidi e ben vincolati a tutte le pareti su cui poggiano, in modo da legarle e da ripartire sulle pareti di controventamento i carichi orizzontali (vento e sisma) secondo la direzione ad esse longitudinale. La capacità dei muri di resistere alle azioni orizzontali è favorevolmente influenzata dalla presenza di forze verticali stabilizzanti⁴.

nota 4.2-4 In tal senso, la presenza di sistema di coperture come quelle tradizionali col manto di *piode* può giocare un ruolo positivo se il sistema di copertura stesso è correttamente impostato sui muri di appoggio, ovverosia non genera spinte orizzontali e l'orditura lignea riconduce a soli carichi verticali le forze in gioco.

Tale concezione strutturale, corrispondente al “comportamento scatolare” richiesto dalle normative stesse¹⁻², fornisce al fabbricato un'ottima resistenza d'insieme, comprovata dal buon comportamento che hanno gli edifici di muratura, anche in zona sismica, se correttamente costruiti. In Fig. 4.2-2 è illustrato come la resistenza dei muri a forze agenti nel piano sia maggiore rispetto a quella di forze agenti ortogonalmente al piano, e quindi è maggiore la loro efficacia come elementi di controventamento. I muri ortogonali fra loro devono essere efficacemente ammassati lungo le intersezioni verticali, mediante un'opportuna disposizione degli elementi. Il buon ammassamento tra le pareti tende a realizzare una maggiore redistribuzione dei carichi verticali fra i muri ortogonali anche nel caso di solai ad orditura prevalente in una direzione.

La Fig. 4.2-3 illustra infatti il buon comportamento che deriva da un efficace collegamento tra solai sufficientemente rigidi e pareti quando l'edificio è sollecitato da una azione orizzontale (vento o sisma). Come si vede la rigidità del solaio, che svolge l'azione di diaframma, unita all'efficace collegamento tra il solaio e le pareti e delle pareti fra di

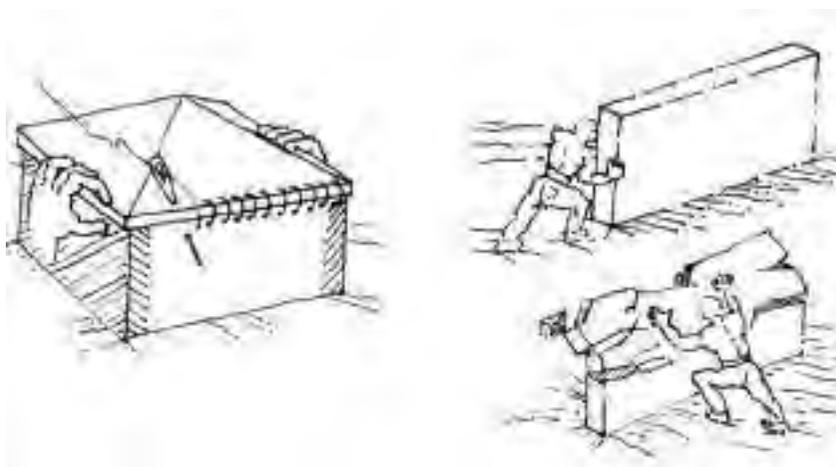
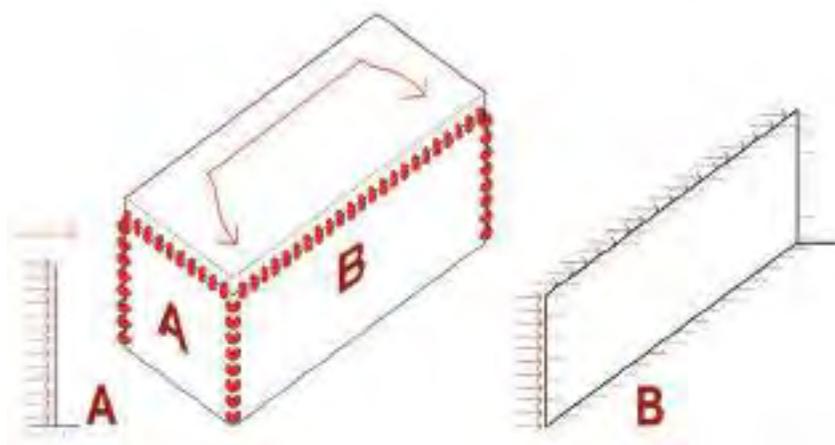


Fig. 4.2-2 Illustrazione della resistenza delle murature a seconda della direzione di applicazione dei carichi orizzontali e importanza dell'efficace collegamento tra tutte le strutture per raggiungere il comportamento scatolare.

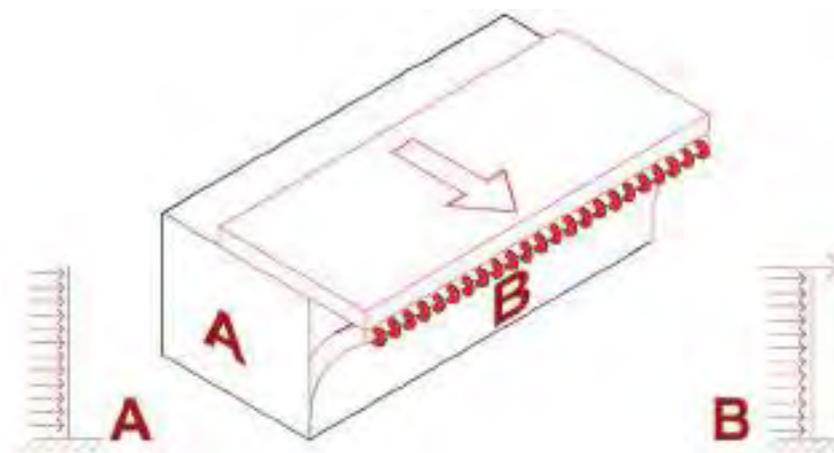


4.2-3

Fig. 4.2-3 - Corretta distribuzione delle forze orizzontali verso le pareti di controventamento se viene raggiunto un buon comportamento scatolare che collega tutte le strutture.

loro, permette di distribuire le azioni orizzontali verso le pareti a maggior inerzia nella medesima direzione di sollecitazione (controventi); nello stesso tempo consente di non far gravare tali azioni sulle pareti ad esse ortogonali, le quali, data la scarsa rigidità nella direzione trasversale, rischierebbero il ribaltamento. In questa situazione ottimale le pareti ortogonali all'azione orizzontale risultano vincolate come una piastra che può garantire una sufficiente resistenza fuori dal piano per la minima quota parte di azioni orizzontali ad esse attribuite. Al contrario, come è visibile in Fig. 4.2-4, la mancanza di uno o più di questi requisiti (solai non sufficientemente rigidi, collegamenti non efficaci tra solai e pareti, o delle pareti tra di loro) non garantisce più la corretta distribuzione delle azioni orizzontali lungo le pareti di controventamento. Pertanto le pareti ortogonali a queste non efficacemente collegate al solaio o alle altre pareti, saranno gravate da un'azione orizzontale di intensità non compatibile con la loro scarsa resistenza nella direzione ad esse ortogonale, generando labilità e vulnerabilità per il rischio di potenziali ribaltamenti fuori dal piano.

La muratura, in generale, è un manufatto composito le cui principali caratteristiche sono la disomogeneità, l'anisotropia, il diverso com-



4.2-4

Fig. 4.2-4 - Distribuzione non corretta delle forze orizzontali generata da una mancanza di comportamento scatolare dell'edificio.

portamento a compressione e a trazione, la non linearità nel legame sforzi-deformazioni. Pertanto la muratura, come aggregato di diversi componenti, risulta spesso di difficile definizione meccanica. E' solo possibile schematizzarla con una resistenza a compressione e modulo elastico quanto mai vari, scarsissima duttilità e ancora più esigua (e quindi trascurabile) resistenza a trazione. La tabella C.8A.2.1 della Circolare 617 del 2 febbraio 2009² fornisce alcuni utili valori indicativi, compresi tra un minimo cautelativo e un massimo, delle principali caratteristiche meccaniche di alcune tessiture murarie, non riuscendo ovviamente a coprire il vasto panorama di diverse tessiture presenti nel patrimonio storico-architettonico italiano. La particolare tessitura muraria della pietra a secco rientra tra quelle non sufficientemente studiate e indagate, sulla quale si può presupporre una più che buona resistenza a compressione in considerazione dei pesanti elementi lapidei che la compongono, ma nulla si conosce a livello quantitativo riguardo il comportamento a taglio e pressoflessione nel piano.

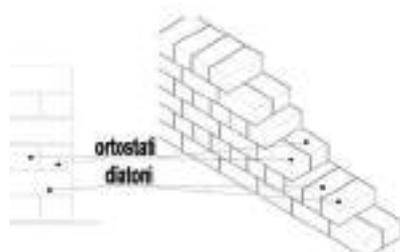
La difficile quantificazione delle caratteristiche meccaniche delle singole murature presenti anche nel medesimo fabbricato e l'accumulo di danni conseguenti a decenni di abbandono rendono quanto mai problematica l'analisi dell'affidabilità nelle verifiche statiche. Il giudizio sulle reali condizioni di salute di una costruzione di muratura, specialmente se antica, è da fare conseguire ad una valutazione di sintesi, nella quale le verifiche analitiche danno un supporto tanto più affidabile quanto più queste sono recepite con spirito critico⁵. nello studio e nel calcolo delle strutture murarie perdono in parte di significato i numeri e l'affinamento ossessivo ed accanito dei metodi di calcolo. Quando possibile, è meglio affidarsi a schemi di calcolo chiari, isostatici, a rottura, che spesso non hanno bisogno della conoscenza dei legami costitutivi dei materiali e seguono le leggi dei corpi rigidi della meccanica razionale.

La tessitura muraria di pietre a secco degli edifici presenta diverse varietà e tecniche costruttive, a seconda dell'area geografica e delle condizioni economiche nel contesto di edificazione. La maggior parte delle murature ossolane è costruita con pietre a secco disposte regolarmente con giunti verticalmente sfalsati e comprendono la presenza fondamentale di elementi ortostati e di diatoni trasversali, come evidenziato nelle Figg. 4.2-5,-6.

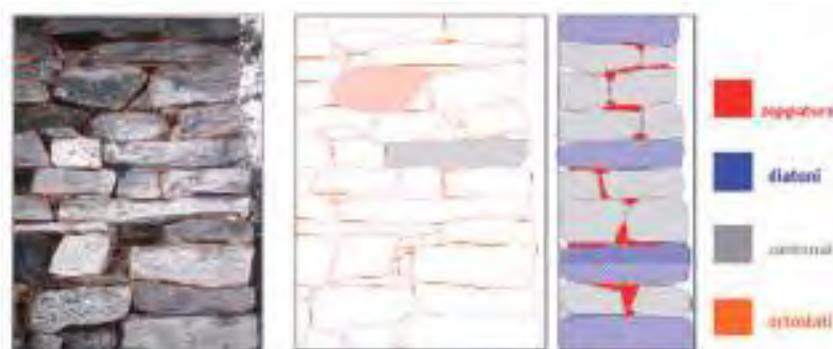
nota 4.2-5 - CAnGI G.; *Manuale del recupero strutturale e antisismico*, DEI, Roma 2005.

Figura 4.2-5 - Posizione degli ortostati e dei diatoni all'interno della tessitura muraria.

Figura 4.2-6 - Stratigrafia di una muratura in pietra a secco eseguita seguendo la regola d'arte.



4.2-5



4.2-6



4.2-7

Gli ortostati sono blocchi posti con il loro lato più lungo nella direzione del muro ed hanno la funzione di legare l'apparecchio murario nel piano della parete, in modo da conferire un comportamento monolitico per azioni che sollecitano la parete nel proprio piano. I diatoni sono invece i blocchi posti con il loro lato più lungo ortogonalmente alla direzione del muro in modo da consentire un comportamento monolitico nei confronti delle azioni che tendono a ribaltare la parete fuori del proprio piano. La regolarità e la simmetria orizzontale dei giunti favoriscono una migliore resistenza della parete ad azioni orizzontali ad essa ortogonali che possono innescare pericolosi ribaltamenti fuori dal piano, come illustrato in Fig. 4.2-7. Lo sfalsamento verticale dei giunti garantisce inoltre una migliore distribuzione dei carichi verticali e una migliore risposta della parete sottoposta ad azioni orizzontali nel proprio piano, come evidenziato in Fig. 4.2-8. I vuoti tra le pietre sono spesso riempiti con piccole zeppe lapidee, come illustrato in Fig. 4.2-6. Gli spigoli erano rinforzati con i cantonali per garantire maggior rigidità lungo le fondamentali intersezioni tra le pareti perimetrali ortogonali, ai fini di un buon comportamento scatolare dell'intero fabbricato come visibile nelle Figg. 4.2-9,-10.

Tuttavia alcune tipologie murarie non risultano eseguite a regola d'arte e denotano una sezione multistrato dove i due paramenti murari sono slegati essendo assenti i diatoni trasversali, come visibile nelle Figg. 4.2-11,-12 presso alcune sezioni murarie rilevate a Veglio. Queste sezioni risultano particolarmente vulnerabili in corrispondenza di azioni orizzontali fuori dal piano poichè tendono a disgregarsi in modo



4.2-8

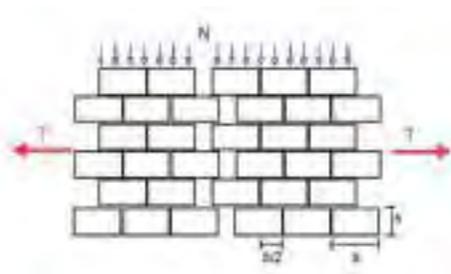


Fig. 4.2-7 - Importanza della linearità dei giunti orizzontali ai fini di una maggior resistenza che la parete muraria può offrire per contrastare il ribaltamento fuori dal piano in corrispondenza di azioni orizzontali ad essa ortogonali.

Figg. 4.2-9 e 4.2-10 Presenza di poderosi cantonali lungo gli spigoli degli edifici di Veglio.

Fig. 4.2-11 e 4.2-12 - Sezioni murarie multistrato con paramenti esterni non connessi (Veglio).

Fig. 4.2-8 - Effetto benefico della disposizione sfalsata dei giunti verticali sia per la buona resistenza ai carichi verticali sia per quella a carichi orizzontali nel piano della parete.



4.2-9



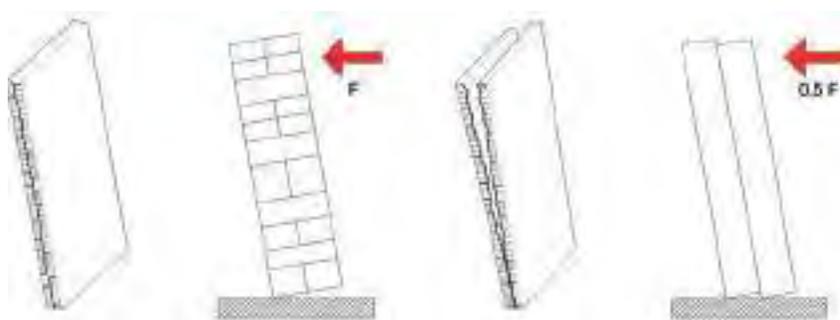
4.2-10



4.2-11



4.2-12

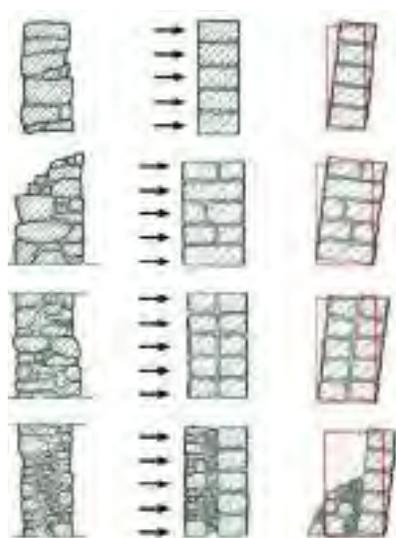


4.2-15

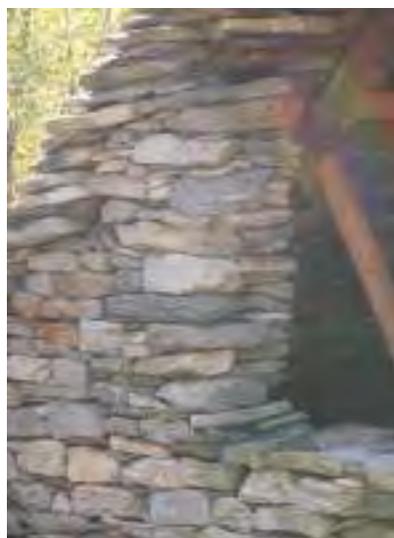
caotico, come illustrato nelle Figg. 4.2-13,-14. Infatti, in queste situazioni non è assolutamente garantito l'auspicabile comportamento monolitico che la parete deve dimostrare per garantire resistenza sia nel piano sia fuori dal piano. Occorre infatti ricordare che l'azione sismica fuori dal piano, cioè in direzione ortogonale alla parete (quindi lungo la direzione di minor rigidità), può essere ulteriormente gravosa quando il sistema strutturale non è sufficientemente "scatolare", e pertanto la maggior parte dell'azione sismica non viene correttamente ripartita sulle sole pareti longitudinali, bensì una quota si riversa in direzione ortogonale causandone il crollo. Come illustrato in Fig. 4.2-15, occorre un'azione sismica molto più grande per generare il ribaltamento di una parete a tessitura monolitica, al contrario è sufficiente una bassa azione sismica per determinare il collasso fuori dal piano di una muratura multistrata trasversalmente disconnessa.

Infatti la *regola d'arte* ha un ruolo fondamentale per il comportamento statico e dinamico dell'edificio. Essa prevede, per esempio, la presenza dei diaconi trasversali. Una tessitura a comportamento monolitico oppure multistrata non connessa può notevolmente influenzare la resistenza statica della struttura muraria sotto sollecitazione sismica, come illustrato in Fig. 4.2-16.

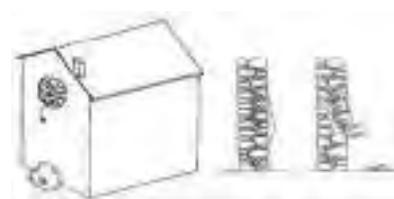
Gli edifici di pietra a secco della Val d'Ossola sono altresì carat-



4.2-16a



4.2-16b



4.2-13



4.2-14

Figg. 4.2-13 e 4.2-14 - Differente comportamento statico tra tessitura monolitica e muratura caotica non ammassata trasversalmente

Fig. 4.2-15 - Importanza del comportamento monolitico della tessitura muraria ai fini di una migliore resistenza della parete ad azioni ortogonali

Fig. 4.2-16 - a) Confronto della risposta statica di quattro tessiture murarie diverse, da quella compatta e monolitica fino a quella più caotica e disomogenea (multistrata); b) Particolare di una buona tessitura in pietra a secco presso Veglio.

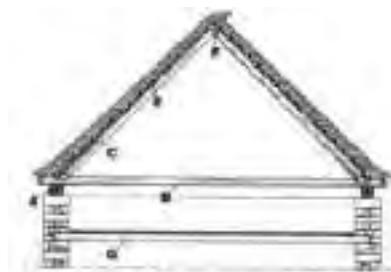


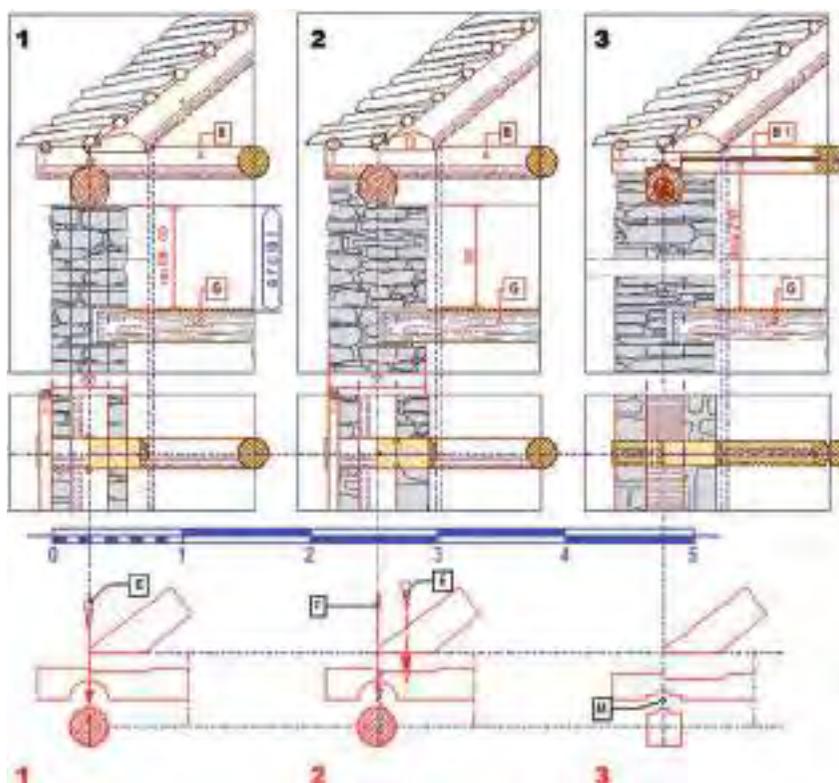
Fig. 4.2-17 - Elementi tipologici e strutturali del sistema di copertura a *piode*.

teristici per le loro pesanti coperture di *piode*. La struttura del tetto è costituita da capriate di legname, spesso tondo, di larice o castagno. La Fig. 4.2-17 ne illustra il funzionamento statico come una struttura costituita da dormienti (A), tiranti (B), puntoni (C), correnti orizzontali (D) e caviglie di collegamento (F). La descrizione approfondita e dettagliata della composizione strutturale è rimandata al capitolo 4.5. Queste coperture sopportano carichi enormi, dell'ordine di 4-5 quintali ogni metro quadro di peso proprio, più i carichi spesso asimmetrici della neve (la neve bagnata pesa 9-10 quintali al metro cubo) e quelli dinamici prodotti dal vento e dal sisma. Le falde del tetto si avvicinano più ad un'apparecchiatura muraria a "falsa volta" che ad un semplice strato di copertura. Il materiale di copertura è costituito da lastre di pietra (in ossolano *piode*) di gneiss di circa 60-100 centimetri di lunghezza per 40-60 centimetri di larghezza, spesse dai 5 ai 10 centimetri. Una *pioda* pesa circa 50 chilogrammi, per coprire un solo metro quadrato ce ne vogliono da sette a otto. Occorrono dai 3 ai 4 metri quadri di *piode* per formare 1 metro quadro di coperto. Il tetto tradizionale ossolanoticese non è formato da lastre adagiate secondo la pendenza del tetto e disposte su di un assito, bensì le *piode* sono posate quasi in orizzontale come se formassero un muro a secco, rifinito, inclinato e armato con legno.

Il sistema statico spaziale costituisce una capriata reticolare come illustrato in Fig. 4.2-18, dove in alcuni esempi si trovano anche dei controventi di falda. Le capriate centrali sono sempre collegate a due controventi che puntano nel medesimo verso della chiusura del nodo a "mezzo legno" del colmo; se così non fosse, quando i controventi lavorano tenderebbero ad aprire il nodo di colmo tra puntone e puntone (l'unione a mezzo legno è chiodata con un perno passante di legno maggiociondolo). In Fig. 4.2-19 sono illustrate le diverse tecniche costruttive rilevate per un efficace collegamento delle strutture della capriata sul dormiente inferiore. Nell'esempio 1 si evidenzia l'alternanza del controvento sul tirante e il sottostante solaio ligneo; l'esempio 2 è



Fig. 4.2-18 - Esempio di capriata lignea che sorregge il manto di *piode* (Veglio).



4.2-19a



4.2-19b

Fig. 4.2-19 - (a, b) Sistema di appoggio e incastro della capriata sul dormiente.

analogo al precedente con la sola differenza di possedere un dente sommitale di muratura; nell'esempio 3 il dormiente è squadrato e inglobato interamente nella muratura sommitale, costituendo un vero e proprio "cordolo". Infatti una delle carenze di queste tipologie costruttive è l'assenza di un efficace cordolo sommitale che possa meglio legare le pareti e la pesante copertura. Anche se la tipologia di copertura non è



4.2-20

Fig. 4.2-20 - Esempio di solaio con travi in legno (orditura principale), travicelli (orditura secondaria) e tavolato semplice (Veglio).

staticamente spingente per la presenza della catena, tuttavia ai fini di un migliore comportamento sismico occorre prevedere l'inserimento di un cordolo sommitale, dalle caratteristiche non invasive e compatibili con la tipologia muraria storica, per "cerchiare" e legare meglio le pesanti murature tra di loro e queste con la struttura di copertura.

I solai sono costruiti prevalentemente con travi in legno e soprastante tavolato semplice, come visibile in Fig. 4.2-20. Al di là dello stato di degrado e abbandono che ha generato notevoli inflessioni delle orditure principali e secondarie, risulta evidente che tale tipologia di solaio non può costituire un efficace diaframma per la corretta distribuzione delle azioni orizzontali verso le pareti di controventamento, a causa della sua scarsa rigidezza. Esso necessiterà di compatibili ed efficaci tecniche di rinforzo (descritte al capitolo 4.6) con lo stesso materiale e con l'eventuale ausilio dell'acciaio per garantire un adeguato collegamento dell'intero solaio alle murature perimetrali e svolgere pertanto la funzione di solaio rigido.

Le fondazioni di questi edifici sono superficiali - date le esigue altezze che li contraddistinguono - e sono a tipologia continua della stessa muratura che caratterizza le pareti di elevazione.

4.2.3 - Meccanismi di danno

Il collasso delle costruzioni di muratura avviene in genere per perdita di equilibrio di porzioni strutturali piuttosto che per il raggiungimento della tensione di rottura del materiale. Il DM 14 gennaio 2008, come illustrato anche in Fig. 4.2-21, stabilisce al punto 8.7.1 la distinzione fra:

- meccanismi locali: *quelli che interessano singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione e sono favoriti dall'assenza o scarsa efficacia dei collegamenti tra pareti e orizzontamenti e fra i pannelli murari;*
- meccanismi globali: *quelli che coinvolgono l'intera costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano.*

Il comportamento delle murature storiche, oltre che dalle caratteri-

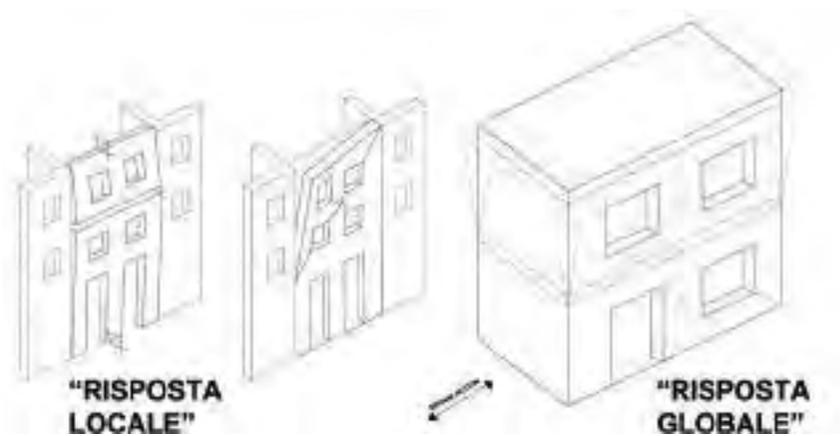


Fig. 4.2-21 - Distinzione tra risposta locale e globale di danneggiamento dell'edificio in muratura.

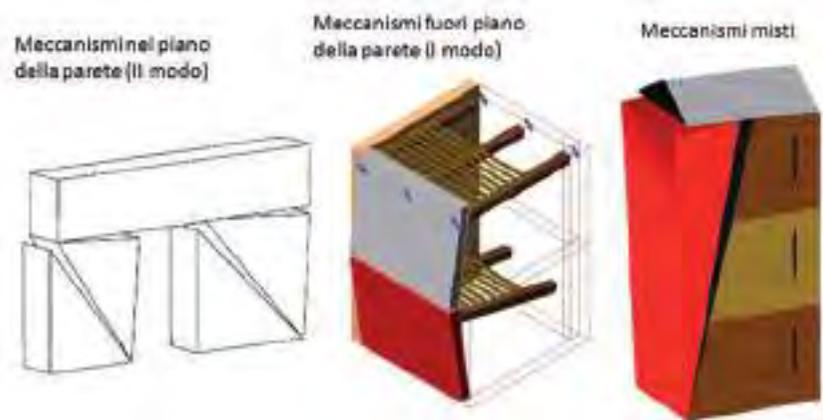


Fig. 4.2-22 - Meccanismi di danno per azioni orizzontali.

4.2-22

stiche dei singoli elementi costruttivi, è influenzato dal sistema delle connessioni verticali e orizzontali, la cui presenza può garantire il comportamento scatolare d'insieme e tenere unito l'intero organismo strutturale in condizioni statiche e dinamiche. Le connessioni migliorano il funzionamento dei vincoli, trasformandoli da monolateri a bilateri, ossia da elementi capaci di esercitare un'azione di solo contrasto a dispositivi capaci anche di trattenere e quindi di assicurare una resistenza a trazione. La maggior parte delle carenze strutturali rilevabili nell'edilizia storica derivano proprio dall'assenza o dalla scarsità della capacità di contrasto dei vincoli. In campo sismico si distinguono pertanto due differenti modalità di danneggiamento, illustrati in Fig. 4.2-22, la cui attivazione dipende molto dal grado di comportamento scatolare dell'edificio murario.

I meccanismi di danno di modo I si innescano nelle pareti murarie investite da azioni sismiche ortogonali che tendono a produrre il ribal-



4.2-23

Fig. 4.2-23 - Lesione per compressione (Torre di Beura-Cardezza).

tamento; questo avviene quando tali pareti non sono sufficientemente legate a quelle ortogonali o quando la mancata azione di diaframma rigido del solaio comporta un valore molto elevato di azione sismica ortogonale, incompatibile con la resistenza della parete investita. La vulnerabilità sismica dell'edificio risulta fortemente condizionata dai meccanismi di danno di primo modo, molto frequenti e responsabili di dissesti rovinosi: il loro controllo rappresenta il primo obiettivo di qualsiasi intervento di prevenzione.

I meccanismi di modo II interessano invece le pareti sollecitate da azioni sismiche complanari. Si innescano facilmente ma in genere comportano valori di moltiplicatore di collasso elevati. Il muro lesionato dall'azione orizzontale agente nel suo piano scorre su se stesso o ruota rispetto ad un punto di cerniera per effetto dell'azione sismica. Per evitare che i meccanismi di secondo modo siano rovinosi è necessario che la tessitura muraria possieda un regolare ammorsamento trasversale. Se il muro è eseguito secondo le regole dell'arte, tale modalità di danno può essere definita duttile, in analogia con le costruzioni di cemento armato e acciaio: le lesioni nelle pareti murarie possono raggiungere la larghezza di diversi centimetri, senza produrre pericolose perdite di equilibrio.

Di seguito sono illustrati alcuni esempi di danneggiamento delle murature a secco. Innanzitutto, come visibile in Fig. 4.2-23, il danneggiamento può avvenire anche per il superamento della resistenza a compressione per carichi verticali, spesso dovuta a fenomeni di instabilità pressoflessionale generati dalla mancanza di solai intermedi di collegamento.

In Fig. 4.2-24 è illustrato un classico esempio di ribaltamento della parete fuori dal piano, dovuto a elevati valori di azioni sismiche ad essa ortogonali poichè l'elevata deformabilità dei solai non ha garantito una

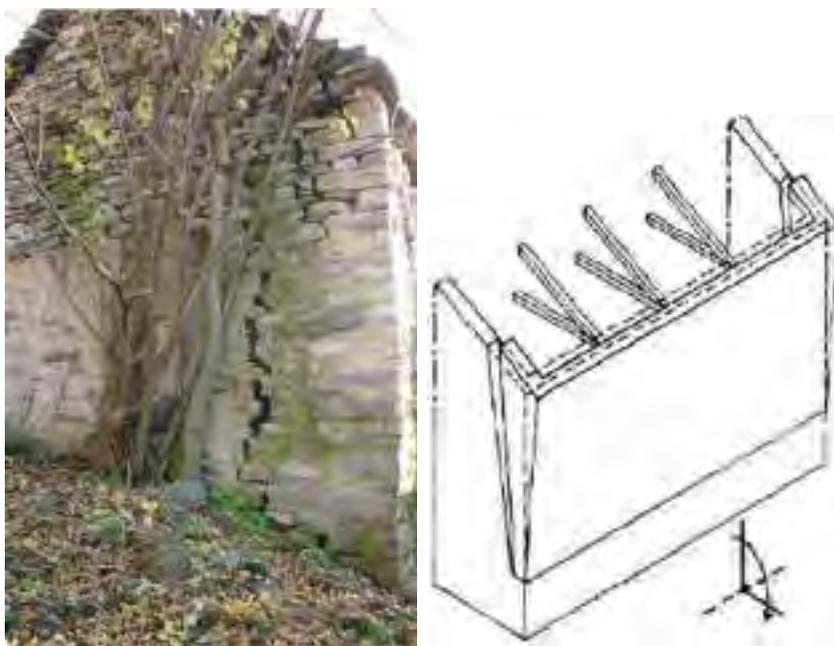


Fig. 4.2-24 - Foto e schema di ribaltamento fuori dal piano (Montecrestese).



4.2-25a



4.2-25b

azione di diaframma, alla mancanza di adeguati collegamenti tra le pareti.

Medesima situazione è rilevabile nelle Figg. 4.2-25a-b-c e 4.2-26 dove la causa principale è anche la grande decoesione della tessitura muraria che conferma inequivocabilmente la scorporazione dell'edificio strutturale in macroblocchi da analizzare dal punto di vista cinematico. Un'altra tipologia di danno ricorrente può essere quella di flessione verticale o orizzontale che interessa il pannello murario tra due vincoli (solai sufficientemente collegati alle pareti o presenza di catene di trattenuta), come visibile nell'esempio della Torre di Beura-Cardezza in Fig. 4.2-27.

L'assenza di cordoli sommitali e la carenza di efficaci collegamenti tra le murature può gravemente contribuire al ribaltamento a cuneo come descritto in Fig. 4.2-28 quando si ha la presenza di un solaio ligneo con travi non vincolate efficacemente alle murature e pertanto



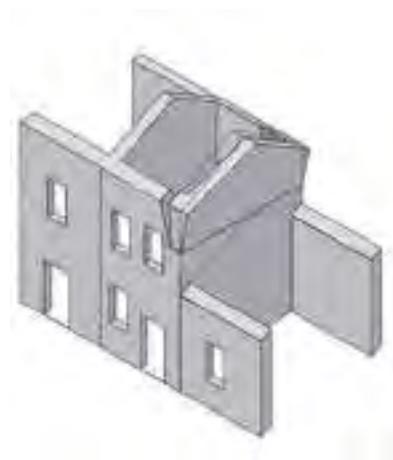
4.2-26a



4.2-25c

Figg. 4.2-25 - Ribaltamento fuori dal piano. a) Crevola d'Ossola; b) Montecrestese; c) Schema illustrativo.

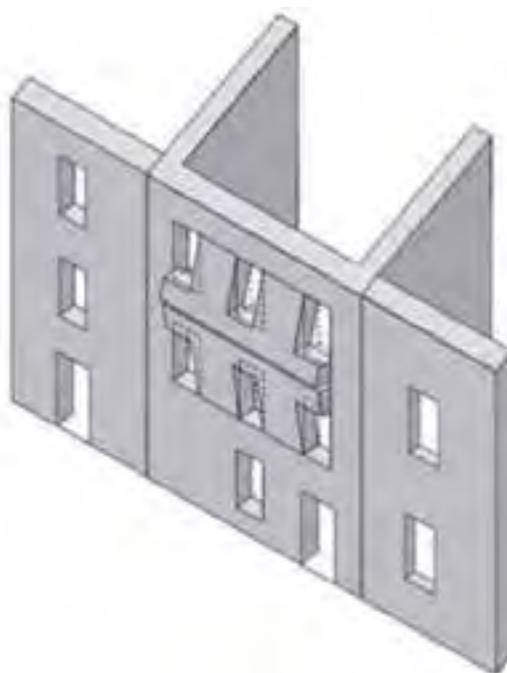
Figg. 4.2-26 - Foto (a) e schema illustrativo (b) del ribaltamento fuori dal piano del timpano presso la Torre dei Lossetti di Beura-Cardezza.



4.2-26b



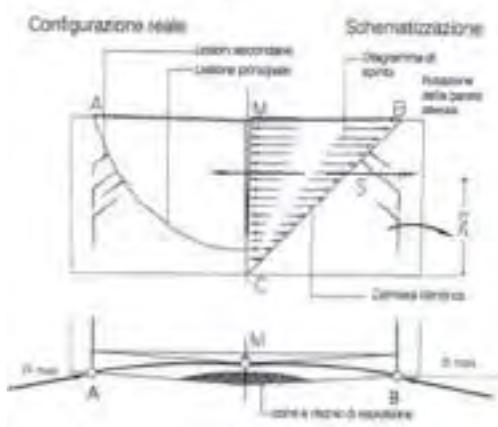
4.2-27a



4.2-27b

Figg. 4.2-27 - Foto (a) e schema illustrativo (b) del danneggiamento per flessione verticale e/o orizzontale sulle pareti della Torre dei Lossetti di Beura-Cardezza.

Fig. 4.2-28 - Esempio di ribaltamento sommitale di una porzione di parete generata dalle spinte e dallo sfilamento del solaio ligneo o dalla copertura sommitale.



4.2-28



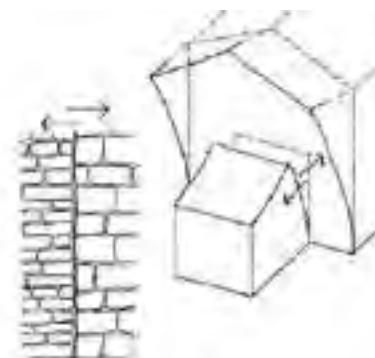
4.2-29



4.2-30

soggette allo sfilamento. Tale situazione comporta anche il crollo del solaio stesso con grave situazione per la conservazione interna dell'edificio. La presenza di alcuni semplici tiranti può già contribuire a contrastare e limitare il danneggiamento collegato a tale vulnerabilità.

Non meno importante è anche l'analisi dell'interazione tra edifici adiacenti, spesso non ammortati nelle diverse fasi di edificazione, come visibile nelle Fig. 4.2-29-30-31. In occasione di un evento sismico si possono instaurare eventuali fenomeni di martellamento soprattutto se i solai degli edifici si trovano a differenti livelli.



4.2-31

4.2.4 - Principi di miglioramento sismico

Alla luce dei fallimenti, oramai accertati dagli ultimi eventi sismici, di tecniche invasive basate sulla demolizione di solai e tetti lignei esistenti con la sostituzione di analoghe strutture di cemento armato che hanno portato soltanto a comportamenti ibridi, gli autori desiderano riflettere su soluzioni del tutto compatibili con il fabbricato storico e con il suo originario schema strutturale. Al termine "adeguamento" che spesso ha comportato interventi con materiali inadeguati che nulla hanno a che fare con la tipologia costruttiva e con i caratteri connotanti degli edifici storici, finalmente le "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato" (Direttiva del 9 febbraio 2011) hanno confermato l'esigenza per il costruito storico di fermarsi al solo termine "miglioramento" nei confronti del comportamento strutturale, mediante riparazioni minime non invasive. Per quanto possibile, la riabilitazione strutturale non deve stravolgere la condizione originaria di equilibrio. La maggior capacità di assorbimento delle sollecitazioni sismiche è stata dimostrata da quelle murature, orizzontamenti, coperture (anche lignee) che erano state ben realiz-

Fig. 4.2-29, 4.2-30 e 4.2-31- Foto e schema descrittivo di possibili vulnerabilità sismiche derivanti dalla mancanza di ammortamento tra edifici adiacenti (Veglio).

manufatto, contenendone il più possibile l'estensione ed il numero, e comunque evitando di alterare in modo significativo l'originale distribuzione delle rigidezze negli elementi. Gli interventi dovranno, per quanto possibile, rispettare la concezione e le tecniche originarie della struttura, nonché le trasformazioni significative avvenute nel corso della storia del manufatto.

Nei successivi capitoli saranno descritti, per ogni tipologia strutturale, gli interventi che gli autori propongono come ventaglio di possibili soluzioni per il miglioramento sismico degli edifici in pietra a secco, ricordando che nella pratica non esiste "la migliore tecnica in assoluto" bensì quella che in rapporto con le caratteristiche specifiche dell'edificio e delle sue potenziali vulnerabilità rappresenta la migliore soluzione nei confronti anche della conservazione del valore storico-architettonico del manufatto.

BIBLIOGRAFIA Cap. 4.2

CAnGI G., *Manuale del recupero strutturale e antisismico*, DEI, Roma 2005

Cir COLAre 2/02/2009 n.617, *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, Gazzetta ufficiale 26/02/2009 n. 47. Ministero delle Infrastrutture: Roma, 2009.

D.M. 14/01/2008, *Norme Tecniche per le Costruzioni*. Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29. Ministero delle Infrastrutture: Roma, 2008



4.3-1

Fig. 4.3-1. Veglio di Montecrestese. Muro in stato ruderale: sono bene evidenti sia l'impostazione a doppio paramento (interno ed esterno) sia la presenza di elementi di collegamento (in senso orizzontale) per lo spessore della muratura (*diatoni*).

Fig. 4.3-2 - Veglio di Montecrestese. Muratura realizzata con scapoli di pietra semi lavorati, eretta con contemporaneità di azione tra interno ed esterno. I vuoti tra i blocchi grandi sono stati colmati con piccoli scapoli o frammenti di lavorazione. In questo caso, la fotografia documenta l'assenza di *diatoni*.



4.3-2

4.3 - MURATURA DI PIETRA

di ICCARDO, di ELVA, di MARCO, di ZERBINATI

4.3.1 - Caratteri costruttivi e classificazione delle murature

Per la conservazione e per le finalità di recupero descritte, l'architettura rurale oggetto di studio necessita di adeguate tecniche per interventi di: manutenzione, consolidamento di murature di pietra (prevalentemente a secco), inserimento di aperture (per soddisfare requisiti normativi), concomitanti inserimenti di strutture orizzontali (solai mancanti), ripristino di parti murarie crollate o compromesse.

Nello sviluppo della ricerca sono in corso di definizione insiemi sistematici di soluzioni tecniche e di indicazioni operative allo scopo destinate, in modo da favorire il recupero di tali edifici con nuovi usi e nuove funzioni. Per procedere in tale direzione, è stato necessario definire una classificazione delle murature più diffuse in relazione alle caratteristiche costruttive.

I criteri di analisi dei diversi generi di muratura, sono basati sui seguenti elementi di valutazione:

1) piani di posa orizzontali della pietra (giunti orizzontali). I corsi orizzontali possono essere rigorosamente rispettati, parzialmente rispettati o non rispettati;

2) sfalsamento dei giunti verticali, con piani di posa orizzontali bene individuabili. È opportuno specificare che lo sfalsamento dei giunti verticali, buona regola tecnica del costruire nei muri di laterizio, nei muri di pietra va intesa come sfalsamento sia rispetto agli elementi superiori e inferiori dello stesso paramento murario, sia come sfalsamento rispetto ai conci di pietra che compongono il paramento murario sulla faccia opposta della muratura nel caso di murature a doppio paramento (Fig. 4.3-1). Infatti, bisogna ricordare che la procedura di costruzione dei muri di pietra studiati, portava spesso alla esecuzione in contemporanea, da parte di due muratori, del paramento interno e di quello esterno lungo il perimetro dell'edificio, in modo da farlo crescere contemporaneamente;

3) conformazione e dimensione degli elementi resistenti, per esempio:

3.1 blocchi squadrati lavorati (con lavorazione mediamente o finemente curata, ma con evidenti i segni del trattamento degli scalpelli sulle facce di lavorazione); sono i blocchi più regolari per forma e classi di dimensione,

3.2 blocchi "sbozzati", semilavorati da spacco; si tratta di blocchi di cava sui quali le lavorazioni sono ridotte al minimo, prevalentemente per conferire dimensioni e conformazione adatte a una determinata collocazione nell'edificio,

3.3 blocchi a spacco impiegati in opera tal quali, senza alcuna la-

vorazione aggiuntiva atta a modificarne dimensioni o geometrie, compresi piccoli elementi (“scapoli”) atti a colmare o riempire gli spazi tra gli elementi maggiori.

Ingranamento trasversale con presenza di *diatoni* (elementi di maggiore dimensione, con funzione di legatura, attraversanti la sezione muraria per tutto lo spessore, in particolare presenti presso le aperture o nei risvolti angolari delle maniche degli edifici), oppure parziale ingranamento tra elementi con conci di pietra con sovrapposizione a 2/3 dello spessore della sezione muraria.

Sulla base di questi quattro criteri di valutazione delle caratteristiche costruttive, sono state definite le caratteristiche di quattro grandi insiemi di tipologie murarie, così classificate:

A) murature con blocchi squadrati accuratamente lavorati¹, caratterizzate da piani di posa orizzontali ben delineati e regolari, con sfalsamento dei giunti verticali, con blocchi sfalsati negli spigoli e nei risvolti angolari, presenza di diatoni parziali (a 2/3 dello spessore del muro) oppure passanti (questi ultimi poco frequenti o sporadici). I giunti di malta sono sottili. Cfr. Figg. 4.3-3 e 4.3-4, rispettivamente relativi alla torre campanaria di Montecrestese e alla base di un campanile non terminato presso Vanzone con S. Carlo);

B) murature con blocchi sbazzati (semi lavorati) da pietra a spacco (provenienti da cave o da “trovanti” = massi erratici) con le seguenti varianti:

B.1 – murature connotate dalla presenza di grandi cantonali (*pietre*

nota 4.3-1 - Le murature con questa lavorazione sono definite da Giovanni Chevalley come murature realizzate con “pietra da taglio” [Cfr. CHEVALLEY G., *Elementi di Tecnica dell'Architettura. Materiali da costruzione e grosse strutture*, Torino, 1924, p. 108].

Fig. 4.3-3 - Montecrestese. La torre campanaria romanica di borgata Chiesa è stata rinfasciata con grandi blocchi regolari all'inizio del XVI secolo [cfr. BenAMINI t., *Storia di Montecrestese*, p. 209], in analogia con altri campanili del territorio. Oggi il paramento si presenta costituito esternamente da grandi elementi di “pietra da taglio” e giunti di malta relativamente sottili.

Fig. 4.3-4 - Vanzone con San Carlo (Valle Anzasca). Base della torre campanaria incompiuta presso il cimitero. La costruzione è stata fondata su affioramenti rocciosi e il paramento murario della parte inferiore è caratterizzato da blocchi segati molto regolari, giunti di allettamento sottili e perfettamente orizzontali.

Figg. 4.3-5 e 4.3-7 - Vanzone con san Carlo. Fianco ovest della chiesa Parrocchiale. Le cappelle aggettanti presentano cantonali lavorati in modo grossolano. Il resto del paramento murario è costituito da elementi più piccoli a spacco, non lavorati. Sullo stesso lato, un altro avancorpo presenta lo stesso genere di muratura, ma eseguita con blocchi più grandi e meno lavorati a guisa di “pietra da cantone”. Contrariamente alle cappelle precedenti (solo



4.3-3



4.3-4



4.3-5

puntualmente collegate al muro della navata), in questo caso il muro è ammassato con quello principale della chiesa.

Fig. 4.3-6 - Veglio di Montecrestese. Edificio residenziale con cantonali rifiniti in modo grossolano, ma ben tagliati per comporre uno spigolo regolare al risvolto della muratura. Anche in questo caso il resto del paramento è stato eretto con elementi a spacco di dimensioni eterogenee e contenute.



4.3-6

da cantone) più o meno rifiniti, nelle quali la tessitura intermedia (tra i cantonali) è stata eseguita con elementi più piccoli a spacco. I piani di posa orizzontali sono normalmente bene individuabili, frutto delle modalità esecutive del doppio paramento (interno ed esterno) eretto contemporaneamente. Questo genere di muratura è stato osservato in particolare su diversi edifici religiosi della Valle Anzasca. La variante con tutti gli elementi di pietra aventi dimensioni proporzionalmente più piccole coincide con il tipo C.

B.2 – murature con piani orizzontali bene individuabili ma senza la presenza di più grosse pietre angolari o “cantonali”, con blocchi di grandi dimensioni (di lunghezza fino a 50 – 60 cm, altezza pari a 20-30 cm, spessore tra i 20 ed i 30 cm);

B.3 – murature con blocchi a spacco di dimensioni e forme non regolari, con piani di posa orizzontali abbastanza evidenti, sebbene non sempre ben regolari. In questi casi, gli spigoli e i risvolti angolari della manica sono risolti con l’incrocio degli elementi lapidei correnti, non con i cantonali. Le murature sono in prevalenza più grossolane che nel caso B.1, sebbene sempre costruite con la procedura della esecuzione contemporanea del doppio paramento (Cfr. figg. 4.3-11, 4.3-12 e 4.3-13);

C) muratura “ottocentesca”, costruita con blocchi cantonali semi-lavorati, più regolari negli spigoli che in prossimità delle aperture; il paramento murario è abbastanza eterogeneo, è realizzato con pietre di più piccola dimensione rispetto alle categorie precedenti, anche con l’impiego di scaglie e di elementi derivati dalla lavorazione di pietre



4.3-7

B2

4.3-8

più grandi. Queste murature mostrano dei ricorsi orizzontali di regolarizzazione in prossimità di aperture (funzionali all'inserimento di architravi per porte e finestre) e di solai (funzionali alla realizzazione di appoggi il più possibile regolari per orizzontamenti interni. Figg. 4.3-14 e 4.3-15);

D) muratura realizzata con blocchi a spacco o "trovanti" eterogenei, per forma e per dimensione; i blocchi non appaiono lavorati, bensì utilizzati tal quali dall'estrazione. La muratura non ha, in genere, dei corsi orizzontali facilmente individuabili (talvolta accennati o sporadici) e presenta dei blocchi di più grande dimensione nei risvolti angolari. Delle murature analizzate è, complessivamente, la meno raffinata e dal punto di vista statico la meno affidabile (Figg. 4.3-16 e 4.3-17).

La classificazione operata è strumentale alla definizione di soluzioni tecniche di intervento; pertanto la sua validità è limitata al contesto nel quale è utilizzata. In relazione a ciò, gli aspetti sperimentali sulle murature, siano essi di carattere esplorativo (come per esempio l'inserimento di capochiave e prove di trazione) o di approfondimento analitico per la definizione di modelli di comportamento di questi muri di pietra, richiedono ulteriori approfondimenti specifici, attualmente in fase di studio.

Tuttavia, questa parziale classificazione redatta (non esaustiva e ampliabile) trova un parziale riscontro nella manualistica storica, ove possiamo reperire chiari e attenti riferimenti ai modi costruttivi tradizionali in questione. Per esempio è il caso del testo di Giovanni Chevalley² nel quale l'individuazione di "categorie" è analoga a quella qui presentata, sebbene i termini propri o quelli gergali attribuiti talvolta parzialmente differiscono.

B2

4.3-9

Figg. 4.3-8 e 4.3-9 - Frazione Pontetto di Montecrestese. Due esempi di edifici caratterizzati da muri con blocchi di grandi dimensioni lavorati in modo grossolano, ma senza cantonali. I corsi orizzontali sono ben individuabili; in numerosi casi non sono completati dalla malta (muratura a secco).

Fig. 4.3-10 - Alpe Soi. Edificio con lo stesso genere di muratura osservata a Pontetto (classificata come B2), ma con blocchi un po' più grandi.

Figg. 4.3-11 e 4.3-12 - Pianezza di san Carlo. Edifici realizzati con blocchi a spacco o "trovanti" mediamente di grandi dimensioni (più grandi nei risvolti angolari). I corsi orizzontali non sono regolari, per lo più sono accennati. Questo genere di muratura (classificato come B3) è il meno raffinato.

Fig. 4.3-13 - Frazione Piane di Bannio Anzino. Esempio di edificio rustico del genere B3, caratterizzato dalla presenza di "trovanti" di grandissime dimensioni.

nota 4.3-2 - CheVALLEY G., cit.

B2



4.3-10

B3



4.3-11

B3



4.3-12

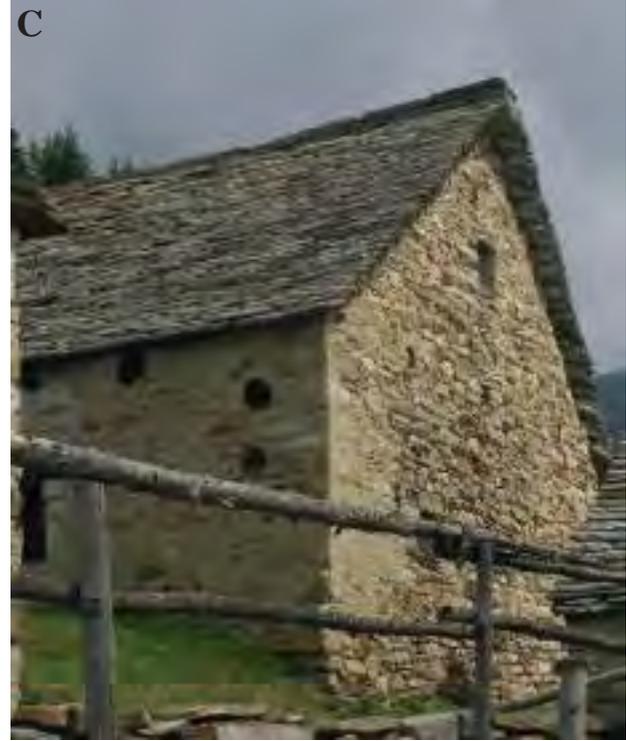
B3



4.3-13



4.3-14



4.3-15

Figg. 4.3-14 e 4.3-15 - Veglio di Montecrestre e Alpe Biscià (Craveggia). Due esempi di muratura “ottocentesca” costituita con cantonali semilavorati e paramento murario abbastanza eterogeneo. Le pietre del paramento sono generalmente più piccole che nei casi sinora illustrati.

Figg. 4.3-16 e 4.3-17 - Vanzone con San Carlo (IT) e San Carlo in Val Bavona (CH). Esempi di murature costruite con “trovanti” o blocchi a spacco di forma e dimensioni eterogenee. I ricorsi orizzontali talvolta sono bene individuabili, altre volte non sono presenti. Per ottenere un effetto di maggiore planarità gli spazi tra i giunti e i blocchi erano riempiti con piccoli elementi di scarto. I giunti di malta sono talvolta molto più spessi rispetto alle murature di tipo C.



4.3-16



4.3-17

4.3.2 - Tecniche di intervento

Il recupero degli edifici tradizionali montani richiede il soddisfacimento di requisiti normativi attuali; questi possono essere più o meno stringenti, in rapporto alle diverse finalità e ai quadri esigenziali definiti con i progetti di recupero.

Per esempio il raggiungimento di determinati valori di resistenza in relazione a interventi di miglioramento del comportamento all'azione sismica può essere raggiunto - o meno - in relazione a diversi fattori, tra cui i caratteri costruttivi (per esempio: tessitura delle murature, solai di legamento orizzontali, presenza di strutture spingenti, conformazione e possibile comportamento "scatolare" delle membrature verticali portanti).

Tuttavia una delle ragioni che rende alquanto difficoltoso il raggiungimento di determinati valori di resistenza (per l'adeguamento all'azione sismica, in particolare) va posto in relazione con la necessità di conservare i caratteri connotanti del patrimonio in questione (in rapporto ai valori architettonici e ambientali). La necessità di temperare esigenze tra loro anche contrastanti, impone al progettista la definizione di una gerarchia degli obiettivi da raggiungere (basata su sensibilità progettuale, solida preparazione e vincoli normativi cogenti).

Per tali ragioni sembra evidente che per salvaguardare i valori storici e architettonici in gioco siano da prediligere gli interventi di miglioramento strutturale quando l'adeguamento richiede interventi eccessivamente invasivi³. Considerato che gli interventi di miglioramento strutturale sono attuabili senza riserve sugli edifici vincolati secondo il Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, occorre fare chiarezza su ciò che si intende, in senso generale, per *vincolo*⁴, poiché non è stato sufficientemente dibattuto se i vincoli paesaggistici, ambientali o analoghi possono assumere la stessa rilevanza per gli effetti applicativi della normativa antisismica.

Il comportamento complessivo degli edifici in muratura agli effetti delle azioni sismiche è illustrato al capitolo 4.2.

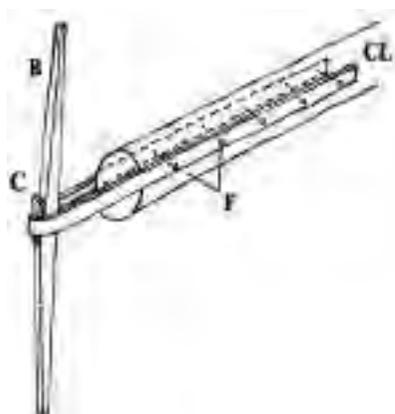
I principali interventi attuabili sugli edifici in questione per avvicinarli ad un comportamento di tipo scatolare, migliorandone complessivamente anche il comportamento sismico, sono illustrati nei paragrafi seguenti.

4.3.2.1 - Controventamenti per migliorare l'effetto scatolare degli edifici

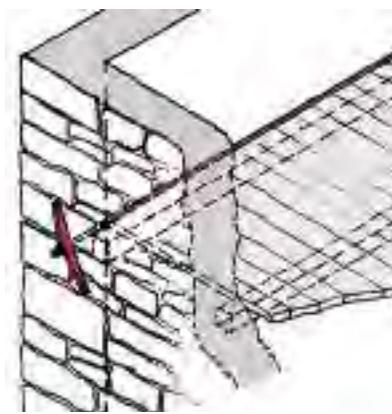
Lo scopo di questi interventi è quello di realizzare dei collegamenti sufficientemente rigidi tra le strutture verticali in modo da conseguire un comportamento il più possibile "scatolare", evitando pericolosi danneggiamenti delle strutture portanti come i ribaltamenti fuori dal piano di giacitura verticale di murature o distacchi di murature di facciata in corrispondenza di muri di controvento (per rotture a taglio o a

nota 4.3-3 - Questo argomento è trattato in modo approfondito dal D.P.C.M. 9 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*. Direttiva Presidente Consiglio dei Ministri, alla quale si rimanda.

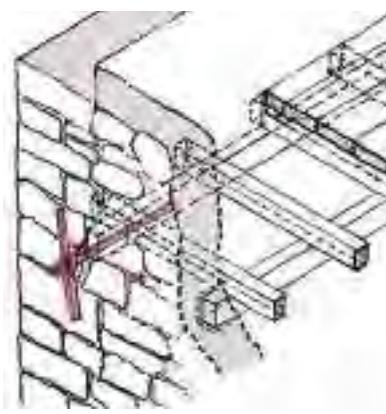
nota 4.3-4 - nelle aree oggetto di studio vi sono zone sottoposte a vincoli di tipo paesaggistico con richiami al D. Lgs 42/2004, altre comprese all'interno dei confini di Parchi Nazionali di grande importanza. Trattando qui di edifici inseriti in ambienti di elevato pregio fortemente connotati dalle costruzioni stesse, il problema di individuare quale genere di intervento sia più indicato privilegiare si evidenzia in tutta la sua rilevanza.



4.3-18



4.3-19



4.3-20

trazione), per esempio. In tal senso è importante provvedere al posizionamento di tiranti (o catene) vincolati alle murature. Le catene possono essere metalliche, vincolate con appositi capochiave alle murature da legare insieme; oppure le catene possono essere gli stessi travi portanti di solai lignei presenti nell'edificio adeguatamente collegati ai muri sempre mediante dei capochiave. L'inserimento di tiranti metallici tra muri opposti, generalmente è risolto ponendo la catena in posizione orizzontale in corrispondenza dei solai. Il posizionamento prevede che i tiranti siano ortogonali ai muri di facciata, corrano in aderenza ai muri di controventamento ortogonali alla facciata, magari inclusi negli spessori dei solai interpiano ma con la libertà di deformarsi indipendentemente rispetto a questi (mediante l'uso di guaine o fodere). I capochiave di completamento del sistema hanno l'evidente scopo di distribuire la forza di trazione sulla muratura e possono essere circolari, quadrati o con forma "a paletto". Il loro posizionamento sulla facciata esterna deve essere tale da offrire la maggiore resistenza conseguibile, coinvolgendo una porzione di muratura più ampia e più resistente possibile⁵. L'effetto scatolare può essere raggiunto predisponendo una "maglia" di catene in posizioni ortogonali tra loro (a due a due).

Le travi dei solai come catene trasversali sono collegate di solito a capochiavi esterni a staffa, resi solidali ai fianchi delle travi laterali di collegamento alla trave.

4.3.2.2 - Prove esplorative di valutazione della resistenza delle murature in corrispondenza dei capochiave dei tiranti

Nell'ambito degli interventi per migliorare il comportamento statico degli edifici di pietra esistenti, particolarmente utile e diffuso è l'impiego di tiranti metallici come innanzi illustrato. È importante conoscere la resistenza dei diversi generi di muratura in corrispondenza delle teste dei tiranti, in modo da valutare la forza che può essere sviluppata dal tirante stesso.

Una prima valutazione è stata effettuata con prove sperimentali esplorative su edifici reali confrontando i risultati con valutazioni ana-

Fig. 4.3-18 - Un modo storico ricorrente di fissare un capochiave a una trave di solaio era quello di utilizzare staffe metalliche forgiate, piegate e inchiodate al trave ligneo. Spesso, con il permanere di condizioni di umidità nella muratura e la presenza di insetti xilofagi, questo sistema di fissaggio perdeva di efficacia a causa del degrado ligneo, rendendo vana la presenza del capochiave.

Fig. 4.3-19 - Esempio di inserimento di tirante con capochiave a paletto in prossimità di un muro di controvento, con solaio interno a orditura semplice.

Fig. 4.3-20 - Esempio di inserimento di capochiave su trave principale di solaio con doppia orditura.

nota 4.3-5 -

(a) I capochiave a paletto sono solitamente posizionati in diagonale per entrare in contrasto con solai e muri interni di controventamento (fig. 4.3-19). Nel caso sia scelto l'utilizzo di questi capochiave, essi non dovranno essere posizionati:

- orizzontalmente, per evitare di trovarsi in corrispondenza di giunti di malta di allettamento,
- nemmeno verticalmente,

bensi dovranno essere inclinati tra 30° e 60° (circa 45°) per avere la reazione sia del muro di controvento sia del solaio interpiano.

(b) Con il capochiave a forma quadrata o circolare è opportuno predisporre delle nervature diagonali di rinforzo (fig. 4.3-21). Possibilmente occorre operare in modo da ottenere superfici omogenee di appoggio dei capochiave sui muri (evitando appoggi per punti); per conseguire tale risultato, se necessario occorre preliminarmente sigillare i giunti di muratura con malta e con scaglie di pietra (non solo malta, per forti spessori) per evitare accentuati fenomeni di ritiro e per ottenere una adeguata resistenza a compressione), sigillare i lembi laterali di contatto tra la piastra e la muratura (per evitare fuoriuscite di materiale dai lati) e colare nello spazio tra la piastra e il

muro malte fluide lievemente espansive, con adeguata resistenza meccanica a compressione (in relazione alle previsioni di progetto. Fig. 4.3-22)).

Il posizionamento delle catene metalliche può essere eseguito in alcuni modi fra loro alternativi. Tra i casi possibili sono proposti:

- con il posizionamento del tirante a filo del pavimento o al di sotto di questo. In tal caso, il tirante dovrà essere isolato dal sottofondo o dagli elementi che compongono la stratigrafia del pavimento, in modo da garantire la autonoma deformazione del tirante posto in opera,
- in pianta, nelle zone di innesto tra i muri verticali di controventamento ortogonali alla facciata, oppure in corrispondenza dei risvolti d'angolo delle facciate,

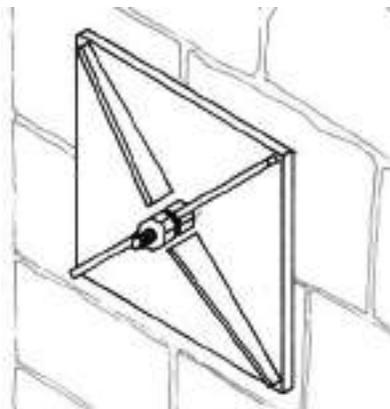
- sul piano verticale, in corrispondenza delle travi dei solai,

- nel caso delle volte di pietra, solitamente impiegate nelle parti interrato o seminterrate (per esempio, come strutture sopra le cantine) i tiranti possono essere inseriti in zona estradossale, nei rinfianchi,

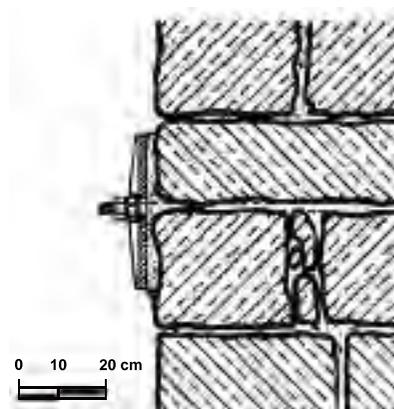
La catena va sempre posizionata dove c'è un contrasto (non si mettono i capochiave nella zona centrale delle murature per evitare di indurre flessioni nella muratura stessa).

Figg. 4.3-21 e 4.3-22 - Esempi di inserimento di capochiave a piastra quadrata snervata.

Figg. 4.3-23a e 4.3-23b - Schematizzazione del solido teorico di distacco della muratura in prossimità del capochiave circolare soggetto ad una forza crescente di trazione T .



4.3-21

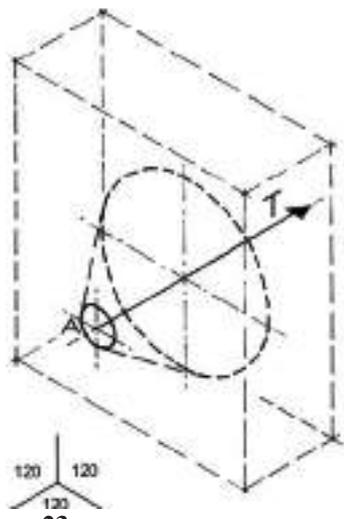


4.3-22

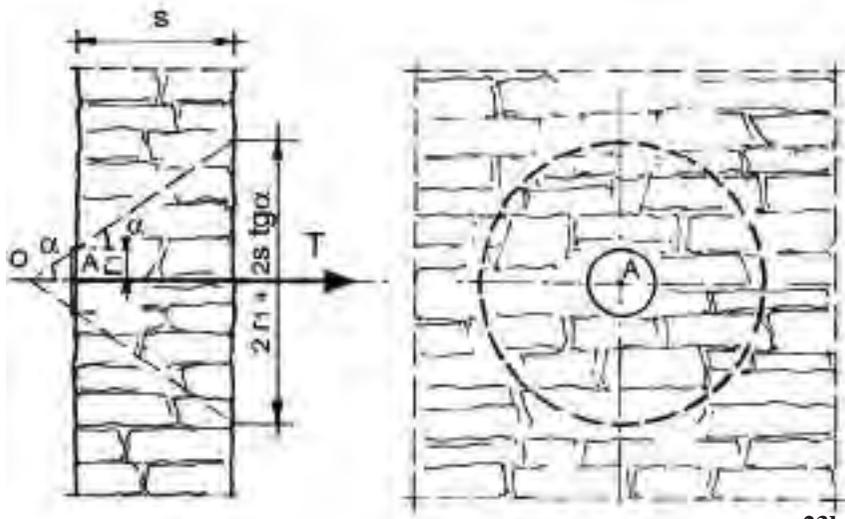
litiche. È stato scelto un tipo di tirante con capochiave circolare da applicare sulla superficie esterna di muri verticali e soggetto ad una forza orizzontale di trazione. Mastrodicasa⁴ ricorda che possono svilupparsi due fenomeni: il distacco per attrito tra i blocchi di pietra e il distacco per superamento della coesione tra i giunti di malta interposti tra i conci. I due fenomeni possono essere concomitanti.

Nel caso in oggetto è stato ipotizzato che il solo effetto che si oppone alla forza del tirante sia l'attrito tra i conci, poiché le murature esaminate o sono a "secco" o presentano solo parziali strati di malta poco consistente, posta in opera per chiudere le fessure e fermare le pietre piccole, ma non per avvolgere e collegare i blocchi lapidei più grandi.

Nel caso di murature abbastanza omogenee è plausibile l'ipotesi che applicando una forza crescente di trazione T al tirante si inneschi il distacco di una porzione di muratura con conformazione simile a un tronco di cono, con asse coincidente con il tirante, con base minore corrispondente al capochiave sulla superficie esterna del muro e base maggiore sul lato interno del muro (Fig. 4.3-23a e b). L'angolo di apertura del cono dipende dalla regolarità della muratura, dalla presenza dei giunti di malta, dall'ingranamento tra loro dei blocchi lapidei. Per



4.3-23a



4.3-23b

murature omogenee di mattoni o di blocchi regolari con giunti di buona malta, con elementi posti sfalsati e immorsati trasversalmente si può ipotizzare un angolo di apertura di 45° dall'asse di trazione⁶. tenendo conto che su un elemento infinitesimo di superficie del tronco di cono di distacco della muratura incombe un carico verticale unitario σ_v il valore massimo di T è stato determinato con l'integrale estesa al primo quadrante ($0 \div \pi/2$) e a tutto lo spessore s del muro (poi per simmetria moltiplicata per 4), che ha portato alla seguente formula:

$$T = 2 \sigma_v \mu s (2 r_1 + s)$$

dove μ è il coefficiente d'attrito statico.

Se si segue il ragionamento che la forza T è proporzionale alla componente verticale (σ_v) del carico che agisce sulla superficie inclinata del tronco di cono (superficie rivolta verso l'alto e superficie rivolta verso il basso) si giunge alla precedente medesima formula, che considera l'area della proiezione ortogonale sul piano orizzontale della porzione tronco conica di distacco:

$$T = 2 \sigma_v \mu s [2 r_1 + 2(r_1 + t)] / 2 = 2 \sigma_v \mu s (2 r_1 + 2 r_1 + 2 t) / 2 = 2 \sigma_v \mu s (2 r_1 + 2 s \operatorname{tg} \alpha)$$

Nel caso si adotti un angolo di aperture del cono diverso da 45° la formula diventa:

$$T = 2 \sigma_v \mu A,$$

dove A è l'area del trapezio che è proiezione sul piano orizzontale del tronco di cono di strappo.

Sono state svolte tre prove esplorative su muri di edifici presso la frazione Veglio del Comune di Montecrestese, in Val d'Ossola. È stata realizzata una semplice apparecchiatura costituita da un capochiave circolare ($\varnothing = 2 r_1 = 25.0$ cm) collegato a un tirante filettato passante attraverso un foro ricavato nel muro in esame. È stata realizzata anche una struttura di contrasto costituita da profilati metallici collegati da una piastra, di lunghezza tale da non interferire con il cono di strappo ($L = 114.5$ cm) posizionata dal lato interno del muro. La forza di trazione è generata dalla rotazione manuale, con chiave, di un bullone in-



4.3-24

nota 4.3-7 - Legenda:

σ_v ; σ = tensione di compressione verticale [N/mm²].

T = forza orizzontale di trazione [N]

μ = coefficiente di attrito statico [-]

f = rapporto $T / \sigma V A$, $f < \mu$ [-] A = area [m²]

s = spessore (del muro) [m]

r = raggio [m]

γ = peso specifico (muratura di pietra) [N/m³]

h = altezza [m]

Figg. 4.3-24-26 - Veglio, Montecrestese. Edificio ottocentesco oggetto della prima prova sui capochiave. La muratura è del genere C (cfr. Cap. 4.3.1)



4.3-25

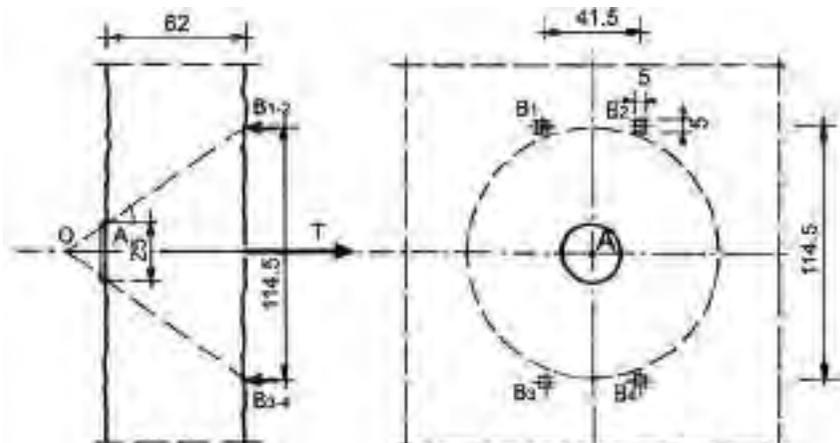


4.3-26



4.3-27

Fig. 4.3-27 - Veglio, Montecrestese. Esecuzione della seconda serie di prove, su muro non sormontato da sistema di copertura.



4.3-28

granato sulla barra filettata ed è stata misurata tramite cella dinamometrica ad anello Ø 31-16 mm (tipo KMR 200-HBM; incertezza di misura $\pm 2\%$).

La prima prova è stata svolta in corrispondenza del primo piano di un edificio a tre piani fuori terra costruito nel 1876 (Figura 4.3-24), con muratura spessa 55,0 cm e con un'altezza di muro sovrastante il punto di trazione A di $h = 500,0$ cm (Figg. 4.3-25 e 4.3-26). Poiché la muratura di pietra era piuttosto disomogenea e senza giunti di malta efficaci, è stato ipotizzato un tronco di cono di muratura strappata con un angolo rispetto all'asse del cono di circa 36° (rapporto semiapertura cono/spessore muro = 0.72). La forza massima applicata è stata di $T_A = 36,20$ kN (pari a 3620 daN) senza spostamenti delle pietre. La prova è stata interrotta per ragioni tecniche. Poiché la tensione media dovuta al peso del muro sovrastante è pari a:

$$\sigma_{VA} = \gamma \cdot h = 2300 \text{ daN/m}^3 \cdot 5,00 \text{ m} = 11500 \text{ daN/m}^2 = 1,15 \text{ daN/cm}^2,$$

$$\text{con un'area } A = 55,0 \cdot \left[\frac{(25 + (0,72 \cdot 55 \cdot 2) + 25,0)}{2} \right] =$$

$$55,0 \cdot (104,0 + 25,0) \cdot 1/2 = 3553 \text{ cm}^2,$$

la forza è:

$$t_A = 3620 \text{ daN} = 2 \cdot 1,15 \text{ daN/cm}^2 \cdot f \cdot 3553 \text{ cm}^2$$

e risulta $f = 0,44 < \mu$ (la forza applicata è inferiore alla massima forza di attrito statico e quindi $f < \mu$).

La seconda prova è stata eseguita con una strumentazione lievemente migliorata (con profilati a "C" e piedini di appoggio regolabili) (Figg. 4.3-27 e 4.3-28) su un muro di spessore $s = 62,0$ cm e tirante in un punto con muratura sovrastante di $h_A = 102,0$ cm. È stata raggiunta una forza $T_A = 16,20$ kN (pari a 1620 daN) con movimento di un blocco lapideo in uno dei quattro punti di contrasto B_1 con muratura sovrastante di $h_{B1} = 43,0$ cm.

$$\text{Con } \sigma_{VB1} = 2300 \cdot 0,43 = 989 \text{ daN/m}^2 = 0,0989 \text{ daN/cm}^2$$

e l'area $AB = [62,0 \cdot (44,6 + 44,6 + 5,0) \cdot 1/2] - [26,5 \cdot 36,5 \cdot 1/2] = 2597 \text{ cm}^2$, il coefficiente d'attrito è ricavabile dalla:

$$TB_1 = 1620/4 = 405 \text{ daN} = 2 \cdot 0,0989 \text{ daN/cm}^2 \cdot \mu \cdot 2597 \text{ cm}^2$$



4.3-29



4.3-30

e risulta $\mu = 0,79$.

La terza prova sperimentale (Fig. 4.3-29 e 4.3-30), con il tirante nel medesimo punto A della precedente prova ($h_A = 102,0$ cm dalla sommità del muro) ma con apparecchiatura posta orizzontalmente con punti B_{1-2} a $h_B = 81,5$ cm dalla sommità del muro, si è raggiunta una forza $T_A = 32,20$ kN (pari a 3220 daN). Non sono stati registrati spostamenti di pietre (la prova è stata interrotta per la deformazione di un piedino di appoggio). L'aderenza è raggiunta nel punto A con:

$$\sigma_{VA} = 2300 \text{ daN/m}^3 \cdot 1,02 \text{ m} = 2346 \text{ daN/m}^2 = 0,2346 \text{ daN/cm}^2$$

$$\text{Area AA} = \{[(44,7 \cdot 2) + 25,0 + 25,0] \cdot 1/2\} \cdot 62,0 = 4321 \text{ cm}^2,$$

La forza applicata è dunque:

$$t_A = 3220 = 2 \cdot 0,2346 \text{ daN/cm}^2 \cdot f \cdot 4321 \text{ cm}^2$$

con $f = 1,58 < \mu$ (la forza applicata è inferiore alla massima forza di attrito statico e $f < \mu$).

I valori dei coefficienti ottenuti nelle prove esplorative possono essere considerati in accordo con i valori che si ritrovano in bibliografia e possono essere presi in considerazione tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Mastrodicasa⁸ riporta nei calcoli un coefficiente di attrito $\mu = 0,75$ per muratura generica e un angolo di strappo di 45° .

- Borri e al.⁹ ricordano che per murature in pietra non perfettamente squadrate nasce un fenomeno di "ingranamento" tra i blocchi e lo spostamento richiede maggior energia rispetto al semplice scorrimento tra superfici piane a contatto poiché è necessario il sollevamento dei blocchi o la rottura a taglio delle asperità degli stessi. È riportato il valore di attrito $\mu = 0,3 \div 0,8$.

- Brencich¹⁰ riporta valori variabili di u compresi tra $0,3 + 1,6$ in relazione al modo di apparecchiare la muratura, con media $\mu = 1$ e coefficiente di variazione tra 30% e 50%.

- Le NTC 2008 (DM 14/01/2008) [16] indicano di assumere $\mu = 0,4$ nei calcoli per murature di mattoni con giunti di malta (piano di scori-

Figg. 4.3-24 e 4.3-26 - Veglio, Montecrestese. Esecuzione delle terza serie di prove.

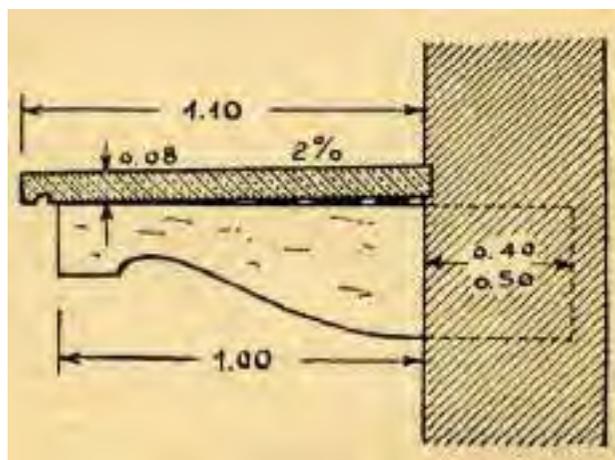
nota 4.3- 8 - MASTRODICASA S., cit., p. 625.

nota 4.3- 9 - BORRI A., CANGI, G., DE MARIA A., *Caratterizzazione meccanica delle murature (anche alla luce del recente sisma in Emilia) e interpretazione delle prove sperimentali a taglio*. In www.ingenioweb.it, website of the Ingenio, 11/09/2013.

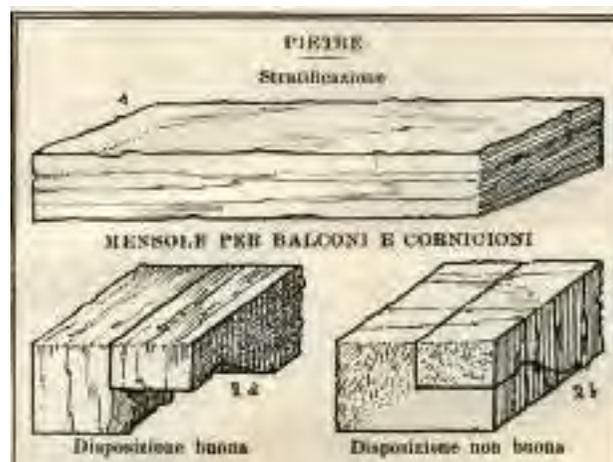
nota 4.3- 10 - BRENCICH A., *Tecniche Diagnostiche e loro analisi, course of Costruzioni di Infrastrutture per i trasporti – Laurea Specialistica in Ingegneria dei Trasporti e Logistica*, Università degli Studi di Genova – DISEG, Genova, p. 27.

nota 4.3- 11 - Circolare n. 617 - 02.02.2009, *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma 2009.

nota 4.3- 12 - HOEK K., BRAY J., *Rock slope Engineering*, Inst. of Mining and Metallurgy, II edition, 1977.



4.3-31



4.3-32

mento la malta).

-Hoek¹² riporta il coefficiente d'attrito teorico tra «roccia fratturata di granito» valutato con $\mu = \text{tg}\Phi$ e con $\Phi = 45^\circ - 50^\circ$ pari a $\mu = 1 \div 1,19$.

- In sperimentazioni presso il DISEG - Politecnico di Torino (S. Fasana) sono stati ottenuti, per lastre di copertura a spacco naturale in gneiss sovrapposte, valori di $\Phi = 30^\circ \div 41^\circ$ pari a $\mu = 0,7 \div 0,9$.

Il valore del coefficiente d'attrito ottenuto nelle prove esplorative in Val d'Ossola è compatibile con i valori in bibliografia e il valore del coefficiente ottenuto nella terza prova $f = 1,58$ è in relazione al fenomeno di "ingranamento" tra i blocchi di pietra.

4.3.2.3 - Modiglioni di pietra e lastre per balconi. Prime prove statiche

Il recupero delle architetture alpine richiede indicazioni per migliorare la sicurezza statica nel tempo delle mensole lapidee di sostegno dei balconi (modiglioni). Sono stati infatti registrati casi di rottura di modiglioni lapidei sia da molto tempo in opera (edilizia vetusta) sia relativamente recenti. Le dimensioni delle mensole da incastrare nei muri riportate nei manuali tecnici storici [AstrUA, LeVI] corrispondono ai valori riscontrati negli edifici tradizionali: sbalzo 100 cm, incastro nel muro circa $40 \div 50$ cm, sezione del modiglione all'incastro altezza circa 30 cm e base 18 cm. Le dimensioni delle lastre sono: larghezza 110 cm, luce tra gli assi degli appoggi (= passo dei modiglioni) circa 150 cm, spessore lastra $8 \div 10$ cm.

Sono stati svolti calcoli di verifica statica per questi elementi dimensionati come innanzi illustrato e sono stati ottenuti valori in accordo con le resistenze proprie del litotipo Serizzo riportate nelle bibliografie. Tensioni per la mensola a sbalzo:

$$\sigma = 2,96 \text{ N/mm}^2; \tau = 0,40 \text{ N/mm}^2.$$

Per le lastre in flessione poste su due appoggi:

$$\sigma = 1,98 \text{ N/mm}^2; \tau = 0,11 \text{ N/mm}^2.$$

Per la parte di muro che è soggetto a pressoflessione per via delle

nota 4.3- 13 - Le prove sulle mensole e sui materiali lapidei naturali sono state eseguite presso il MASTRLAB (Laboratorio di Materiali e Strutture) del Dipartimento ISEG dall'ing. arch. Elisa GENNA, con la collaborazione di docenti, ricercatori e tecnici.

Un particolare ringraziamento all'ing. Marco C. ALLESSIO e a Giuseppe PROVENZANO per la loro disponibilità.

mensole incastrate (di 0,35 cm) si è ottenuto: $\sigma_{\max} = 2,34 \text{ N/mm}^2$.

Con la ricerca Interreg sono state svolte serie di prove di laboratorio per analizzare le caratteristiche del materiale lapideo, in particolare è stato testato materiale lapideo Serizzo Antigorio proveniente da Cave di San Rocco (in seguito indicato CSR) e da Rivasco Cave (in seguito indicato RC). Le prove sono state svolte con le procedure riportate nelle norme UNI EN 1926:2007 su provini standard.

Nelle tabelle che seguono sono riportati alcuni valori medi ottenuti.

Prove di compressione (su provini 300 x 50 x 50 mm)		
Compressione ortogonale alle giaciture dei piani di scistosità		
su 10 provini Csr	$\sigma_{\text{media}} = 172,23 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 11,29$
su 10 provini rC	$\sigma_{\text{media}} = 185,25 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 8,90$
Compressione parallela alle giaciture dei piani di scistosità		
su 10 provini Csr	$\sigma_{\text{media}} = 200,91 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 18,50$
su 10 provini rC	$\sigma_{\text{media}} = 183,86 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 12,15$

Prove di flessione sotto carico concentrato (su provini 300 x 50 x 50 mm)		
Flessione con direzione del carico ortogonale alle giaciture dei piani di scistosità		
su 10+10 provini rC	$\sigma_{\text{media}} = 16,32 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 1,13$
Flessione con direzione del carico parallela alle giaciture dei piani di scistosità		
su 10+10 provini rC	$\sigma_{\text{media}} = 16,02 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,91$

Figg. 4.3-33 e 4.3-34 - MASTRLAB del DISEG, Politecnico di Torino. Campioni standard sottoposti a prove di compressione.



4.3-33



4.3-34

Prove di flessione sotto carico concentrato (su provini 600 x 100 x 100 mm)		
Flessione con direzione del carico ortogonale alle giaciture dei piani di scistosità		
su 5 provini rC	$\sigma_{\text{media}} = 14,00 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 1,60$
Flessione con direzione del carico parallela alle giaciture dei piani di scistosità		
su 5 provini rC	$\sigma_{\text{media}} = 13,39 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,40$
Prove di flessione sotto momento costante (su provini 300 x 50 x 50 mm)		
Flessione con direzione del carico ortogonale alle giaciture dei piani di scistosità		
su 6 provini Csr	$\sigma_{\text{media}} = 5,99 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,96$
Flessione con direzione del carico parallela alle giaciture dei piani di scistosità		
su 6 + 6 provini Csr	$\sigma_{\text{media}} = 15,01 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 1,00$
Prove di flessione sotto momento costante (su provini 600 x 100 x 100 mm)		
Flessione con direzione del carico ortogonale alle giaciture dei piani di scistosità		
su 5 + 5 provini Csr	$\sigma_{\text{media}} = 7,47 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,57$
Flessione con direzione del carico parallela alle giaciture dei piani di scistosità		
su 5 provini Csr	$\sigma_{\text{media}} = 9,40 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,35$

Sono state inoltre svolte prove di flessione su modiglioni di dimensioni molto vicine a quelle reali (200 x 200 x 1100 mm)

Prove di flessione su modiglioni (su provini 200X200X1100 mm)				
su 3 provini con piani di scistosità orizzontali	$\sigma_{\text{media}} = 13,31 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,35$	$\tau = 1,13 \text{ N/mm}^2$	Deviazione standard = 0,006
su 4 provini con piani di scistosità verticali	$\sigma_{\text{media}} = 11,12 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,35$	$\tau = 0,93 \text{ N/mm}^2$	Deviazione standard = 0,080
su 4 provini con piani di scistosità ortogonali agli assi maggiori dei modiglioni (soluzione chiaramente da evitare)	$\sigma_{\text{media}} = 3,91 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{\text{deviazione standard}} = 0,35$	$\tau = 0,33 \text{ N/mm}^2$	Deviazione standard = 0,046

Figg. 4.3-35 e 4.3-36 - MASTRLAB del DISEG, Politecnico di Torino. Campioni sottoposti a prove di flessione sotto carico concentrato.



4.3-35



4.3-36

BIBLIOGRAFIA Cap. 4.3

- BertAMInI t ., *Storia di Montecrestese*, Oscellana, Domodossola, 1991 p. 209
- BOrri A., CAnGI, G., De MArIA A., *Caratterizzazione meccanica delle murature (anche alla luce del recente sisma in Emilia) e interpretazione delle prove sperimentali a taglio*. In www.ingenioweb.it, website of the Ingenio, 11/09/2013.
- Bren CICH A., *Tecniche Diagnostiche e loro analisi*, corso di Costruzioni di Infrastrutture per i trasporti – Laurea Specialistica in Ingegneria dei Trasporti e Logistica, Università degli Studi di Genova – DISEG, Genova, p. 27
- CHeVALLeY G., *Elementi di Tecnica dell'Architettura. Materiali da costruzione e grosse strutture*, Torino, 1924, p. 108
- Circolare n. 617 - 02.02.2009, *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma 2009
- D.P.C.M. 9 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*, Direttiva Presidente Consiglio dei Ministri
- HOeK K., BRAY J., *Rock slope Engineering*, Inst. of Mining and Metallurgy, II edition, 1977
- MAstrODI CA SA S ., *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Hoepli, Milano, 1943

4.4 - BALCONI

di ICCARDO in eLVA

4.4.1 Criteri di dimensionamento di massima di lastre e mensole di balconi di pietra

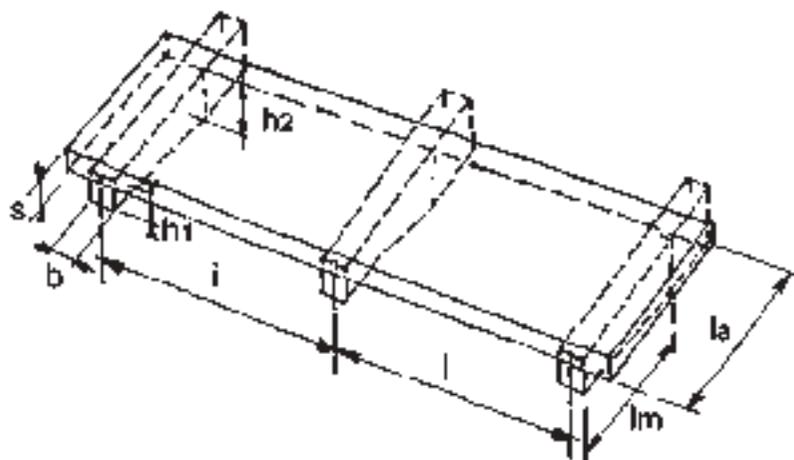


Fig. 4.4- 1 - Schema di un balcone formato da lastre su mensole incastrate sul muro di facciata.

4.4-1

nota 4.4- 1 - Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) ammettono il metodo di verifica alle tensioni ammissibili (paragrafo 2.7) per le costruzioni tipo 1 e tipo 2 (opere ordinarie con vita nominale ≥ 50 anni) e classe d'uso I e II (costruzioni in cui si preveda normali affollamenti) limitatamente ai siti ricadenti in zona sismica 4.

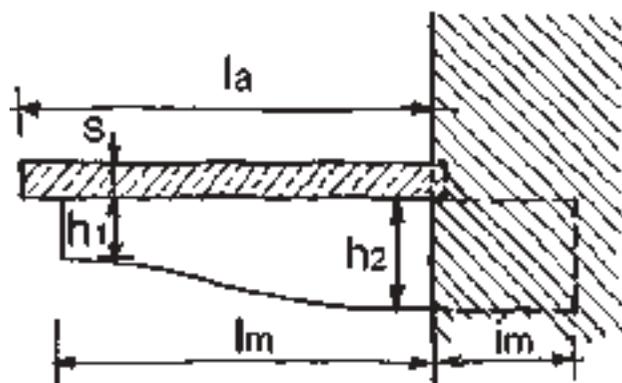
In questo paragrafo vengono presi in considerazione balconi realizzati con lastre lapidee piane posate su mensole incastrate nella muratura di facciata.

Per la verifica delle mensole e delle lastre si potrebbero impiegare metodi agli stati limite nel caso in cui si potesse disporre di una vasta base di dati sperimentali di rilevanza statistica per i diversi materiali impiegati, provenienti da differenti località di estrazione, e per l'incidenza delle diverse lavorazioni.

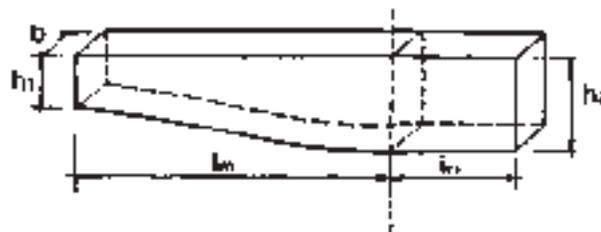
Nel caso specifico dell'esempio esaminato, mancando tale supporto statistico di dati, vengono impiegati gli usuali metodi di dimensionamento di massima, basati sulle tensioni ammissibili¹ e su coefficienti di sicurezza ponderati. Essi tengono conto della difficoltà, a livello dia-

Fig. 4.4- 2 - Sezione trasversale di un balcone in lastre di pietra su mensole incastrate.

Fig. 4.4- 3 - Schema delle dimensioni di una mensola.



4.4-2



4.4-3

agnostico, di valutare la presenza di eventuali difetti strutturali occulti nei materiali lapidei. Sarà in futuro necessario avviare delle campagne di prove sulle caratteristiche meccaniche dei materiali impiegabili nelle diverse condizioni di esposizione e di esercizio.

4.4.1.1 - Dimensioni del balcone e degli elementi costituenti

- Lastra in pietra di gneiss

larghezza $l_a = 1,10$ m, spessore $s = 0,09$ m, interasse di posa sulle mensole $i = 1,80$ m.

- Mensola

lunghezza totale $l_m + i_m = 1,45$ m, sbalzo della mensola $l_m = 1,00$ m, parte incastrata nel muro $i_m = 0,45$ m, altezza all'estremità dello sbalzo $h_1 = 0,18$ m, altezza all'incastro $h_2 = 0,30$ m, larghezza della mensola $b = 0,18$ m.

ANALISI DEI CARICHI SUL BALCONE

Carico variabile verticale uniformemente distribuito DM 14/01/2008 (folla compatta): $4,00$ kN/m²

Peso proprio lastra a metro quadrato: 27 kN/m³ · $0,09$ m = $2,43$ kN/m²

Peso ringhiera: $0,20$ kN/m

Peso proprio mensola (parte a sbalzo) a metro:
 $(0,30+0,18)$ m · $\frac{1}{2}$ · $0,18$ m · 27 kN/m³ = $1,17$ kN/m

4.4.1.2 - Verifica di massima a flessione della lastra

Carico sulla lastra inflessa a metro:

$$q_{\text{lastra}} = 4,00 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,10 \text{ m} + 2,43 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,10 \text{ m} + 0,20 = 4,40 \text{ kN/m} + 2,67 \text{ kN/m} + 0,2 \text{ kN/m} = 7,27 \text{ kN/m}$$

l (teorica, a vantaggio della sicurezza) = $1,80$ m

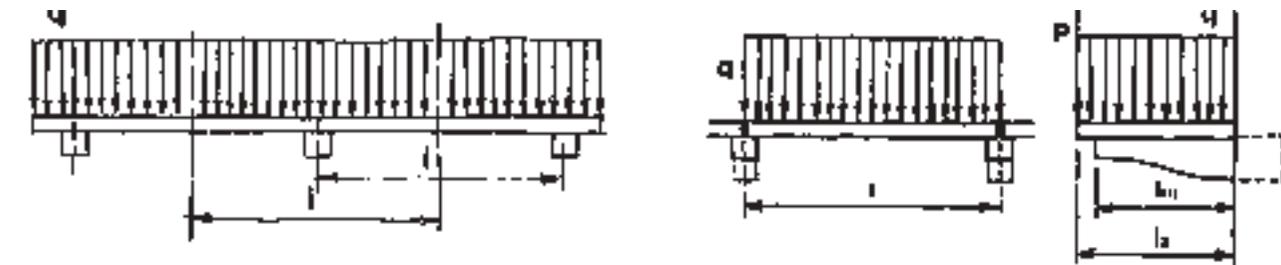
$$M_{\text{max}} = q \cdot l^2 \cdot 1/8 = 2,944 \text{ kN m}$$

$$W = b \cdot h^2 \cdot 1/6 = 1,10 \cdot 0,09^2 \cdot 1/6 = 1,485 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma = M/W = 2,944 \text{ kNm} / 1,485 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1,98 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 1,98 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{max}} = 3 \cdot T / (2 \cdot l_a \cdot s) = 3 (7,27 \text{ kN} \cdot 1,80/2) / (2 \cdot 1,10 \cdot 0,09) = 3 \cdot 6,54 \cdot 10^{-3} / (2 \cdot 1,10 \cdot 0,09) = 0,10 \text{ MPa}$$

Fig. 4.4- 4 - Schemi di carico di un balcone lapideo.



per la flessione e dell'ordine di 9 per il taglio e rientrano nei limiti delle tensioni ammissibili.

4.4.1.3 - Verifica di massima a flessione della mensola incastrata

Carichi su una mensola intermedia, al m:

$$q_{\text{mensola}} = (4,00 + 2,43) \text{ kN/m}^2 \cdot 1,80 \text{ m} = 11,57 \text{ kN/m}$$

Carico concentrato ringhiera all'estremo dello sbalzo:

$$P = 0,20 \text{ kN/m} \cdot 1,80 \text{ m} = 0,36 \text{ kN}$$

Momento flettente all'incastro:

$$M_{\text{max}} = P \cdot l + q \cdot l^2 \cdot 1/2 = 0,36 \text{ kN} \cdot 1,10 \text{ m} + 11,57 \cdot 1,10^2 \cdot 1/2 + 1,17 \text{ kN/m} \cdot 1,00^2 \text{ m} \cdot 1/2 =$$

$$= 0,40 \text{ kN m} + 7,00 \text{ kN m} + 0,58 \text{ kN m} = 7,98 \text{ kN m}$$

Momento resistente mensola:

$$W = b \cdot h^2 \cdot 1/6 = 0,18 \text{ m} \cdot 0,30^2 \text{ m} \cdot 1/6 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma = M/W = 7,98 \text{ kN m} / 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 2,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{max}} = 3 T / 2 b h_2 =$$

$$= (3/2) \cdot (1,17 \text{ kN} + 0,36 \text{ kN} + 11,57 \text{ kN/m} \cdot 1,10 \text{ m}) / 0,054 \text{ m}^2 =$$

$$= 3/2 \cdot 14,26 \text{ kN/m} / 0,054 = 0,40 \text{ MPa}$$

Questi risultati, confrontati con i valori sperimentali e con i dati in bibliografia, corrispondono a un coefficiente di sicurezza dell'ordine di 4 per la flessione e dell'ordine di 2,5 per il taglio.

4.4.1.4 - Verifica all'incastro nella muratura in pietra

Area di impronta orizzontale dell'incastro nel muro:

$$0,45 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} = 0,081 \text{ m}^2;$$

Momento resistente impronta orizzontale:

$$W = b \cdot h^2 \cdot 1/6 = 0,18 \times 0,45^2 \times 1/6 = 6,075 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Momenti di incastro $M_i = 7,98 \text{ kN m}$

Carico verticale $P_v = 14,26 \text{ kN}$

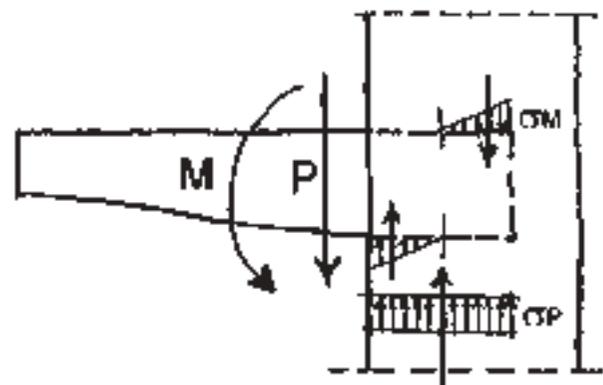
Carico della muratura verticale ipotizzata alta 3 m:

Fig. 4.4- 5 - Domodossola. Esempio di mensola lapidea sagomata.

Fig. 4.4- 6 - Schema delle condizioni di incastro nel muro di una mensola di balcone.



4.4-5



4.4-6

$$0,081 \text{ m}^2 \times 24 \text{ kN/m}^3 \times 3 \text{ m} = 5,83 \text{ kN}$$

$$\sigma = P/A \pm M/W =$$

$$= (14,26 + 5,83) \text{ kN}/0,081 \text{ m}^2 \pm 7,98 \text{ kN m} / 6,075 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 =$$
$$20,06 \text{ kN}/0,081 \text{ m}^2 \pm 1,31 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 0,25 \text{ MPa} \pm 1,31 \text{ MPa} =$$
$$= + 1,56 \text{ MPa}; - 1,06 \text{ MPa}$$

I risultati ottenuti consigliano di verificare che nei punti di incastro delle mensole le murature siano ben legate con tessiture omogenee e blocchi di ripartizione dei carichi.

La staticità della mensola viene garantita dalla muratura sovrastante gravante verticalmente che viene coinvolta dalla parte di mensola inserita nel tessuto murario. È ragionevole pensare che la parte di muratura interessata sovrastante la mensola sia ben maggiore dell'area dell'incastro, il fenomeno è analogo a quello che avviene nel caso di un capochiave di tirante che interessa un'area ben maggiore di muratura rispetto al solo capochiave.

È evidente che la mensola deve essere incastrata in un punto del muro di facciata dove vi è sovrastante una sufficiente altezza di muratura (occorre evitare le zone degli architravi delle finestre ed è necessario posizionarsi a distanza dalle aperture).



4.4-7

4.5 - IL tetto COnto MAntO “DI PIODE”

S ArA FAsAnA , PAOLO S CARZeLLA

nota 4.5-1 - COnto G. M., Oneto G., *cit.* 2008.

Fig. 4.5-1 - Naviledo. Edificio con “tetto-scala” realizzato su volume accessorio per l’accesso ai livelli superiori.

Fig. 4.5-2 - Tetto tradizionale a Veglio (Montecrestese): connotano l’immagine l’elevata pendenza e il volume del comignolo.

Fig. 4.5-3 - Naviledo, Montecrestese. Scorcio sui caratteristici tetti di pietra della borgata.



4.5-1



4.5-2

Il tetto costituisce un elemento fortemente connotante il paesaggio dell’architettura Ossolana e Ticinese (Fig. 4.5-3), quasi simbolico. La sua immagine è storicamente legata alla disponibilità di materiali locali, che ha determinato alcune varietà, sinteticamente, ma non esaustivamente, riconducibili ai tre generi che seguono e alle rispettive aree di pertinenza¹:

- l’area dei tetti con manto in lastre di pietra di elevato spessore, corrispondente alla Valle Ossola e alle sue valli laterali (Fig. 4.5-1);

- l’area dei tetti con manto in lastre di pietra di piccolo spessore o in scandole di legno, corrispondenti alle parti alte delle Valli Anzasca, Divedro, Formazza e Strona, generalmente indicata come zona Walser;

- l’area dei tetti con manto in lastre di pietra di piccolo spessore, in tegole di laterizio o, limitatamente ad aree più ristrette, di paglia di segale, corrispondente alle zone dei laghi (lago Maggiore e lago d’Orta).

Questo capitolo tratta in particolare i tetti con manto di lastre di pietra di elevato spessore, realizzati con spesse lastre di gneiss scistoso, anche note come *beole* (ad indicare un litotipo) o *piode* (ad indicare la singola lastra).

L’immagine immediatamente riconoscibile di questi tetti si caratterizza per i) struttura portante realizzata da capriate semplici, generalmente senza unica trave di colmo, ii) elevata pendenza delle falde (Fig. 4.5-2), e iii) manto in lastre di pietra di elevato spessore, posate con minima pendenza (7 - 8 %) e appoggiate sulla struttura lignea.

tali strutture possono sopportare carichi notevoli.



4.5-3

4.5.1 - La struttura portante

La struttura portante dei tetti con manto di piode è generalmente costituita da capriate semplici, realizzate con elementi di legno di larice o castagno, non lavorati o grossolanamente riquadrati all'ascia, che costituiscono la *struttura primaria*. I puntoni (PU), sono uniti al vertice con giunzione a mezzo legno, fissati con un chiodo (BI, *birol*) di legno di maggiociondolo e sono vincolati inferiormente alla catena (CA) con incastro a dente semplice (ds, Fig. 4.5-6). La catena è generalmente vincolata con unione a sella, più raramente a incastro, a due dormienti (o banchine laterali - BA) che collegano le capriate ripartendone il carico verticale sulla muratura di pietra. Le capriate, così costituite, sono poste tradizionalmente ad interasse di poco superiore al metro e sono, come è noto, una struttura semplice di tiranti (CA) e puntoni (PU). Il sistema del tetto diviene un sistema statico spaziale, costituito da una capriata reticolare, grazie alla presenza di ulteriori elementi che ne rappresentano la *struttura secondaria*. I correnti orizzontali (CO, *tempiare*) sono posati sui puntoni (Fig. 4.5-4) parallelamente alla linea di gronda, ad interasse circa di 15 cm e costituiscono l'orditura di sostegno alle lastre del manto (PI, *piode*). Gli elementi di rinforzo (SA) nel piano di falda

Figg. 4.5-4,7 - Veglio (Montecrestese).

-4- Particolare del nodo con i chiodi (CV, *ka-vic*) di supporto dei correnti, infissi entro fori praticati sul dorso dei puntoni; tali elementi erano tradizionalmente realizzati con legno duro, resistente e durevole, come il maggiociondolo o il castagno.

-5 - Struttura di un tetto tradizionale, con traverse (TV) caratteristiche delle capriate di notevole ampiezza;

-6 - Particolare della giunzione a dente semplice (ds) tra puntoni (PU) e catena (CA);

-7 - Vista della struttura del tetto con la saetta (SA) nel piano della falda.



4.5-4



4.5-6



4.5-7



4.5-5

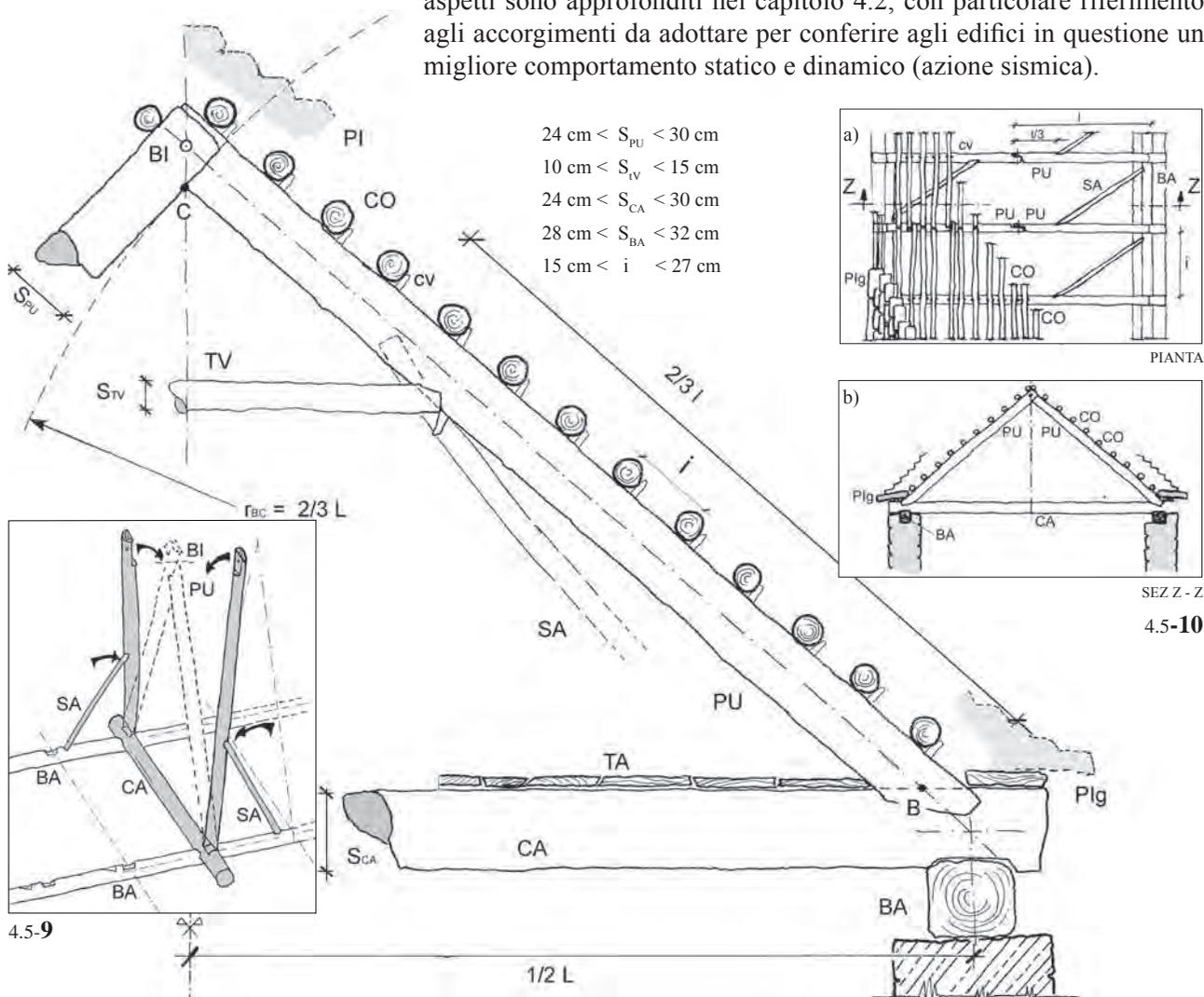
Fig. 4.5-8 - Schema assonometrico di montaggio di una capriata a tenaglia: si interpreta in particolare la funzione delle saette (SA), inclinate in direzione opposta nelle due falde: in fase di montaggio collaborano alla chiusura del nodo al vertice, prima del fissaggio con il birol (BI); poi hanno funzione di elementi di controventamento.

Fig. 4.5-9 - sezione di capriata tradizionale con indicazione di rapporti geometrici tra le parti e regola di tracciamento (da G. BrettO).

Fig. 4.5-10 - Pianta a) e sezione b) di capriata tradizionale.

(che a tetto ultimato assolvono anche la funzione di controventi - Fig. 4.5-7) sono tradizionalmente inseriti durante le fasi di montaggio delle capriate a tenaglia (Fig. 4.5-10): incastrati in basso (sezione maggiore) sulla banchina e in alto a circa 2/3 del puntone, essi collaborano alla chiusura del nodo *a mezzo legno* al vertice della capriata. In presenza di luci significative, possono essere presenti delle traverse (TV, sbacc), per ridurre l'inflessione dei puntoni (Fig. 4.5-5, 8).

Le dimensioni ricorrenti delle sezioni degli elementi della struttura principale sono indicati con riferimento alla sezione di Fig. 4.5-8. A tali dimensioni occorre fare riferimento (con gli opportuni accorgimenti per gli aspetti statici) nel caso di interventi di integrazione o sostituzione di singoli elementi in strutture esistenti. In generale, la varietà di modi di realizzare il sistema costruttivo del tetto (in particolare i collegamenti tra le strutture primarie e secondarie, e tra queste e la muratura su cui il carico verticale del tetto viene distribuito), può conferire ad esso varietà di comportamenti strutturali. Raramente essi sono rispondenti agli attuali requisiti delle vigenti norme tecniche per le costruzioni. Tali aspetti sono approfonditi nel capitolo 4.2, con particolare riferimento agli accorgimenti da adottare per conferire agli edifici in questione un migliore comportamento statico e dinamico (azione sismica).



4.5.2 - Varietà nei modi di disporre le capriate “di testata”

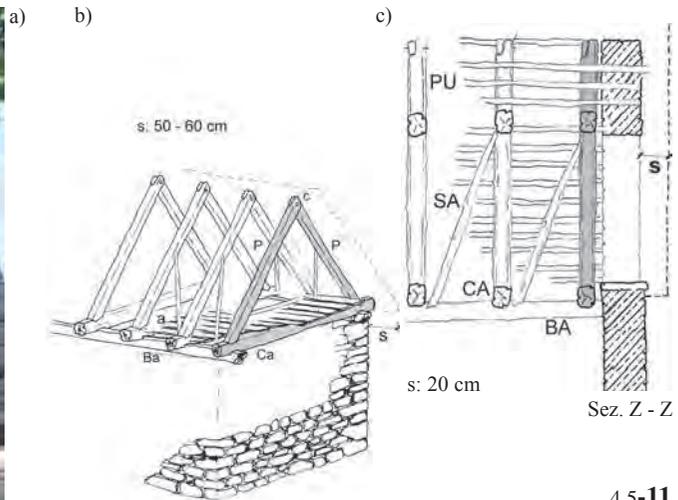
La posizione della capriata di testata contribuisce a definire i modi ricorrenti di organizzare la parte terminale di molti edifici rurali a manica semplice. Per questo deve essere posta adeguata attenzione alla lettura delle soluzioni tecniche adottate e ai loro risvolti compositivi, allo scopo di successivamente definire eventuali nuovi elementi di chiusura da utilizzare nel recupero (o elementi complementari a quelli esistenti). Di seguito sono proposti alcuni esempi significativi per illustrare la varietà di immagine dei prospetti di frontone, corredati da schemi e sezioni che ne evidenziano gli elementi connotanti (cfr. glossario² a fianco).

T.I) Capriata interna adiacente: la capriata di testata è posta sul lato interno del muro; lo sporto (s) della copertura rispetto al filo della facciata è minimo, generalmente di circa 20 cm o di poco superiore (Fig. 4.5-11).

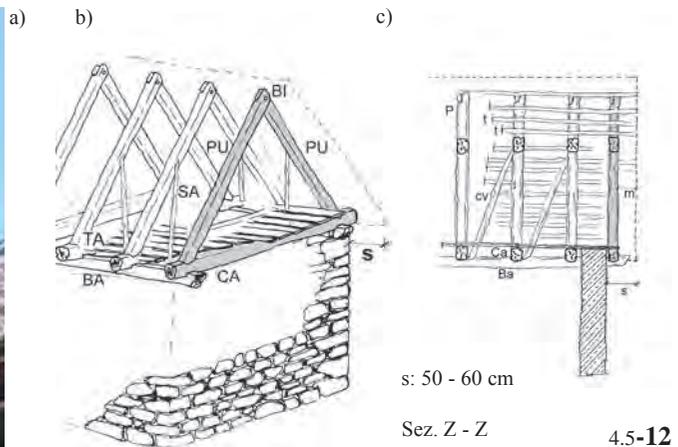
T.II) Capriata esterna adiacente: la capriata di testata è posta sul lato esterno del muro di frontone (Fig. 4.5-12), in adiacenza ad esso;

nota 4.5-2 - Con riferimento alle figure che illustrano il paragrafo 4.5.2, è di seguito riportato un piccolo glossario di elementi connotanti, leggibili nelle soluzioni ricorrenti in esse raffigurate:

- (a) assito di grandi tavole di legno;
- (BA) trave di banchina;
- (BI, *birol*) perno passante di legno per la connessione dei puntone al vertice della capriata;
- (CA) catena della capriata semplice;
- (CO, *tempiare*) correnti per il supporto delle lastre delmanto;
- (cv, *cavic*) chiodo o perno di legno per il supporto dei correnti (generalmente solo a valle di questi);
- (SA, *saiotta*) saetta, piccola trave inclinata, nel piano della falda, presente nelle capriate di tutte le dimensioni;
- (m) aggetto del manto (oltre PU);
- (PU) puntone o falso puntone;



4.5-11



4.5-12

(pa) ciuffi di paglia
 (piv, pivàt) mensola per l'incastro del falso puntone, in sostituzione della catena (CA);
 (r) rastrelliera di legno;
 (s) sporto (o aggetto) della falda del tetto (compresa la struttura lignea) rispetto al filo esterno della muratura;
 (sc) sciaveri di legno per il tamponamento delle aperture degli spazi di sottotetto;
 (to) tondoni di legno per il tamponamento delle aperture degli spazi di sottotetto, incastrati alternativamente alle tempiere (CO).

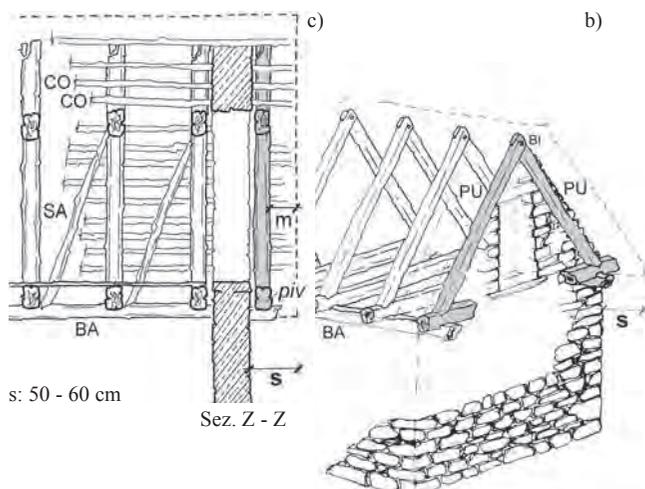
Fig. 4.5-11 - Soluzione di testata T.I:
 a) esempio su casa a due piani a Veglio (Montecrestese - IT); b) assonometria e c) sezione schematica.

Fig. 4.5-12 - Soluzione di testata tipo T.II:
 a) fienile a Naviledo (IT), con prolungamento del muro oltre il prospetto di frontone.; b) assonometria e c) sezione schematica.

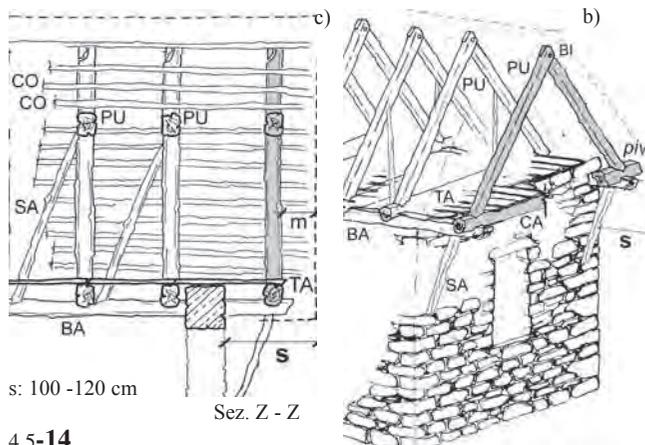
la catena (Ca) poggia generalmente sul prolungamento delle travi di banchina (Ba), lo sporto (s) massimo è di 50 - 60 cm circa.

T.III) Falsi puntone esterni incastrati su mensole di gronda, adiacenti: questa soluzione è simile alla precedente, ma con la capriata sostituita da falsi puntone incastrati su mensole di gronda (*piv*), localmente denominate *pivàt*, opportunamente sagomate e incastrate sulle banchine (Fig. 4.5-13); tale accorgimento risulta generalmente funzionale ad un più agevole utilizzo delle grandi aperture di servizio per i locali di sottotetto. Si notano esempi anche in presenza di timpano chiuso: in questo caso la soluzione, che è esteticamente più gradevole, consiste nell'eliminare la catena (qui non necessaria per il sostegno dell'assito, realizzato solo all'interno) e nel mantenere i soli elementi di incastro, che risultano in posizione maggiormente protetta dalle intemperie. Da un punto di vista statico, la soluzione risulta comunque coerente, se si considerano la spinta ridotta del manto (il cui aggetto (m) non è superiore, in questo caso, a 30 - 40 cm circa) e la presenza, talvolta, di una doppia corona orizzontale di travi di banchina

T.IV) Capriata esterna, con sporto elevato: specialmente nel caso di edifici con prospetto di frontone che si sviluppi per più di due piani



4.5-13



4.5-14



fuori terra, o in presenza di aperture o balconi ai piani di abitazione sottostanti, le capriate esterne possono essere poste a distanza maggiore dalla muratura; come nel caso T.II, esse poggiano con incastro a mezzo legno sui prolungamenti delle travi di banchina (BA), al cui sostegno collaborano generalmente due saette lignee (SA). Lo sporto totale (s) della copertura può anche raggiungere dimensioni intorno a 120 cm (Fig. 4.5-14).

T.V) Chiusura delle aperture del prospetto di frontone con scia-veri verticali a), tondoni b) o rastrelliere di legno c), raramente tamponate con ciuffi di paglia d) o ramaglie: in presenza di grandi aperture sulla facciata di frontone di edifici agricoli, è usuale trovare chiusure realizzate con elementi di materiali differenti, allo scopo di proteggere gli spazi interni e di consentirne l'aerazione (tali spazi erano generalmente dedicati al ricovero di animali o alla conservazione dei foraggi). Gli scia-veri di legno (SC), posati in verticale, (Fig. 4.5-15) erano generalmente inchiodati agli elementi della struttura lignea, dall'esterno; tale accorgimento costruttivo, necessario in presenza di tavolato interno (TA) appoggiato sulla catena (CA) delle capriate, ri-

Fig. 4.5-13 - Soluzione di testata T.III:

a) timpano chiuso, con conservazione della stratificazione storica, a Corippo (CH.); b) assonometria e c) sezione schematica.

Fig. 4.5-14 - Soluzione di testata T.IV:

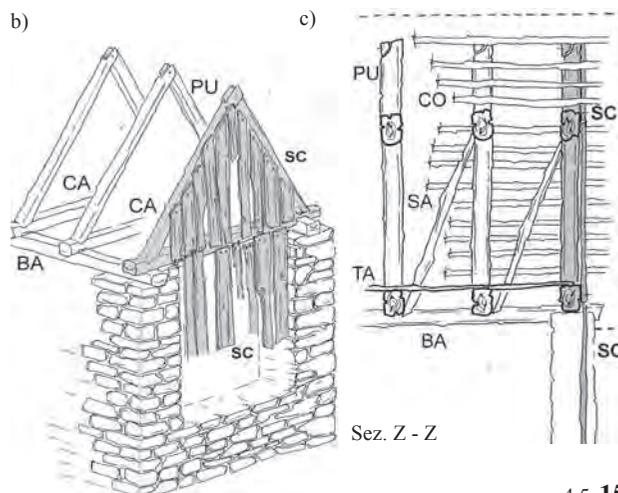
a) timpano aperto su edificio a due piani a Corippo (CH); b) assonometria e c) sezione schematica.

Fig. 4.5-15 - Soluzione di testata T.V.a):

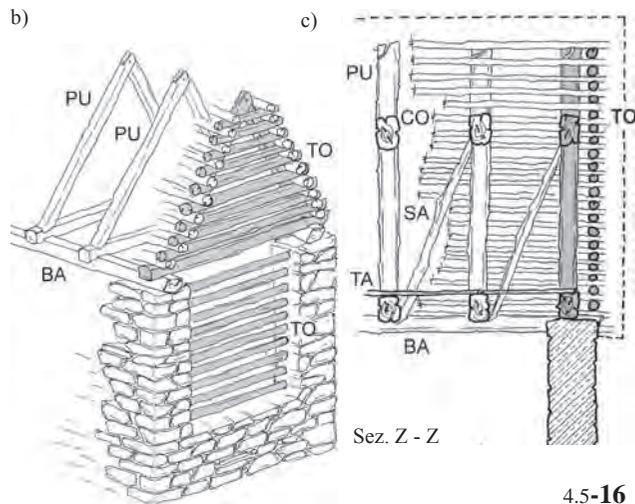
a) tamponamento della grande apertura di frontone con scia-veri di legno in edificio a naviledo); b) assonometria e c) sezione schematica.

Fig. 4.5-16 - Soluzione di testata T.V.b):

a) tamponamento della grande apertura di frontone con tondoni di legno in edificio agricolo a rivasco); b) assonometria e c) sezione schematica nel caso di posa esterna alla capriata di testata.



4.5-15



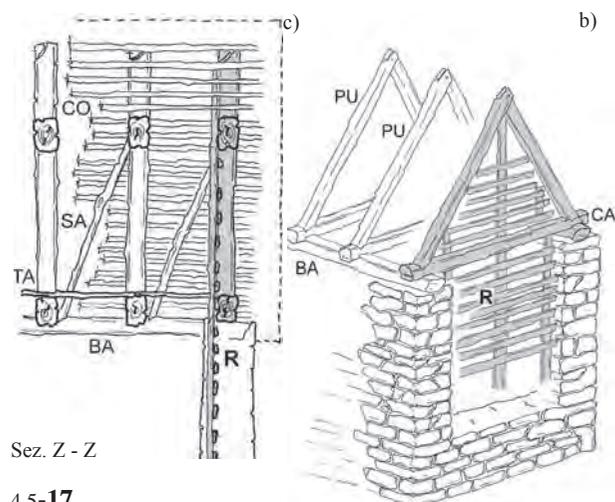
4.5-16

sulta anche coerente, per esempio, per opporre resistenza alla spinta del vento. I tondoni (TO) (Fig. 4.5-16), elementi di legno, generalmente non lavorati, aventi sezione di 12 cm circa, erano incastrati, alternandoli, alle *tempiare* (CO) di supporto al manto; potevano essere posati sia all'interno che all'esterno delle capriate di testata. Meno diffusi, i tamponamenti realizzati con ciuffi di paglia (pa) (Fig. 4.5-18), ramaglie o simili, erano generalmente fissati agli elementi orizzontali di rastrelliere di legno (R) (Fig. 4.5-17), poste a chiusura dei timpani (o delle grandi aperture che ne costituivano il prolungamento al piano sottostante); tale soluzione si ritrova spesso adottata anche per la chiusura delle grandi aperture poste sui prospetti di gronda (*astic*).

Generalmente, gli interventi per il riuso degli spazi di sottotetto a scopo abitativo si realizzano mediante la chiusura delle grandi aperture di frontone. In questi casi, particolare cura deve essere posta alla lettura di elementi tipici esistenti. In particolare, le soluzioni proposte devono mantenere le caratteristiche geometriche degli elementi originari descritti, e con esse deve risultare coerente il posizionamento di eventuali nuovi tamponamenti interni, adiacenti.

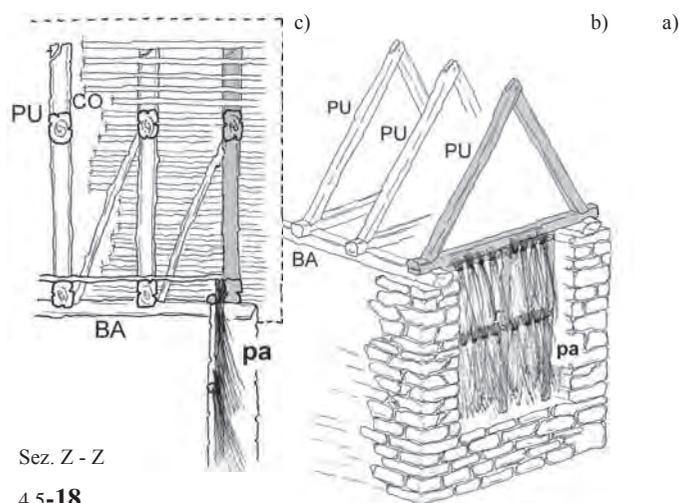
Fig. 4.5-17 - Soluzione di testata T.V.c):a) tamponamento della grande apertura di frontone con rastrelliera di legno (r) in edificio agricolo presso naviledo.); b) assonometria e c) sezione schematica.

Fig. 4.5-18 - soluzione di testata con struttura lignea e tamponamento di sciaveri estesa al piano di ingresso in edificio agricolo a Riva-sco a) Raramente è possibile rilevare esempi conservati di originarie soluzioni di testata con ciuffi di paglia o ramaglie), di cui si propongono b) assonometria e c) sezione schematica.



Sez. Z - Z

4.5-17



Sez. Z - Z

4.5-18



4.5.3 - Richiami di materiali e tecniche tradizionali per il taglio delle lastre da tetto

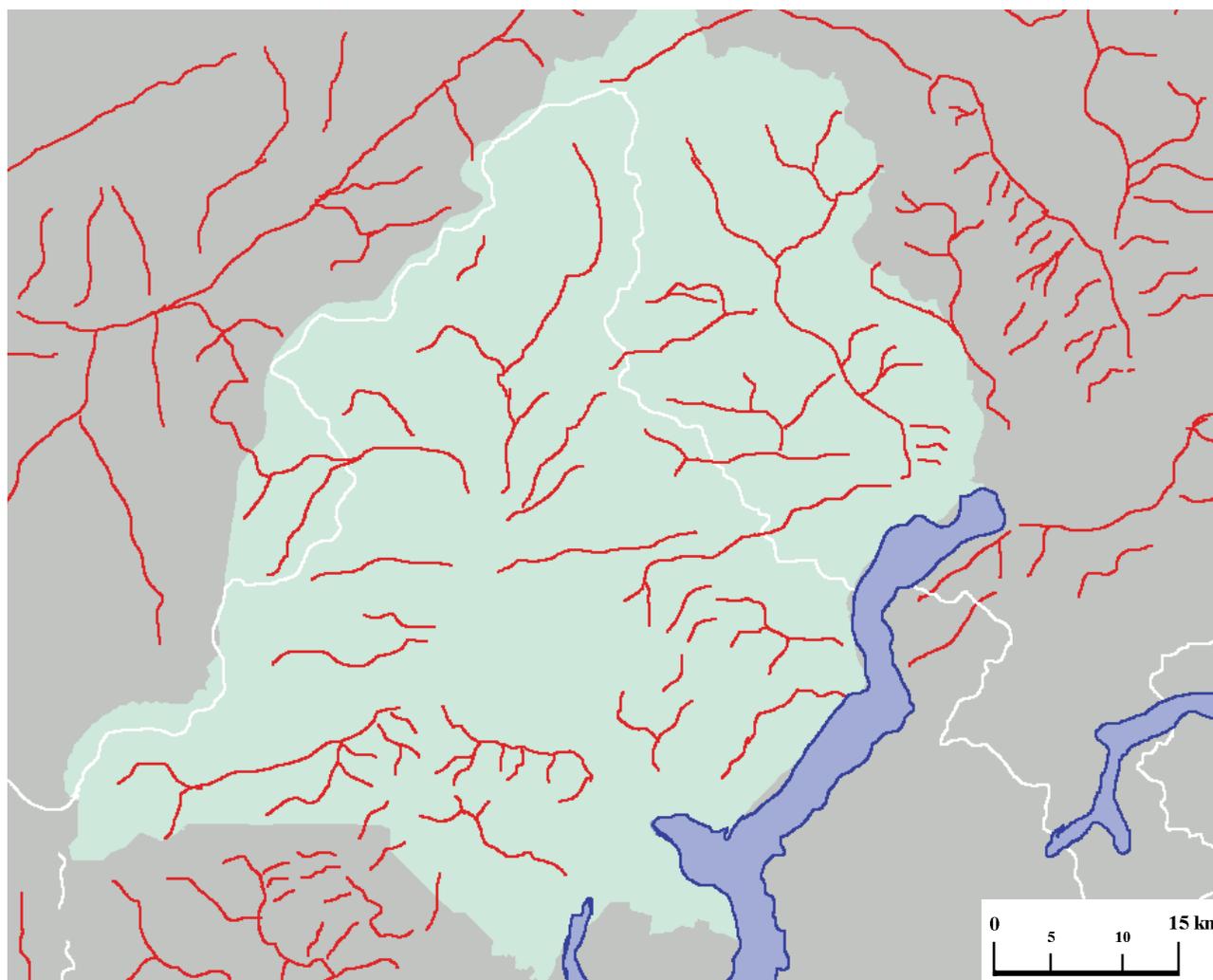
I materiali locali tradizionalmente utilizzati per la copertura dei tetti corrispondono, come detto (cfr. Cap. 4.1), a due varietà di gneiss, commercialmente definiti *serizzo* e *beola*. Il *serizzo*, principalmente cavato nel territorio a nord di Crevoladossola, è un ortogneiss granitoide occhiadino, ricco di biotite, con scistosità più o meno accentuata; la *beola* (probabilmente così denominata perchè essenzialmente cavata nelle cave del Comune di Beura Cardezza e, in generale, nel territorio a sud di Crevoladossola), prodotta in tre varietà, è uno gneiss tabulare fissile, raramente occhiadino³.

La modalità di coltivazione ed estrazione dei grandi blocchi (con taglio lungo i piani del “trincante” e della “mozzatura”, con piccola carica di polvere nera o con il metodo della miccia detonante con borraggio ad acqua),⁴ dipendevano storicamente dalla disposizione dei piani di “pioda”⁵ (ovvero di scistosità), orizzontali o verticali, e dalla conseguente possibilità di distacco del blocco per il successivo trasporto sul

nota 4.5-3 - Cfr. Regione Piemonte, *Ornamentale Steine des Piemont - Les pierres ornamentales du Piémont*, Artigrafiche REDA-PRINT srl, Verona 2000.

nota 4.5-4 - Per un approfondimento circa la terminologia di dettaglio e le tecniche storiche di coltivazione e di estrazione della pietra locale si veda: Gruppo Archeologico Mergozzo (a cura di), *Ossola di pietra nei secoli*, Tipografia Cerutti, Intra 1978.

nota 4.5-5 - Il termine *pioda*, correntemente utilizzato ad indicare la singola lastra ottenuta con la lavorazione a spacco del materiale secondo i piani di scistosità, può indicare anche questi ultimi. IdEM, pag. 22.



4.5-19

Fig. 4.5-19 - Cartografia redatta secondo le convenzioni grafiche elaborate da G.P. SCAZZELLA *et al.* in Interreg PIC-F15 - *Le Alpi: storia e prospettive di un territorio transfrontaliero* per la rappresentazione dei principali riferimenti ai bacini oro-idrografici e sistemi di viabilità locale. L'area evidenziata corrisponde al territorio di maggiore diffusione storica dei tetti con manto in lastre di pietra di elevato spessore, con mappatura dei principali siti estrattivi che attualmente producono lastre di pietra da tetto.

Fig. 4.5-20 - Esempi di immagine, caratteristiche ed estrazione della pietra locale da tetto: a) serizzo Antigorio; b) Beola Favalle e c) Beura Cardezza, vista del fronte di una cava di *beola*.

piazzale di cava.

Dal blocco, le singole lastre erano invece ottenute per spacco, con l'aiuto di cunei di ferro (*cugnere* per l'incisione, *ripizz* per l'approfondimento del taglio, *punciotti* per il completamento) puntati con il martello e ribattuti con la mazza: perciò era necessario individuare correttamente i piani di simmetria della pietra (*pioda* o verso), del *trincante* (o controverso) e della *mozzatura* (o taglio di testa). Le lastre così ottenute presentano geometria pseudorettangolare e dimensioni generalmente variabili; la superficie di entrambe le facce (superiore e inferiore) è caratterizzata da rugosità propria del litotipo, generalmente accentuata (Fig. 4.5-20). Tradizionalmente il lato esposto della singola lastra era ancora lavorato - *sbarbato* - al fine di ottenere un profilo smussato irregolare (Fig. 4.5-30, pag 13). Ciò avveniva nella fase di posa in opera ed aveva duplice valore, estetico e funzionale.

In generale, l'immagine e le caratteristiche di durabilità dei manti tradizionali sono risultato dell'insieme dei modi di lavorazione descritti e della sapienza costruttiva nella disposizione in opera delle lastre in questione.



4.5-20

4.5.4 Il manto tradizionale in lastre di pietra di elevato spessore

Il manto tipico delle costruzioni *tutta pietra*³ delle aree ossolana e ticinese è costituito da lastre di pietra di elevato spessore (sino a 12 cm), di forma pseudorettangolare, posate a corsi orizzontali e a giunti sfalsati, con elevata sovrapposizione tra gli elementi (in generale, lo schema corrisponde ad un manto in elementi discontinui posati a corsi paralleli alla gronda, con *triplice sovrapposizione*).

Come illustrato nelle figure a corredo del paragrafo, la tradizionale varietà di geometria degli elementi del manto, conseguente alla necessità di utilizzare tutto il materiale a disposizione, ha dato origine a differenti schemi di posa, riconducibili ad alcune semplici, ma efficaci “buone regole” (Fig. 4.5-25).

Per esempio:

- alternanza di lastre di diversa dimensione, delle quali le maggiori (lunghe, *L battere*) generalmente appoggiate sui correnti e con il lato superiore (l_s) accostato alla struttura lignea di supporto;
- disallineamento (*d*) del lato coperto (c_s) delle lastre corte (*C, costere*) rispetto al lato omologo delle lastre lunghe;

nota 4.5 -3 - Circa la difficoltà di classificazione e suddivisione delle forme di architetture alpine in tre classi, corrispondenti al prevalente uso del materiale - *costruzioni tutto legno, costruzioni tutta pietra e costruzioni miste* - si vedano: CereGHInI M., *Introduzione alla architettura alpina, Serie di Quaderni “Il dittamondo”*, Edizioni del Milione, Milano 1953, pag. XIV, e l'intervento dello stesso autore al Convegno sull'architettura alpina di Bardonecchia del 1953, *Nascita delle architetture alpine e classificazioni delle loro forme*, in “Atti e Rassegna Tecnica”, anno 7, n. 3, marzo 1953, Stamperia Artistica Nazionale, Torino.

Fig. 4.5-21 - Caratteristico colmo “a ciuffo”, Madonna del Rosario, Craveggia.

Fig. 4.5-22 - Tetti tradizionali all'Alpe Oro, Val Vigizzo.

Fig. 4.5-23 - Naviledo (Montecrestese), esempio di posa del manto secondo lo schema a lastre alternate a-b.

Fig. 4.5-24 - Veglio (Montecrestese), particolare del nodo di gronda con doppio corrente.



4.5-21



4.5-23



4.5-24



4.5-22

Fig. 4.5-25 - Sezione schematica con illustrazione di sistemi ricorrenti di posa del manto: a) con strati alternati di lastre corte (*costere*) e lastre lunghe (*battere*) e b) con due strati di lastre corte ogni lastra lunga, appoggiate su correnti. Sono evidenziati caratteri dimensionali leggibili diffusamente nell'immagine dei manti storici, conseguenti alla varietà geometrica delle lastre usate tradizionalmente. In particolare:

- interasse variabile (i_{VAR}) dei correnti;
- varietà apprezzabile dell'inclinazione delle lastre di differente spessore e dimensione utilizzate nelle diverse porzioni della falda (generalmente decrescente dalla gronda al colmo).

Fig. 4.5-26 - Sezione schematica di colmo "a ciuffo" con evidenza degli elementi caratteristici.

Fig. 4.5-27 - Manto con schema di posa b); pianta schematica.

I rapporti di ricoprimento degli elementi appartenenti a corsi sovrapposti e la loro pendenza sono in generale conseguenza dello schema di posa adottato.

I disegni delle Figg. 4.5-25, 26 illustrano alcuni caratteri ricorrenti (ma non esaustivi rispetto alle varietà possibili) per la posa in opera delle lastre.

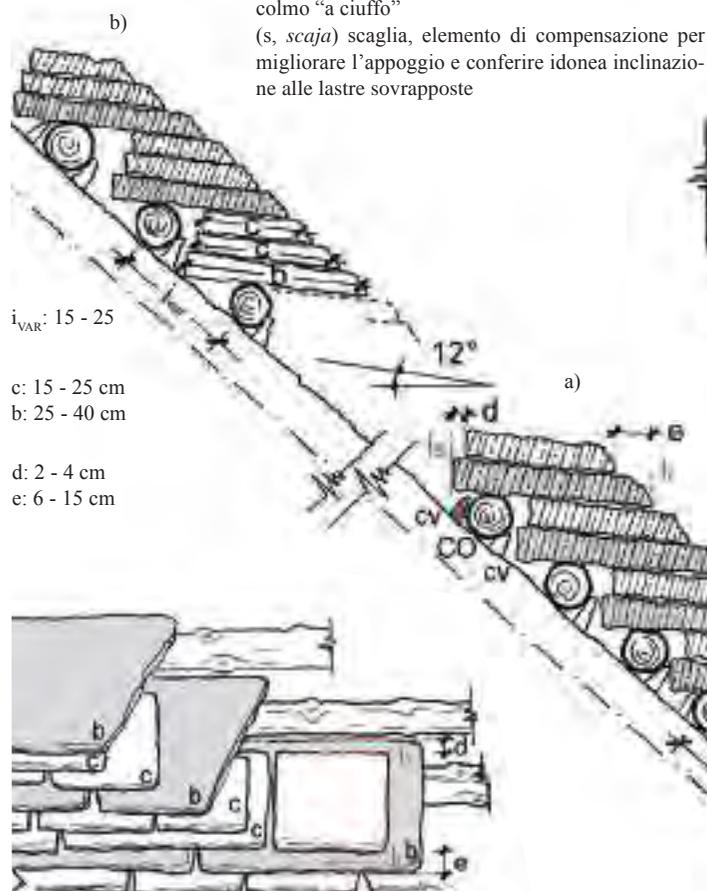
Di particolare rilievo, nei manti tradizionali, la sapienza costruttiva sottesa alla realizzazione di elementi e parti singolari, quali per esempio: - il colmo (l'uso corrente della denominazione locale "a ciuffo", con efficacia ne evoca la caratteristica immagine - Figg. 4.5-21, 26);

- la gronda (alcune soluzioni ricorrenti sono illustrate al paragrafo 4.5.3);

- il raccordo con elementi verticali (principalmente comignoli);

- le linee di conversa e i displuvi.

(Pco, *pioda* di colmo) prima pioda lunga, base del colmo "a ciuffo"
(s, *scaja*) scaglia, elemento di compensazione per migliorare l'appoggio e conferire idonea inclinazione alle lastre sovrapposte



4.5-27



- (l) lato inferiore delle piode (esposto)
- (L) lato superiore delle piode (coperto)
- (d) disallineamento dei lati superiori delle piode di corsi sovrapposti, per prevenire le infiltrazioni
- (e) disallineamento dei lati inferiori delle piode di corsi sovrapposti (parte esposta)

(c, *costere*) piode corte, alternate ai corsi di *battere*
(b, *battere*) piode lunghe, appoggiate sui correnti (CO, *tempiare*)
(cv, *cavie*) chiodo di legno per il supporto dei correnti; un secondo chiodo talvolta presente a monte dei correnti ha la funzione di impedire rotazioni di questi (eventualmente indotte da dislocazioni di singole *battere*)

4.5-25

4.5-26

4.5.5 - Caratteristiche e comportamento di manti tradizionali: accorgimenti per la lavorazione e la disposizione in opera delle lastre

Le caratteristiche dei manti a falde inclinate realizzati con elementi discontinui, in generale, devono essere tali da garantirne un buon comportamento sotto due principali punti di vista: dal punto di vista statico, per la prevenzione della dislocazione degli elementi, e dal punto di vista della tenuta all'acqua, per la difesa dalle infiltrazioni anche in presenza dell'azione del vento.

La varietà dimensionale delle lastre tradizionalmente utilizzate per la realizzazione dei manti in questione ne costituisce elemento caratterizzante l'immagine ed è, allo stesso tempo, strettamente legata a ragioni di carattere funzionale. I disegni a corredo del presente paragrafo illustrano accorgimenti costruttivi utili per interpretare l'esistente, conferire ai manti un'adeguata capacità di rispondere ai requisiti funzionali e, in conseguenza, realizzare attualmente manufatti la cui immagine risulti il più possibile coerente con quella dei manufatti tradizionali⁴.

4.5.5.1 - Prevenzione delle infiltrazioni d'acqua

Le infiltrazioni d'acqua all'interno di manti discontinui, in generale, possono avvenire secondo due meccanismi:⁵ *i*) risalita capillare tra le superfici delle lastre sovrapposte e *ii*) infiltrazione attraverso i giunti laterali tra lastre del medesimo corso. Nel caso dei manti in questione, opportuni accorgimenti adottati nella lavorazione e nella disposizione in opera degli elementi possono efficacemente ridurre i rischi di infiltrazione.

Per esempio:

- *i*) lastre di dimensione notevole (fino a 1m di lunghezza) sono utilizzate per realizzare il **primo corso di gronda** - *pioda 'd grunda* - (Fig. 4.5-29 - a); in tal modo, il numero di giunti laterali tra lastre dello stesso corso risulta ridotto in corrispondenza del punto dove il rischio



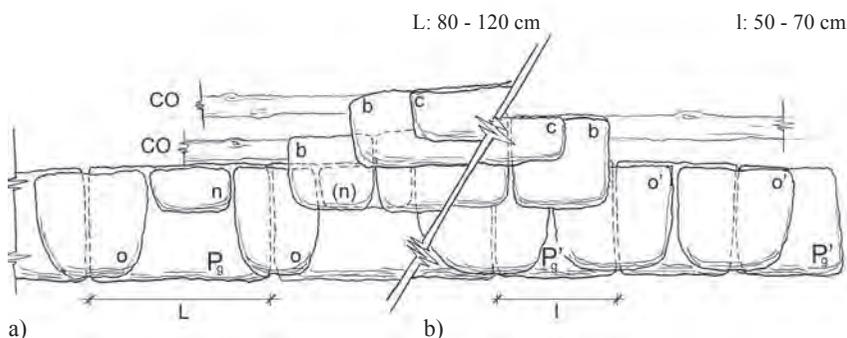
4.5-28

Fig. 4.5-28 - La Colma, Craveggia: porzioni di falda con differente tessitura del manto; (Co) porzione del colmo, (Ce) porzione centrale e (Gr) porzione della gronda.

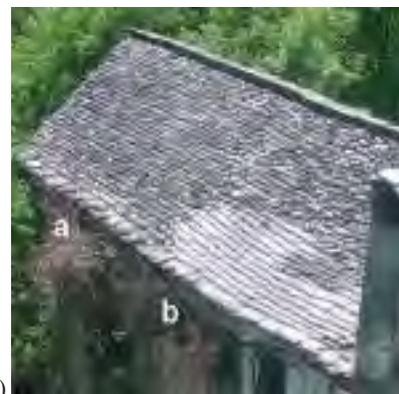
nota 4.5-4 - Caratteri tipici dell'architettura montana sono la corrispondenza tra forma e funzione e la tradizione all'innovazione, ovvero la continua e naturale ricerca del modo migliore per realizzare ciascun nodo costruttivo; questo ha generalmente conferito alla costruzione nel suo insieme un adeguato comportamento nel tempo. Con ciò, la "conservazione" di modi tradizionali di realizzare, per esempio, i manti, sottende a regole costruttive necessarie per conferire ai manti medesimi la capacità di assolvere la loro funzione. Per contro, non sempre e non necessariamente, la "standardizzazione" rappresenta la risposta ad una precisa esigenza funzionale, prima ancora che estetica.

nota 4.5-5 - Cfr. n.eLVA I., F AsAnA S., 2011.

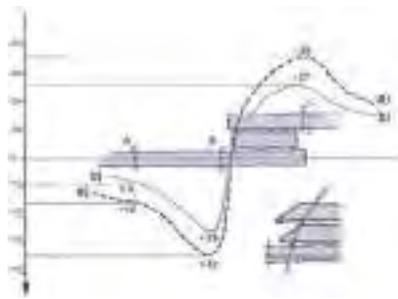
Fig. 4.5-29 - Schema di posa delle grandi lastre di gronda e delle lastre dei primi corsi successivi: a) con grandi lastre (P_g) di notevole dimensione, il primo corso successivo viene realizzato alternando lastre allungate (o) a protezione dei giunti del corso di gronda con piccoli elementi (n) di compensazione; b) con lastre (P'_g) generalmente di dimensione poco superiore a quelle del manto a monte; in fotografia c) l'intervento di integrazione del manto pone in evidenza tali differenze.



a)
4.5-29



c)

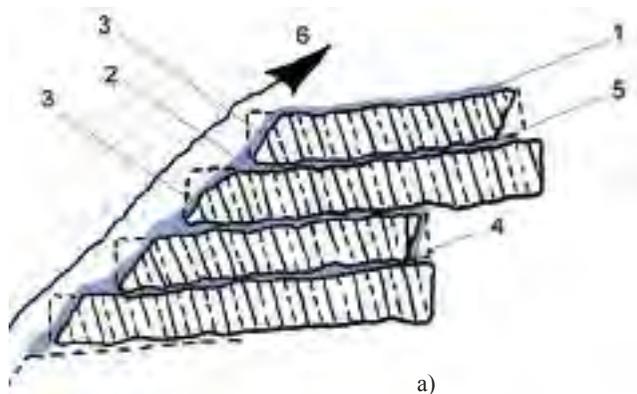


4.5-30

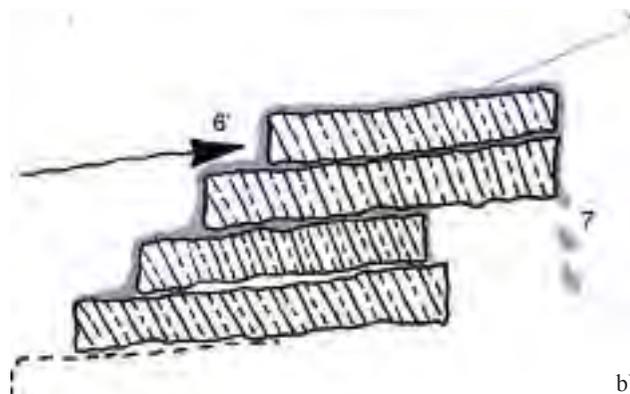
Fig. 4.5-30 - Valutazione del rafforzato effetto del vento in funzione della conformazione dei lati esposti delle lastre (Laboratorio prove prestazionali, Dipartimento ISEG, già ISET, Politecnico di Torino).

Fig. 4.5-31 - a) Sezioni schematiche con indicazione degli accorgimenti per l'efficace conformazione e disposizione delle lastre di pietra, secondo la "buona regola dell'arte"; tali accorgimenti sono utili ad evitare il gocciolamento conseguente alla risalita dell'acqua tra le superfici delle lastre sovrapposte, anche per rafforzato effetto del vento; b) schema di conformazione e disposizione che, in assenza degli accorgimenti predetti, può dar luogo a infiltrazioni e gocciolamenti al di sotto del manto:

- 1 - acqua di ruscellamento
- 2 - infiltrazione e risalita d'acqua tra le superfici delle lastre a contatto
- 3 - lavorazione del bordo superiore del lato esposto della lastra
- 4 - lavorazione del bordo inferiore del lato coperto delle costere
- 5- efficace avanzamento (disallineamento - d) delle lastre inferiori (battere)
- 6 - azione del vento, rafforzata (6') in assenza di lavorazione del lato esposto delle lastre
- 7 - infiltrazione d'acqua con gocciolamento al di sotto del manto



a)



b)

4.5-31

di infiltrazione è maggiore, per due ragioni concomitanti: a) massima portata di acqua che scorre sul manto (pari alla somma della precipitazione e dell'acqua di ruscellamento dell'intera falda a monte) e b) minore pendenza delle lastre (semiorizzontali);

- ii) nella tessitura della porzione centrale del manto (Ce in Fig. 4.5-28) eventuali **lastre di maggiore dimensione** o spessore, sono generalmente disposte in corrispondenza dell'appoggio delle *tempiare* (CO) sulle travi (PU) delle capriate: ciò è coerente sia con la necessità di proteggere il nodo della struttura lignea, che a causa della presenza di cunei o chiodi (generalmente di legno) risulta più esposta al degrado in caso di infiltrazione, sia con l'opportunità di localizzare i carichi maggiori in corrispondenza di nodi più rigidi della struttura lignea del tetto;

- iii) uso di **scaglie di compensazione** (s, *skaya* in Fig. 4.5-26, pag. 11) per conferire a) idoneo appoggio della singola lastra sul corso precedente, b) corretta inclinazione agli elementi e c) sufficiente planarità dei singoli corsi. L'uso delle scaglie ha positiva influenza anche sulla prevenzione delle infiltrazioni per capillarità: esse contribuiscono infatti alla posa distanziata delle lastre sovrapposte, interrompendo il potenziale meato tra le superfici a contatto;

- iv) **disallineamento** (5 in Fig. 4.5-31) **dei lati superiori** (l_s) di pio-de di corsi sovrapposti, per prevenire il gocciolamento all'interno del manto dell'acqua eventualmente risalita lungo la lastra superiore per capillarità o per concomitante effetto del vento (6 in Fig. 4.5-31);

- v) **lavorazione dei bordi delle lastre**. Prove sperimentali di comportamento di lastre con caratteristiche geometriche differenti hanno dimostrato il favorevole effetto (Fig. 4.5-31a): i) della lavorazione dei bordi superiori dei lati esposti delle lastre (3), per diminuire l'effetto del vento, e ii) della lavorazione dei bordi inferiori dei lati coperti (4) delle *costere*, per prevenire il gocciolamento all'interno del manto dell'acqua eventualmente risalita lungo la lastra superiore per capillarità o per concomitante effetto del vento (tale accorgimento migliora il comportamento del manto anche in assenza del disallineamento (d).

4.5.5.2 - Stabilità del manto

La “dislocazione” dei singoli elementi del manto può essere causata, in generale, da diversi fattori; principalmente dal trascinarsi della neve, dalla formazione di ghiaccio e dal successivo disgelo, dalla eccessiva pendenza di posa e dall’azione del vento (pressioni, depressioni, vortici). Nel caso dei manti in questione, il sistema di posa tradizionale non prevede elementi di vincolo mutuo tra le *piode* e l’orditura lignea sottostante, anche a causa della evidente difficoltà, ad esempio, a forare la lastra per la successiva chiodatura. Di conseguenza, la stabilità degli elementi è garantita esclusivamente per gravità ed è funzione delle due caratteristiche geometriche proprie del sistema di posa, che si evidenziano nella sezione trasversale; inclinazione e sovrapposizione delle lastre di corsi successivi.

Allo scopo di fornire uno strumento utile alla valutazione della stabilità del manto in fase di progettazione, il tema è stato approfondito, con particolare riferimento alla definizione di uno schema statico interpretativo e alla caratterizzazione superficiale degli elementi (cfr. Par. 4.5.6.2).

4.5.6 - Valutazione della stabilità: proposta di un metodo

Il sistema di posa tradizionale dei manti in questione, come detto, non prevedeva l’utilizzo di dispositivi per il fissaggio degli elementi alla struttura lignea di sostegno. In questa situazione, a parità di tipo di posa e di sovrapposizione, la stabilità delle lastre allo scorrimento lungo la falda dipende prevalentemente dall’inclinazione del piano di posa e dall’attrito sviluppato tra le superfici a contatto nella regione di sovrapposizione delle lastre medesime.

In generale, considerato un corpo di peso P , posto su un piano inclinato di un angolo β rispetto all’orizzontale, la forza che si oppone allo scorrimento del corpo è pari alla componente del peso $P_n = P \cos \beta$, normale al piano, per un coefficiente φ , detto coefficiente d’attrito; per chè sia verificata la condizione di equilibrio allo scorrimento deve risultare

$$\varphi * P_n > P \sin \beta; \quad (4.5-1)$$

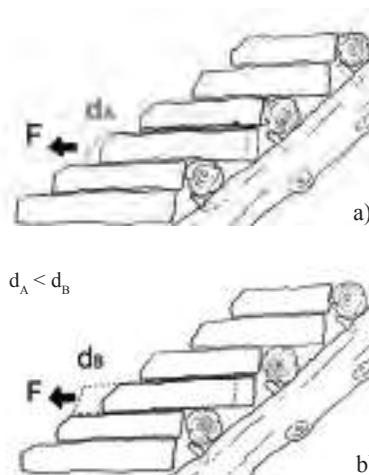
poichè vale la relazione

$$\varphi = \operatorname{tg} \varphi \quad (4.5-2)$$

sostituendo nella (-1), la condizione limite di equilibrio sarà espressa dalla (-3):

$$\operatorname{tg} \varphi * P \cos \beta = P \sin \beta \quad (4.5-3)$$

Fig. 4.5-32 - Influenza della rugosità di superficie sul comportamento delle lastre allo scorrimento; a parità di caratteristiche geometriche del manto e a parità di forze applicate, a maggiore rugosità superficiale corrisponde minore dislocazione degli elementi: $d_A < d_B$



4.5-32

dove φ , detto **angolo di attrito**, rappresenta un angolo fittizio, caratteristico di un materiale.

Nel caso in esame, noto β , inclinazione del piano di posa delle lastre, che si assume pari a 8° secondo la regola d'arte, per verificare analiticamente la stabilità di un manto sarà necessario determinare:

- i) $F_n = P_{tot} \cos\beta$, forza normale agente su una lastra al corso n ;

- ii) φ , espressione della rugosità caratteristica del litotipo, rappresentativa della particolare morfologia superficiale della lastra tradizionalmente conferita dalla lavorazione a spacco naturale.

Allo scopo, i paragrafi successivi illustrano i) uno schema statico di riferimento, per la determinazione degli effetti di sovrapposizione delle lastre nella determinazione della forza normale agente su una lastra n -esima (Par. 4.5.3.1) e ii) una proposta di metodo per la caratterizzazione della morfologia superficiale di lastre da tetto ottenute per spacco naturale, applicando al caso specifico la teoria mediata dalla geometria per la caratterizzazione delle superfici di discontinuità di ammassi rocciosi a comportamento rigido (Par. 4.5.3.2).

4.5.6.1 - Effetti della sovrapposizione e determinazione della forza agente sulla singola lastra

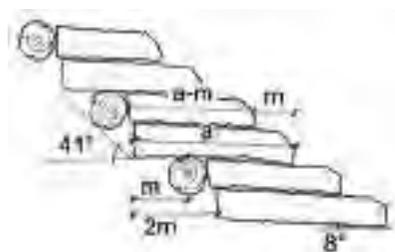
Le Figg. 4.5-33 a) e b), illustrano in pianta e sezione la struttura di un manto di beole ossolane, con elementi di dimensioni (a) e (a-m) rispettivamente, alternate (*battere* e *costere*).

Lo schema statico per il calcolo delle azioni e reazioni ipotizzato è valido assumendo alcune semplificazioni. In primo luogo, si fa riferimento al caso di lastre perfettamente parallele: in questo modo si trascurano le due configurazioni limite, conseguenza di imperfezioni di posa, nelle quali non si potrebbe computare l'effetto dell'attrito tra le lastre a contatto. In secondo luogo, la posizione delle reazioni si considera indipendente dalla rugosità, quindi funzione della geometria del sistema e non degli effettivi punti di contatto tra le lastre. Pertanto, la risultante delle lastre (a-m) è sempre assunta a metà dell'appoggio continuo; la risultante della lastra (a) è stata calcolata per le due posizioni, i) a metà della regione di sovrapposizione, ii) ad un terzo dell'appoggio continuo (tenendo in conto un eventuale cedimento dell'appoggio puntuale sul corrente). Analogamente, si ipotizza che l'appoggio sull'orditura lignea avvenga in un solo punto di contatto tra la superficie della lastra e il corrente a sezione perfettamente circolare, trascurando il contributo dell'attrito esercitato tra pietra e legno.

Con riferimento allo schema delle forze illustrate, è possibile impostare le due equazioni di equilibrio allo scorrimento.

Per le *costere* (a-m) (Fig. 4.5-33):

Fig. 4.5-33 - Sezione schematica del manto con alternanza delle lastre di diversa dimensione: *costere* (a-m) e *battere* (a).



4.5-33

$$r_{st} = P_{tot} \text{sen}\beta$$

$$r_{st} = \text{tg}\varphi (P \cos\beta + SP_o \cos\beta)$$

$$P \text{sen}\beta = \text{tg}\varphi (P \cos\beta + SP_o \cos\beta)$$

$$\text{tg}\beta = [(P + SP_o)/P] \text{tg}\varphi$$

dove:

- P peso proprio della lastre di lunghezza a-m
- ΣP_o somma dei pesi delle lastre sovrapposte alla lastra a-m
- β angolo di inclinazione della lastre sull'orizzontale
- $\text{tg}\varphi = \varphi$ coefficiente d'attrito.
- r_{st} reazione d'attrito tra lastre sovrapposte

Analogamente, per le *battere* (a) (Fig. 4.5-33, β):

$$r_{st} = P_{a,st} \text{sen}\beta$$

$$r_{st} = \text{tg}\varphi (P_{a,st} \cos\beta + SP_{o,st} \cos\beta)$$

$$P_{a,st} \text{sen}\beta = \text{tg}\varphi (P_{a,st} \cos\beta + SP_{o,st} \cos\beta)$$

$$\text{tg}\beta = [(P_{a,st} + sP_{o,st})/P_{a,st}] \text{tg}\varphi$$

$$r_w = P_{a,w} \text{sen}\beta$$

$$P_{a,w} \text{sen}\beta = \text{tg}\varphi (P_{a,w} \cos\beta + SP_{o,w} \cos\beta)$$

$$\text{tg}\beta = [(P_{a,w} + sP_{o,w})/P_{a,w}] \text{tg}\varphi$$

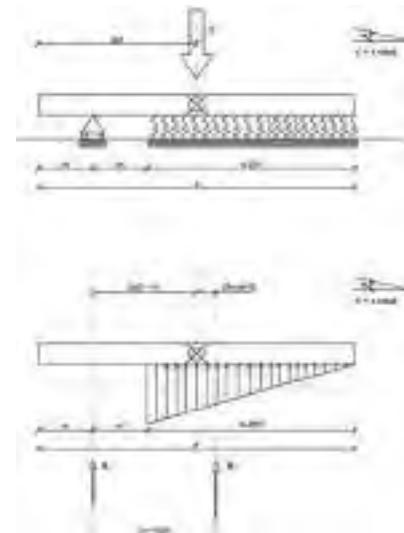
dove:

- P_a peso della lastra di lunghezza a
- r_{st} reazione d'attrito tra lastre sovrapposte
- r_w reazione d'attrito tra lastra e legno (correnti)

Per la determinazione della componente ΣP , somma dei pesi delle lastre sovrapposte alla lastra *n* considerata, l'analisi è stata condotta a partire dall'ipotetica lastra di colmo, e reiterata con sovrapposizione degli effetti, per le lastre dei corsi sottostanti, con l'obiettivo di deter-

4.5-1

JrC - gneiss								
Fonte	Mat.	Sigla	JrC [deg]				Bibliografia	
			sup.1	sup.2	calc.	analisi		calcolato
FROM TABLES REFERENCES	Gneiss	-			5,8			B. S.A. Tatone, G. Grasselli [2010]
		Gn3				6,7	7,8	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Gn6				8,5	13,3	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Gn9				1,8	7,5	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Gn10				9,1	7,2	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Gn11				3,1	7,3	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Gn12				12,5	7,4	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Gn13				7,4	7,9	G. Grasselli, P. Egger [2003]
		Media			7,00	8,34		
	Luserna Gneiss	Gn_L_1	13	17				Bagnolo Piemonte_Vottero [Fasana]
		Gn_L_2	7	13				Bagnolo Piemonte_Vottero [Fasana]
		Gn_L_3	5	5				Bagnolo Piemonte_BFP s.n.c. [Fasana]
		Gn_L_4	9	9				Bagnolo Piemonte_BFP s.n.c. [Fasana]
		Gn_L_5	17	13				Bagnolo Piemonte_BFP s.n.c. [Fasana]
				Media	10	11,4		



4.5-34

Fig. 4.5-34 - Schema statico semplificato delle forze (a) e delle reazioni (b) in gioco sulla singola lastra.

Tab. 4.5-1 - In tabella sono riportate le medie matematiche delle serie di dati derivanti dalle campagne di misurazione condotte presso il Politecnico di torino e quelle riportate in letteratura. Dal confronto emergono differenze apprezzabili, conseguenza del fattore di scala, e dunque delle dimensioni dei campioni utilizzati. E' noto [GrAssELLI G., BrYAn S.A. t AtOne 2010; GrAssELLI G., eGGer P. 2003; BOrrI BrUnetto M., CHIAIA B., InVernIZZI S., 1998; r e F., sCAVIA C., ZAnInetto A., 1997; LABICHInO G., CrAVerO M. 1992] che l'area di contatto delle superfici di discontinuità in roccia è funzione della scala, e varia con legge frattale: tanto maggiore è la dimensione del campione considerato, tanto più la superficie tende idealmente ad essere liscia. L'influenza del fattore di scala sul parametro rugosità espresso dal JrC al comportamento a taglio delle superfici di discontinuità di giunti in roccia è ben espresso in [ZHAO J., 1997].

minare se detta ΣP fosse o meno funzione della posizione lungo la falda. L'ordine di grandezza dell'incremento delle azioni esercitate sulla singola lastra per effetto della posizione lungo la falda risulta sempre trascurabile, quando dovuto a lastre la cui proiezioni non insiste sull'elemento considerato.

4.5.6.2 - Caratterizzazione delle superfici di sovrapposizione. Proposta di un metodo empirico per la valutazione della rugosità delle lastre

Poiché non sono conosciuti studi precedenti per la caratterizzazione superficiale delle lastre da tetto, in primo luogo è stato necessario individuare un metodo di misura sperimentale. In particolare, noti la geometria del sistema, il peso delle lastre e impostate le equazioni all'equilibrio, occorre determinare come detto, il valore dell'angolo φ . Nel campo parallelo della geomeccanica, per la caratterizzazione delle superfici di discontinuità di ammassi rocciosi a comportamento rigido si fa riferimento alla Teoria di BURTON e CUBEY [1977]; in particolare alla legge empirica d'attrito, espressa nella (-4) :

$$t_p = s_n \tan [JrC \cdot \log_{10} (JCS/s_n) + \varphi_b] \quad (4.5-4)$$

dove:

t_p resistenza al taglio di picco

s_n tensione normale agente

Qui il valore dell'angolo φ è esplicitato in funzione di due termini: *i)* φ_b , definito **angolo di attrito di base** e *ii)* un secondo termine che tiene conto delle caratteristiche delle asperità della superficie (attraverso il Joint Roughness Coefficient - JRC), della resistenza di queste (attraverso il JCS) e della resistenza della superficie di contatto (tramite s_n).

Nei paragrafi successivi vengono esplicitati i singoli termini della (-4), anche con riferimento al metodo e agli strumenti per determinarli, secondo i primi risultati di studi condotti con il supporto dell'analisi sperimentale presso il Laboratorio prove prestazionali del Politecnico di Torino. Con ciò, si propone un metodo speditivo per la valutazione della stabilità dei manti tradizionali, con particolare riferimento al contributo della morfologia superficiale delle lastre caratteristica della lavorazione tradizionale a spacco.

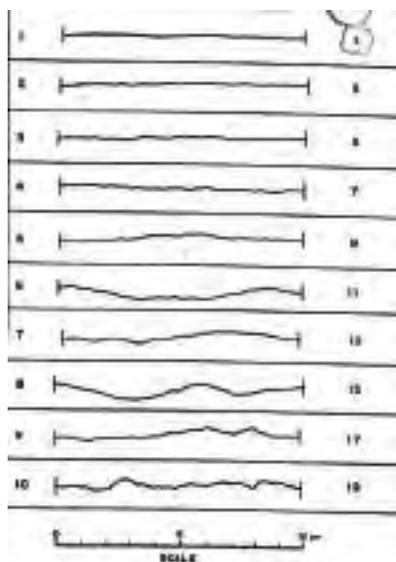
Valutazione del JRC

Il JRC, parametro che descrive la morfologia della superficie di discontinuità di un ammasso roccioso, questo tiene conto della dimensione, della altezza e della frequenza delle asperità. La caratterizzazione viene fatta con il metodo del rilievo geomeccanico (insieme ordinato di

Fig. 4.5-35 e 4.5-36 - Profilometro (o "pettine di Burton") impiegato per l'esecuzione del rilievo di profili di lastre di produzione corrente.



4.5-35



4.5-36

misure e osservazioni), utilizzando un profilometro (Pettine di BURTON, Fig. 4.5-35), dotato di aghi mobili con passo di lettura non superiore ad 1 mm; rilevato in questo modo il profilo della superficie oggetto di studio, il corrispondente valore del Joint Roughness Coefficient (JRC) si ottiene per confronto con una serie di profili di riferimento, riportati in Fig. 4.5-36 (BURTON e CUBEY - 1977).

I risultati della prima campagna di prove esplorative condotte presso il Politecnico di Torino, hanno confermato la validità del metodo anche per la caratterizzazione della superficie delle lastre da tetto. In Tabella 4.5-1 sono riportati valori di JRC calcolati analiticamente, presenti in letteratura e valori ottenuti da rilievi diretti, condotti su lastre attualmente prodotte in due significativi bacini estrattivi (di Luserna -CN- e dell'Ossola -VB-).

Le misurazioni sono state condotte sui due lati delle lastre, a intervalli di 5 cm (Fig. 4.5-37), lungo la direzione di scorrimento.

Questa serie di dati è stata utilizzata in prima approssimazione per mettere a punto il metodo; si è tuttavia osservata una certa dispersione dei risultati ottenuti, indicativa della difficoltà nell'acquisire una base di dati statisticamente significativa.

Si è quindi ipotizzato di poter acquisire il valore del parametro in questione dai corrispondenti set di discontinuità dei siti estrattivi di provenienza delle piole⁶. I dati relativi ai principali siti estrattivi attualmente operanti sul territorio sono utilizzabili con buona approssimazione per il caso di verifica di manti con lastre locali di provenienza nota.

Valutazione del JCS

Il secondo parametro presente nella legge di Burton e Cubey, il Joint wall Compressive Strength (JCS), rappresenta la resistenza a compressione delle pareti del giunto, misurata impiegando lo sclerometro di Schmidt. Tale valore è utile per la valutazione numerica del grado di alterazione delle superfici di discontinuità, tramite il rapporto JCS/s_n , dove s_n indica la resistenza a compressione dell'ammasso. In analogia con quanto esposto nel precedente paragrafo, per lo studio qui esposto è stato assunto il JCS acquisito dallo studio Ri.S.C., con verifica a campione su lastre da tetto.

Valutazione dell'angolo d'attrito di base φ_b

L'angolo di attrito di base φ_b è una caratteristica propria del ma-

nota 4.5-6 - Un significativo contributo all'impostazione del metodo è stato fornito, a questo proposito, dalla banca dati georeferenziata della Provincia del Verbano Cusio Ossola, individuata con il nome del progetto Ri.s.c.. Grazie ai dati messi a disposizione dal responsabile del progetto, è stato possibile limitare il numero dei rilievi diretti sulle lastre, questa volta allo scopo di verificarne la rispondenza con le caratteristiche della famiglia/set di discontinuità denominata Ks, cioè della scistosità.

Fig. 4.5-37 - sovrapposizione di lastre a spacco naturale secondo i profili rilevati con Pettine di Burton per la caratterizzazione delle superfici e per la successiva interpretazione dei risultati delle prove di scorrimento.



4.5-37

nota 4.5-7 - Per la messa a punto dell'apparecchiatura e la valutazione per confronto dei valori ottenuti, una prima campagna di prove esplorative è stata replicata con gli stessi campioni utilizzando una apparecchiatura per *tilt test*, messa a disposizione dal Laboratorio di Meccanica delle rocce del Politecnico di torino.

teriale (litotipo); si determina sperimentalmente, mediante prove di taglio eseguite su provini con superficie piana, levigata, sabbiata e non alterata. Nel caso di superfici di discontinuità di ammassi rocciosi, tale parametro viene sostituito con l'angolo di attrito residuo $\varphi_r < \varphi_b$, che si ottiene per via sperimentale da prove di scorrimento di superfici piane alterate. La correlazione numerica, per il calcolo del f_r noto f_b è stata determinata dagli stessi BURNON e CUBEY nel 1977: $\varphi_r = (\varphi_b - 20) + 20 (r/R)$.

Nel caso dello studio considerato, il rapporto r/R è sempre risultato prossimo all'unità, pertanto nei calcoli può essere assunto il valore φ_b .

Per la determinazione di questo valore, è stata messa a punto un'apparecchiatura semplificata⁷ (Fig. 4.5-38), allo scopo di rendere possibile l'analisi a campione in situ (presso il sito estrattivo o il magazzino dei produttori, nel caso di lastre nuove, o direttamente presso il cantiere di recupero nel caso di reimpiego delle lastre esistenti).

Sulla base dei primi risultati ottenuti, le caratteristiche geometriche dei manti di *piode* realizzati con lastre e sistema di posa tradizionale risultano verificate anche con l'applicazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni, per le combinazioni di carico e i coefficienti di sicurezza previsti per il caso in esame.

4.5.7 - Scelta di materiali attualmente disponibili

La caratterizzazione delle lastre secondo il metodo illustrato nei paragrafi precedenti ha come obiettivo specifico la valutazione della stabilità di manti tradizionali. I risultati ottenuti sono significativi anche per orientare la scelta delle lastre, per la realizzazione di interventi di recupero e conservazione (sostituzione totale o integrazione degli elementi del manto), tra quelle attualmente disponibili. *Piode* prodotte nei siti estrattivi locali, ottenute per spacco naturale ed eventualmente sbozzate sui lati esposti sono da preferire a lastre di materiali differenti e ottenute con taglio di grandi blocchi per una serie di ragioni concomitanti:

- efficace contributo alla stabilità del manto realizzato senza l'utilizzo di dispositivi di fissaggio;
- efficace contributo alla riduzione dei rischi di infiltrazione d'acqua;
- coerenza dell'immagine (geometria e caratteristiche cromatiche, anche nel tempo) con l'immagine del manto preesistente o con la porzione di manto in buono stato di conservazione, da integrare.

Fig. 4.5-38 - Prove di scorrimento con apparecchiatura semplificata messa a punto presso il laboratorio prove prestazionali del Politecnico di Torino; a) durante il sollevamento e b) a scorrimento avvenuto.

Fig. 4.5-39 - Prove di scorrimento condotte con apparecchiatura per tilt test del Laboratorio di Meccanica delle rocce del Politecnico di torino.



4.5-38a



4.5-38b



4.5-39

4.5.8 - Linee risolutive per interventi di recupero e conservazione di tetti con manto di piode

Tra i basilari principi assodati per interventi di recupero e conservazione, la singolarità di ogni caso ricorda che non è possibile definire generali soluzioni universalmente valide. Gli schemi a corredo del presente paragrafo sono proposti come indirizzi risolutivi efficaci, con riferimento al quadro di linee risolutive⁸ dell'intreccio ricorrente di problemi critici. Tali linee risolutive sono esemplificative della necessità di contemperare differenti insiemi di esigenze (principalmente esigenze di conservazione ed esigenze funzionali correnti) spesso tra loro in contrasto⁹.

Nel caso dei tetti con manto di piode i problemi di conservazione degli esterni riguardano principalmente la tessitura del manto visto di fronte (prospetto di gronda), l'immagine del colmo visto di profilo (prospetto di frontone), il raccordo tra manto e gronda visto di sopra (consistente nella necessità di conservare la singolare tessitura del manto in corrispondenza del nodo) e visto di sotto (consistente nel mantenere una coerente orditura lignea in rapporto alla struttura portante). I problemi di conservazione dell'interno riguardano principalmente la conservazione a vista delle orditure lignee della struttura del tetto: in particolare delle capriate di grande luce dotate di traverse e di saette e delle capriate di luce minore con saette, ma senza traverse.

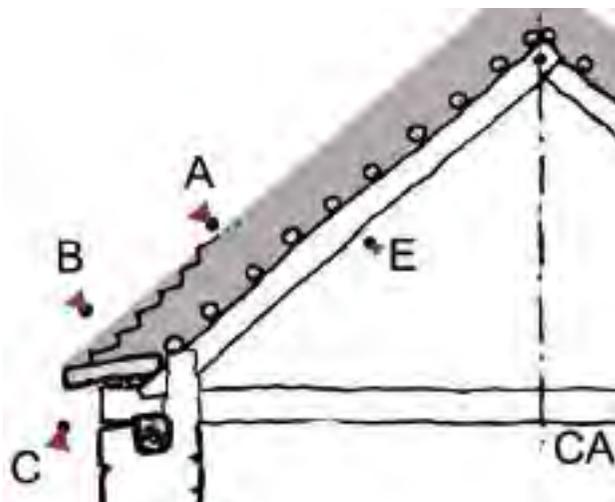
Tali esigenze, nel caso più diffuso di recupero ai fini abitativi degli spazi di sottotetto, devono essere contemperate con le esigenze di isolamento termico (ed eventualmente acustico), di riduzione del rischio sismico (*miglioramento*), e di riduzione del rischio di infiltrazioni, con la conseguente realizzazione di nuovi strati interni. Con riguardo a questi ultimi, ciascuna soluzione dovrebbe consentirne la temporanea e agevole rimozione, per permettere, almeno limitatamente ad alcune porzioni di ciascuna falda, l'ispezionabilità del manto. Ciò risulta utile

nota 4.5-8 - Nelle figure che seguono sono illustrate quattro linee risolutive, con riferimento a differenti volumi interessati dall'intervento. A ciascuna di esse possono corrispondere soluzioni diverse e distinte, definite caso per caso con riferimento alle singolari caratteristiche del manufatto.

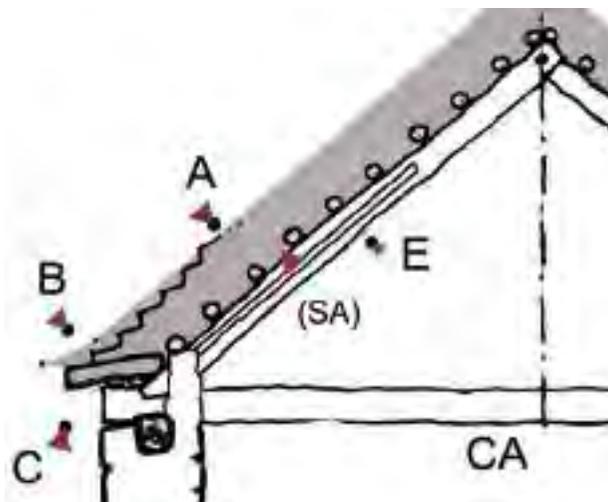
nota 4.5-9 - Le linee risolutive e le soluzioni proposte sono contenute anche nelle lezioni di Paolo SCAZZELLA presentate nei moduli dei Workshop tenuti nell'autunno 2013 presso la sede della Provincia del VCO e disponibili sul sito www.alpstone.eu/it-IT/formazione/workshop-3/5.htm

Fig. 4.5-49 - Linea risolutiva I - Conservazione integrale delle capriate comprese le saette (E), dello sporto protettivo e di raccordo alla gronda visto di sotto (C), innalzamento e rifacimento del manto con reimpiego delle piode esistenti (A), omissione del secondo corso delle piode di gronda (B), isolamento termico e acustico, miglioramento del comportamento sismico.

Fig. 4.5-50 - Linea risolutiva II - Conservazione integrale delle capriate comprese le saette, dello sporto protettivo e di raccordo alla gronda visto di sotto, innalzamento e rifacimento del manto con reimpiego delle piode esistenti, reinterpretazione dei corsi di gronda visti di sopra, isolamento termico e acustico, miglioramento del comportamento sismico.



4.5-49



4.5-50

per conservare l'abitudine alla tradizionale periodica continua manutenzione, con particolare riferimento alla individuazione di eventuali infiltrazioni e alla possibilità di rimozione del terriccio formatosi o depositato nei giunti tra le lastre di pietra, che è spesso causa concomitante di infiltrazioni di acqua.

Fig. 4.5-51 - Linea risolutiva III - Conservazione del manto, del suo sporto di raccordo alla gronda, dei puntoni e catene delle capriate, ma asportazione delle saette, realizzazione di elementi e strati interni per la soffittatura, per l'isolamento termico e per il miglioramento del comportamento sismico.

Fig. 4.5-52 - Linea risolutiva IV - Nell'ipotesi relativa al recupero dello spazio sotto le catene, conservazione integrale delle capriate comprese le saette e del manto di copertura, compreso lo sporto protettivo e di raccordo alla gronda.

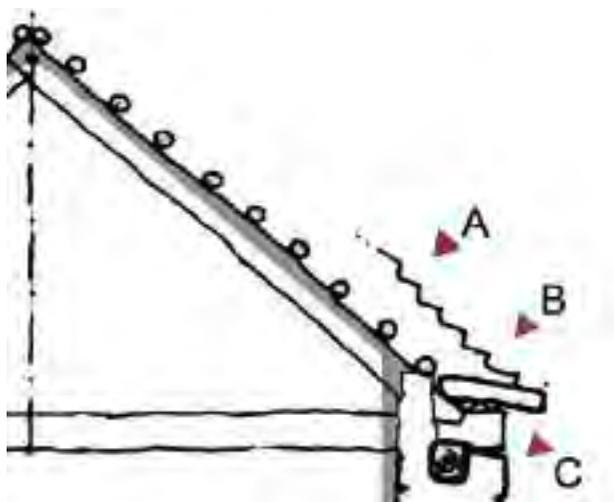
nota 4.5-10 - Le lamiere verniciate sono da preferire alle lamiere non trattate (la cui ossidazione dà luogo in breve tempo ad alterazioni cromatiche non coerenti con l'immagine del materiale originale) e alle lamiere zincate o inox (la cui brillantezza è accentuata in condizioni di manto bagnato o di irraggiamento solare).

Un caso ricorrente, la cui soluzione risulta di particolare rilievo in relazione al suo elevato impatto sull'immagine del manufatto, e di questo nel suo *ambitus*, è la necessità di intervenire tempestivamente per ripristinare significative porzioni di falda, o l'intero manto, anche temporaneamente e con costi ridotti con il principale scopo di conservare in opera le membrature lignee originarie. In questi casi, tra i materiali alternativi diversi da quelli tradizionali dei quali è ammesso l'uso, in accordo con le norme ed indirizzi contemplati nel presente manuale, vi è la lamiera.

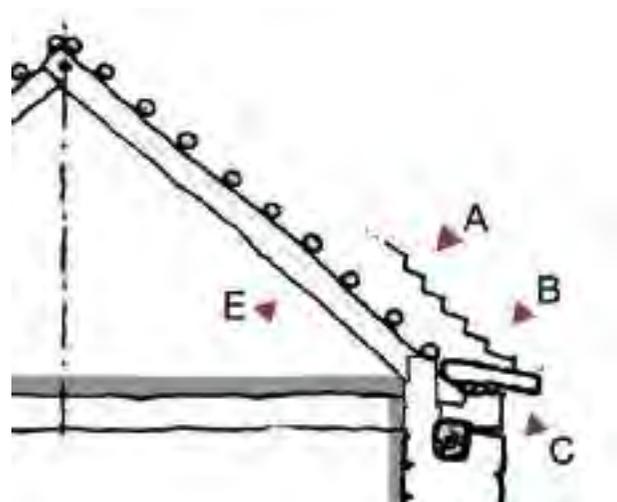
In proposito, è opportuno definire alcune caratteristiche specifiche del materiale, al fine di orientare correttamente la scelta tra la grande varietà di tipi disponibili sul mercato. In particolare, il materiale scelto deve rispondere ad alcuni requisiti, di seguito elencati:

- caratteristiche cromatiche,
- comportamento nel tempo (durabilità),
- compatibilità con i materiali esistenti (membrature lignee),
- possibilità di adattamento alle geometrie irregolari del manufatto,
- reversibilità dell'intervento,
- possibilità di smaltimento o di eventuale reimpiego,
- facilità al trasporto, anche in alta quota,
- facilità di posa in opera.

Sono quindi da preferire lamiere verniciate¹⁰ con colori simili al colore di massa del manto lapideo (tonalità di grigio, come per esempio il colore RAL 7012), semplici (non grecate, oppure con grecature basse e visivamente poco impattanti, scelte anche in relazione alla capacità di portata del sistema di copertura rispetto al sovraccarico della neve),



4.5-51



4.5-52

evitando l'uso di lamiere aventi strati integrati con funzione di isolamento termico (generalmente dotate di lati predisposti per un rigido sistema di sovrapposizione longitudinale e trasversale e difficilmente adattabili alla non regolare geometria delle strutture originarie)¹¹.

Occorre inoltre considerare gli aspetti di sostenibilità economica nella scelta di questi materiali sostitutivi della pietra; per esempio, suggerire o imporre lamiere di leghe speciali (come le lamiere di zinco-titanio) è di fatto una prescrizione che impone costi sensibilmente elevati, quindi non particolarmente vantaggiosa rispetto ai manti di pietra.

nota 4.5-11 - Le lamiere coibentate possono porre anche problemi di smaltimento al termine del ciclo di vita, con possibili costi per il conferimento in discariche autorizzate. Le lamiere semplici, invece, possono essere conferite in centri per il riciclaggio del metallo.

BIBLIOGRAFIA Cap. 4.5

- FRÉCHET, SCAVIA C., ZANINETTI A., *Variation in contact areas of rock joint surfaces as a function of scale*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, pp. 12, 1997, Vol. 34, pagine da 1 a 12, ISSN: 1365-1609, doi: 10.1016/S1365-1609(97)00164-0 1997.
- GRASSELLI G., TATONE B.S.A., *A New 2D discontinuity roughness parameter and its correlation with JRC*, n: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, Elsevier 2010, Issue 47, pp. 1391-1400.
- FASANA S., NIELVA R., *Improvement of the performance of traditional stone roofs by wind driven rain experimental tests*; In: *Construction and building Materials*, Vol. 25, n. 4, Elsevier 2011, pp. 1081-1091doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.09.040 .

4.8 - Interventi Per Migliorare Le Prestazioni Energetiche e Ridurre I Dispersioni Termici

di Riccardo De Luca, Marco Zerbinati

4.8.1 - Introduzione

Il recupero funzionale per destinazioni residenziali (temporanee o permanenti) richiede di poter raggiungere e mantenere, per il periodo invernale, condizioni termoigrometriche accettabili e confrontabili con gli standard di confortevolezza degli edifici contemporanei e, nello stesso tempo, seguire l'attuale indirizzo di un sensibile risparmio energetico.

Per mantenere i caratteri formali, materici e di immagine complessiva degli edifici tradizionali di pietra a vista, in caso di prolungato uso invernale risulta indispensabile predisporre opportuni isolamenti all'interno. Di conseguenza, il problema di tutto il sistema di isolamento dell'involucro è indirizzato a predisporre all'interno delle pareti degli strati che riducano i dispersioni termici abbinati a strati che si oppongano contemporaneamente alla diffusione del vapore verso la struttura muraria (schermi o barriere). La stratigrafia del sistema di isolamento va studiata infatti in modo da evitare le condensazioni interstiziali del vapore d'acqua che si diffonde dai locali riscaldati verso l'esterno. Tali condensazioni si concentrerebbero tra il "pacchetto" di isolamento posto all'interno e la muratura di pietra originaria. Così facendo, in genere ci si trova nella situazione di una massa termica interna da riscaldare relativamente bassa: come caratteristica generale, essa si riscalda facilmente e si raffredda altrettanto facilmente.

Negli edifici di struttura di pietra recuperati a fini residenziali, solitamente si possono presentare casi con caratteristiche costruttive comprese tra due opposti:

- 1) muri regolari, con superfici interne planari e rettilinee;
- 2) profili interni piuttosto irregolari, superfici non planari e con andamento non rettilineo.

Nel primo caso è possibile intervenire con una stratigrafia staccata dal muro con camera d'aria e protetta all'interno della stanza con un rivestimento di legno. La successione degli strati a partire dall'ambiente interno può essere: rivestimento di legno, barriera al vapore, isolante su doppio strato incrociato o sfalsato, camera d'aria¹, muratura. In questo caso si dispone un adeguato isolamento termico ed è possibile "controllare" tutti i fenomeni termoigrometrici. Si adotta la soluzione:

- di rivestire l'isolante con la barriera al vapore;
- di proteggere la barriera al vapore con una *boiserie* o una perlina-tura, a seconda dei casi.

Qualora vi sia mancanza di planarità sulle superfici interne, è possi-

nota 4.8-1 - La camera d'aria può essere debolmente ventilata dall'esterno nel caso vi sia passaggio di aria tra i giunti della muratura.

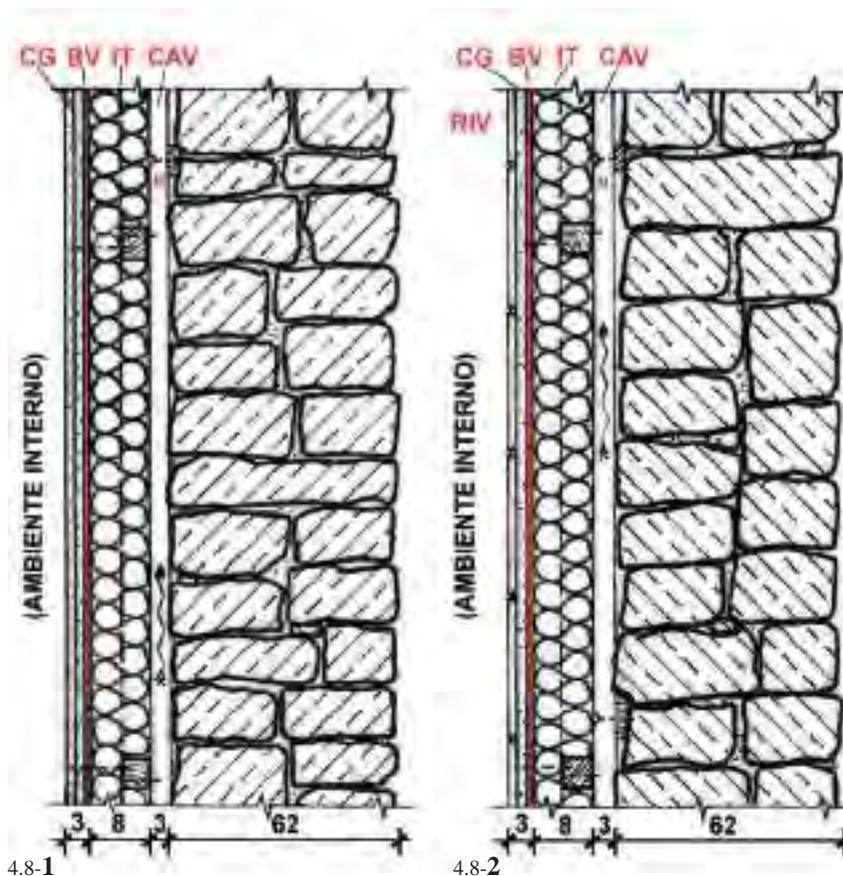
bile isolare gli ambienti:

- staccandosi dalla muratura, perdendo conseguentemente la relativa superficie utile di pavimento e utilizzando una struttura portante leggera di sostegno del pacchetto²;

- utilizzando degli intonaci a elevata capacità isolante, con particolari prestazioni, con aggregati speciali, fibre, additivi e aggiunte specifici. L'impiego di intonaci, tuttavia, salvo casi eccezionali preclude l'inserimento di una barriera al vapore; di conseguenza, occorre prevedere l'utilizzo di intonaci a forte spessore (dell'ordine di 8 cm) applicati in più strati, con una finitura verso l'ambiente interno che deve risultare essere, per quanto possibile, la meno permeabile al vapore d'acqua. In questo caso, sarà comunque molto difficile raggiungere i valori di trasmittanza richiesti dalla vigente normativa. Inoltre sarà anche difficile evitare che si formino condensazioni interstiziali. Pertanto sarà importante calcolare la quantità di vapore che un rivestimento di intonaco a elevato spessore potrà accumulare nel periodo invernale, necessariamente contenuta entro valori limite stabiliti anche dalla normativa tecnica³, per poi verificare che le stesse vengano rievaporate nel successivo periodo primaverile ed estivo.

nota 4.8-2 - Il progettista, valutate le condizioni in cui opera e le esigenze della committenza, potrà optare per soluzioni anche molto diverse tra loro ma attagliate allo specifico caso.

nota 4.8-3 - Norma UNI EN ISO 13788:2013 Appendice Nazionale NA. 1.5. Questa norma prevede un massimo accumulo di 500 g/m².



Figg. 4.8-1 e 4.8-2 - Legenda dei simboli.

- CG cartongesso per luoghi umidi
- BV barriera al vapore
- IT isolante termico
- CAV camera d'aria ventilata
- M montante di sostegno per l'isolante
- RIV rivestimento ceramico (bagni, cucine)
- L rivestimento di legno interno
- LL listello per il fissaggio dell'isolamento

4.8.2 - Soluzioni praticabili per l'isolamento

Per focalizzare l'attenzione su criteri e modi per isolare ritenuti vantaggiosi nel recupero di questi edifici, di seguito vengono illustrati tre esempi.

4.8.2.1 - Stratigrafia con pannelli "minerali"

La realizzazione di questa soluzione prevede il posizionamento in opera di una struttura di sostegno (di legno o di profilati di metallo), fissati alle pareti o vincolati al pavimento e al soffitto. La loro funzione è quella di allontanarsi dal muro nel caso questo non sia planare, di sostenere i pannelli di isolamento termico e, contemporaneamente, di permettere il fissaggio di controlistelli orizzontali atti a sostenere il rivestimento interno di legno. Se sono utilizzati montanti scatolari di metallo è conveniente disporre i pannelli di isolamento in doppio strato a giunti sfalsati, in modo da evitare il ponte termico⁴ nelle zone di fissaggio (Fig. 4.8-3). Non bisogna forare la barriera al vapore collocata nel pacchetto di isolamento.

nota 4.8-4 - E' possibile anche impiegare profilati con taglio termico riempiti con schiume isolanti.

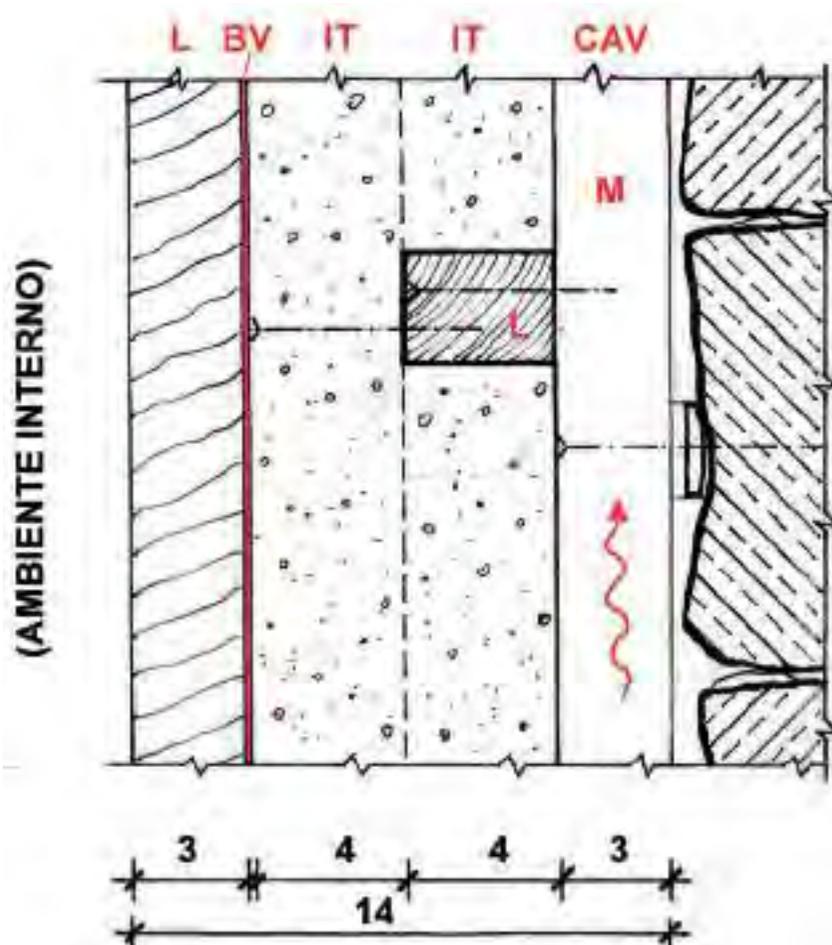


Fig. 4.8-3 - Legenda dei simboli.

- L rivestimento di legno interno
- BV barriera al vapore
- IT isolante termico (pannelli minerali)
- LL listello di legno orizzontale (supporto)
- M montante di sostegno per l'isolante
- CAV camera d'aria ventilata

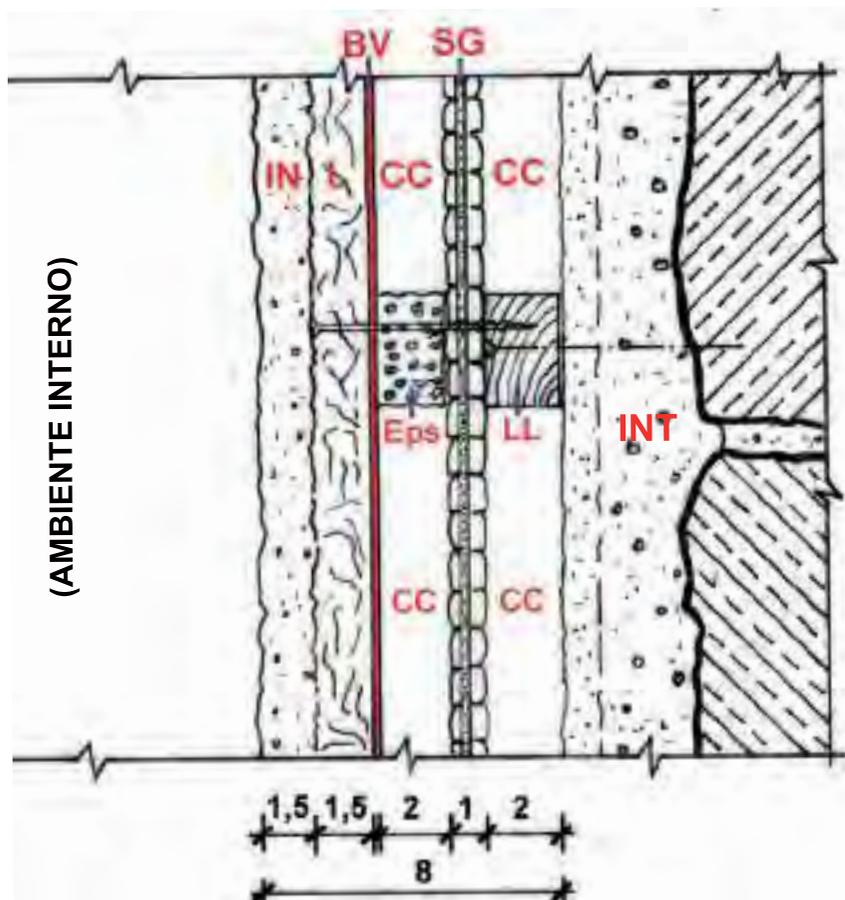
4.8.2.2 - Impiego di pannelli di isolamento ad altissime prestazioni, quali l'aerogel o materiali multistrati riflettenti.

Al posto di pannelli di fibra naturale minerale oppure sintetici è possibile usare pannelli di aerogel o pannelli multistrati riflettenti⁵, grazie ai quali si può ridurre lo spessore complessivo in relazione alle loro elevate prestazioni isolanti (Fig. 4.8-4). In questo caso, occorre prestare molta attenzione alla scelta dei sistemi di fissaggio e nelle operazioni di posa in opera, poichè il danneggiamento dei pannelli (in particolare dei pannelli di aerogel) compromette sensibilmente le prestazioni di isolamento. Ovviamente, anche l'ordinario utilizzo dell'edificio richiede qualche cautela in più: per esempio, non è possibile praticare in modo casuale buchi nel pacchetto di isolamento (per fare passare un impianto o per fissare un elemento di arredo).

Inoltre, occorre tenere in considerazione l'elevato costo attuale di questi materiali; la loro scarsa diffusione sul mercato edilizio, connessa con usi specifici in altri ambiti di applicazione, li colloca su di una fascia alta di prezzo, cui vanno sommati i costi di mano d'opera per la posa.

nota 4.8 - **5** - Per *pannello di aerogel* si intende un componente edilizio stratificato, formato da un involucro entro il quale è contenuto il materiale isolante (aerogel) a bassa conducibilità termica (circa 0,013 - 0,015 W/mK). L'aerogel più diffusamente impiegato in edilizia è quello a base di silice; esso è composto da aria (95 - 98 %) e silicio amorfo (2 - 5 %). Per *pannello multistrato riflettente* si intende un componente edilizio formato da più strati di vari materiali accoppiati (tra cui alluminio puro, films alluminizzati, fogli di polietilene espanso, ovatta, per esempio); le facce esterne di solito sono di alluminio puro accoppiato con reti di rinforzo. I pannelli in questione uniscono elevate prestazioni termoisolanti con un basso elevato.

La normativa di riferimento per le prestazioni di isolamento termico di materiali termoriflettenti è la norma UNI EN 16012:2012 - *Isolamento termico degli edifici. Isolanti riflettenti. Determinazione della prestazione termica dichiarata.*



4.8-4

Fig. 4.8-4 - Legenda dei simboli.

- In intonaco interno
- L pannello di lana di legno
- BV barriera al vapore
- CC camera d'aria chiusa (h max 60 cm)
- Eps distanziale di polistirene alta densità
- SG pannelli isolanti di "silica-gel"
- LL listello di legno per il fissaggio dei pannelli di materiale isolante
- Int intonaco esistente

4.8.2.3 - Applicazione di intonaco termico all'interno

La soluzione con intonaco isolante applicato alla superficie interna del muro impone una serie di attenzioni in fase di esecuzione. Innanzitutto è fondamentale la scelta del materiale di base dell'intonaco in relazione alle prestazioni isolanti dichiarate dal produttore. Si ritiene preferibile orientare la scelta verso materiali testati mediante apposite campagne di sperimentazione e di validazione eseguite presso Istituti di ricerca accreditati.

nota 4.8-6 - Norma UNI EN 459-1:2010, *Calci da costruzione. Definizioni, specifiche e criteri di conformità.*

Inoltre, per essere coerenti con i criteri di compatibilità, è opportuno scegliere intonaci miscelati con leganti naturali, per esempio le calci idrauliche naturali NHL conformi alla norma UNI EN 459-1:2010⁶. Gli aggregati isolanti possono essere di tipo naturale come: il sughero in granuli, la perlite espansa, la pietra pomice o la vermiculite, per esempio.

La curva di distribuzione granulometrica è studiata per conferire una bassa massa volumica apparente con porosità chiuse (soprattutto allo stato indurito). Per lo stesso motivo e per incrementare la capacità isolante, questi intonaci sono di solito additivati con aeranti e con altri tipi di additivi, capaci di conferire agli impasti allo stato fresco particolari proprietà di lavorabilità e di tixotropia.

Spesso l'applicazione di questi intonaci richiede la messa in opera di una rete porta intonaco. Questi intonaci hanno una formulazione degli additivi che favorisce l'aggrappo della miscela alle pareti e possono

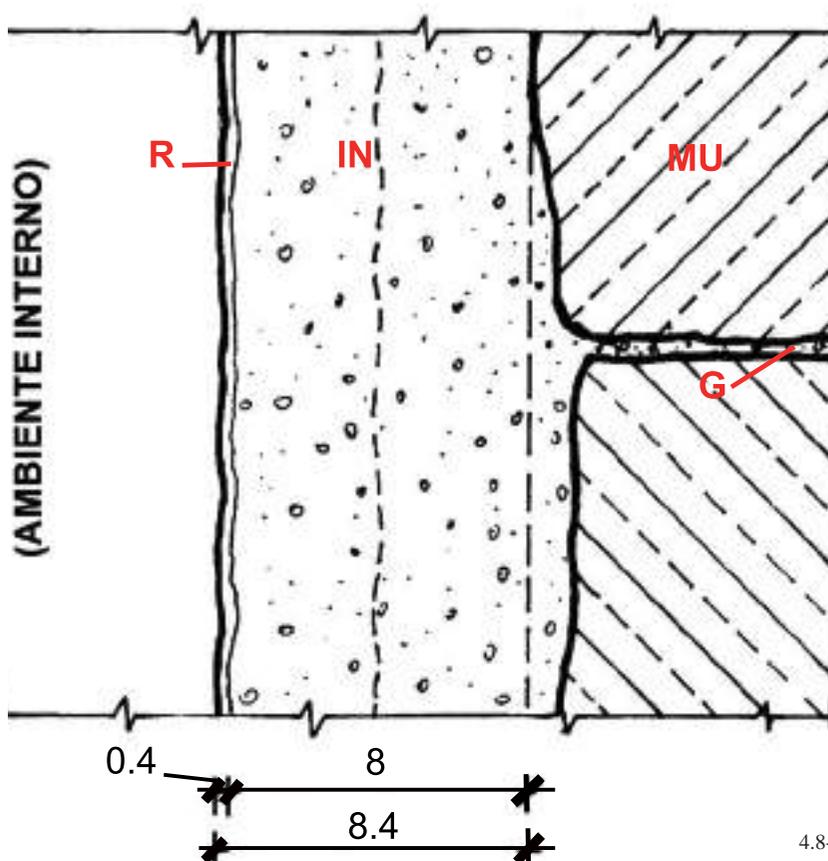


Fig. 4.8-5 - Legenda dei simboli.

R rasatura interna poco diffusiva al vapor d'acqua (μ elevato)

IN intonaco ad elevata prestazione isolante

MU muratura di pietra

G giunti di malta da ripassare prima della applicazione dell'intonaco isolante

richiedere anche un trattamento con aggrappante prima della vera e propria applicazione.

La stratigrafia dell'intonaco isolante va completata con una rasatura superficiale il più possibile chiusa, che riduca sensibilmente la diffusione del vapore d'acqua presente nell'ambiente interno che si diffonde negli strati dell'intonaco. Sono attualmente in fase di sperimentazione nuove formulazioni di intonaci isolanti e di malta per rasatura con fattore di resistenza alla diffusione del vapore più elevato di quelli attuali⁷.

4.8.3 - Valutazione della quantità di vapore d'acqua condensata e verifica della sua rievaporazione in un ciclo stagionale

4.8.3.1 - Ipotesi di calcolo

E' stato ipotizzato di valutare la condensazione che si verifica in un muro d'ambito composto con pietra di blocchi di gneiss a spacco (o di altri litotipi locali simili), spesso 60 cm, con isolamento mediante intonaco spesso 8 cm con rasatura di 4 mm, poco diffusiva al vapore, secondo la soluzione illustrata in Fig. 4.8-5. Per le condizioni ambientali si ipotizzano due localizzazioni dell'edificio in ambito ossolano, una a Veglio di Montecrestese (altitudine 550 m slmm) e una a Santa Maria Maggiore in Val Vigizzo (altitudine 816 m slmm).

Per le verifiche termigrometriche è stata seguita la norma UNI 13788 - *Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo*.

Seguendo la norma innanzi citata è stata valutata la quantità di condensa che si forma nel muro nella stagione fredda calcolandola mese per mese, utilizzando i dati di partenza (temperature medie mensili e umidità medie mensili) rilevati dalla stazione dell'Osservatorio Meteorologico presso il Collegio Rosmini di Domodossola.⁸

Le temperature della località Veglio di Montecrestese e Santa Maria Maggiore sono state calcolate tenendo conto della differenza di altitudine rispetto a Domodossola, con l'algoritmo riportato in UNI 10349 - *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici*, al punto 4, che definisce la correzione da apportare alla temperatura della località di riferimento $\theta_{e,r}$ tenendo conto della differenza di altitudine $(z-z_r)$ e del gradiente verticale di temperatura δ con la seguente formula:

$$\text{Temperatura nella località considerata: } \theta_e = \theta_{e,r} - (z-z_r) \cdot \delta$$

dove δ = gradiente verticale di temperatura = 1/178 .

Negli specifici casi esaminati:

$z_1 = 550$ m slm (Veglio di Montecrestese)

nota 4.8-7 - Al momento sono state avviate, in via sperimentale, nuove formulazioni da parte di un'azienda produttrice in partenariato con il Politecnico di Torino. Lo scopo è quello di giungere, a breve, ad applicazioni di prova in cantieri controllati, attuando le necessarie procedure per il rilevamento di dati.

nota 4.8-8 - BertAMIn t., MosELLO r., *Il clima*, in: A.A.VV, Terra d'Ossola, Ed. Grossi, Domodossola, 2005, p. 109-118.

$z_2 = 816$ m slmm (Santa Maria Maggiore, Val Vigezzo)

$z_r = 272$ m slmm (Domodossola)

tenendo conto che le valli ossolane sono interessate quotidianamente da correnti d'aria⁹, le umidità relative dell'aria per le località di Veglio e di Santa Maria Maggiore, in mancanza di dati rilevati *in loco*, sono state prese uguali a quelle rilevate a Domodossola e sono poi state determinate le pressioni parziali di vapore per le temperature del luogo interessato.

nota 4.8- **9** - BertAMInI t , MOseLLO r , cit.

nota 4.8- **10** - Per i periodi nei quali il riscaldamento non è in funzione e

$\theta_e < 18^\circ \text{C}$ allora $\theta_i = 18^\circ \text{C}$.

Quando

$\theta_e > 18^\circ \text{C}$ allora $\theta_i = \theta_e$

(ad esempio corrispondente ai mesi di luglio e agosto per Santa Maria Maggiore).

Per quanto attiene alle condizioni ambientali interne degli edifici, la temperatura assunta è $\theta_i = 20^\circ \text{C}$ per il periodo in cui l'edificio è riscaldato (presumibilmente da settembre ad aprile)¹⁰ e l'umidità è stata calcolata, secondo il procedimento dell'appendice A "Classi di umidità all'interno degli ambienti" della UNI 13788. Si parte dall'umidità dell'ambiente esterno (riportata con i valori della pressione parziale del vapore in Pa) e si sommano dei valori di pressione parziale del vapore definiti in funzione del tipo di utilizzo degli ambienti ("classe di umidità interna") e quindi in relazione alla quantità di vapore prodotta, corretti in funzione delle temperature esterne (che influiscono sulla frequenza delle aperture delle finestre e, per basse temperature, fanno sì che tutta la produzione di vapore interna rimanga praticamente confinata senza defluire all'esterno).

Nei casi esaminati è stato considerato l'estremo massimo dei valori della classe di umidità 3 "Alloggi con basso indice di affollamento" corrispondente anche al valore limite inferiore della classe 4 "Alloggi con alto indice di affollamento" (prospetto A1 e figura A1 della norma). Il valore di pressione parziale di vapore indicante la quantità di vapore prodotto all'interno, che si somma alla pressione esterna, varia (secondo il diagramma a linea spezzata) tra 810 Pa per temperature inferiori o uguali a 0°C e 0 Pa per temperature esterne uguali (o superiori) a quelle interne pari a 20°C ¹¹, con la legge:

$$\Delta p = (810/20) (20 - \theta_e) \text{ valida per } \theta_e \geq 0$$

nota 4.8- **11** - Caso di medesima pressione parziale di vapore all'interno e all'esterno.

4.8.3.2 - Valutazione del fattore di resistenza alla diffusione al vapore μ

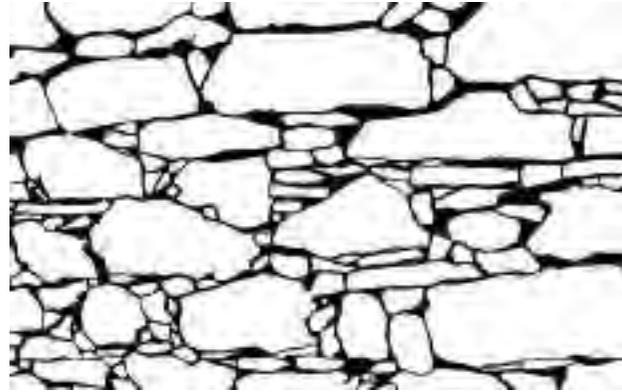
Per valutare la diffusione del vapore d'acqua negli strati occorre conoscere il fattore di resistenza alla diffusione al vapore μ dei diversi materiali costituenti la parete. Per il muro in blocchi di pietra di gneiss e giunti di malta si è ipotizzato un percorso del vapore d'acqua che si sviluppa in parallelo, dall'interno all'esterno, in clima invernale:

- attraverso i giunti localizzati tra i blocchi di pietra, con una determinata percentuale di superficie di malta esposta (con μ intonaco = $9 \div 10$) riferita alla superficie del muro (percentuale che dipende dal tipo di apparecchio delle pietre, dalla regolarità dei giunti, ecc. e che in genere è dell'ordine del 10% – 20%);

- attraverso i blocchi lapidei di gneiss o di altri litotipi locali (con un μ praticamente infinito; si tratta della restante percentuale di superfi-



4.8-6



4.8-7

cie del muro).

La valutazione delle percentuali di superficie dei giunti rispetto alla superficie totale di muro è stata effettuata su un campione di muro di pietra a spacco di un edificio di Veglio (Montecrestese) del 1875, tipico esempio di edificio che può essere oggetto di recupero.

Dall'esame del tessuto murario (Fig. 4.8-6) è stato ricavato lo schema delle superfici dei giunti di malta (Fig. 4.8-7) e successivamente mediante programma informatico [P. Piumatti] è stata ottenuta la percentuale dei giunti che è risultata del 17,6% del totale, quindi il restante 82,4% è costituito dai blocchi lapidei. Ne risulta un valore medio $\mu_{\text{medio}} = 9/0,176 = 51$.

Tale valore potrebbe essere in realtà anche maggiore poichè i percorsi del vapore attraverso il muro potrebbero essere più lunghi dello spessore del muro stesso per la presenza dei blocchi sfalsati.

D'altro canto in bibliografia risulta:

- Ghandhi¹² propone per "stone walls" il fattore $\mu = 54$.
- Seiffert¹³ mette in evidenza che quando vi è un varco in una parete il passaggio del vapore non è proporzionale alla percentuale del varco stesso ma, per piccoli varchi, si hanno in proporzione passaggi di vapore più elevati. Per rivestimenti in pietra di piccolo spessore, con giunti di malta riporta $\mu = 20$ [p. 75, n. 13]. Viene assunto il valore di $\mu = 54$.

4.8.3.3 - Calcolo delle temperature, pressioni parziali del vapore e pressioni di saturazione negli strati, valutazioni del vapore condensato e rievaporato

Tenendo conto delle diverse variabili conosciute solo a grandi linee, è stato effettuato il calcolo delle temperature e delle pressioni del vapore negli strati nell'ipotesi di regime stazionario. Sono state utilizzate le seguenti note formule:

Fig. 4.8-6 - Campione di tessuto murario di un tipico edificio di Veglio (Montecrestese) del 1875.

Fig. 4.8-7 - Schema delle superfici dei giunti di malta del campione di muro di Fig. 4.8-6.

nota 4.8- 12 - GANDHI K., *Investigation of the hygrothermal performance of stone walls in the North Wales climate by modelling and physical monitoring*, WS Cardiff University, disponibile online all'indirizzo web <http://www.historic-scotland.gov.uk/hygrothermal-seminar-kruti-gandhi.pdf>.

nota 4.8- 13 - SEIFFERT K., *Damp diffusion and buildings*, Elsevier Publishing Company limited, 1970.

1) FORMULE PER LA DETERMINAZIONE DELLE TEMPERATURE NEGLI STRATI

Densità di flusso termico [W/m ²]	$\frac{Q}{A} = k \cdot (t_i - t_e) = \frac{(t_i - t_e)}{R} = \frac{(t_i - t_e)}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{S_j}{\lambda_j}}$
Temperatura nello strato [°C]	$t_r = t_i - k \cdot (t_i - t_e) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^{j=r} \frac{S_j}{\lambda_j} \right)$
Temperatura superficiale interna [°C]	$t_{si} = t_i - k \cdot (t_i - t_e) \cdot \frac{1}{\alpha_i}$
Temperatura interna ed esterna [°C]	$t_i \quad t_e$
Conducibilità del materiale [W/mK]	λ_j
Trasmittanza termica parete [W/m ² K]	k
Resistenza termica parete [m ² K/W]	$R = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{S_j}{\lambda_j}$
Spessore strato [m]	s_j
Coefficiente di scambio liminare termico [W/m ² K]	$\alpha_i \quad \alpha_e$

2) FORMULE PER LA VALUTAZIONE DELLA PRESSIONE PARZIALE DEL VAPORE NEGLI STRATI

Densità di flusso del vapore [kg/m ² h]	$\left(\frac{G}{A} \right) = \frac{p_i - p_e}{Z} = \frac{p_i - p_e}{\sum_{j=1}^{j=n} \frac{S_j}{\mu_j} \cdot N}$
Pressione del vapore nello strato [Pa]	$p_r = p_i - \frac{(p_i - p_e)}{Z} = \sum_{j=1}^{j=r} \frac{S_j}{\mu_j} \cdot N$ dove $N = R_D T / D$ [h mPa / kg] = 1,5 · 10 ⁶ [mhPa/kg] $D = 0,083 (T/273)^{1,81}$ $r_D =$ Costante vapor d'acqua
Pressione parziale del vapore interna ed esterna [Pa]	$p_i \quad p_e$
Fattore di resistenza alla diffusione' del materiale [-]	$\mu_j \quad \mu_{aria} = 1$
Resistenza alla diffusione parete [hm ² Pa/kg]	$Z = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{S_j}{\mu_j} \cdot N$
Spessore strato [m]	s_j

3) FORMULE PER VALUTARE LA QUANTITA' DI VAPORE CONDENSATO NEL PERIODO DI ACCUMULO

Densità media di flusso di vapore entrante dal lato caldo [kg/m ² h]	$\left(\frac{G}{A}\right)_e = \frac{p_i - p_x}{\sum_{i=1}^{j=x} s_j \cdot \mu_j \cdot N}$
Densità media di flusso di vapore uscente dal lato freddo [kg/m ² h]	$\left(\frac{G}{A}\right)_u = \frac{p_x - p_e}{\sum_{j=x}^{j=n} s_j \cdot \mu_j \cdot N}$
Densità media di vapore residuo [kg/m ² h]	$\left(\frac{G}{A}\right)_r = \left(\frac{G}{A}\right)_e - \left(\frac{G}{A}\right)_u$
Vapore condensato di accumulo nel mese m [kg/m ²]	$C_{a,m} = 24h \cdot n_{\text{giorni}} \cdot \left(\frac{G}{A}\right)_r$
Vapore condensato nel periodo di accumulo (nel caso specifico, novembre-marzo) [kg/m ²]	$C_a = \sum C_{a,m}$

4) FORMULE PER VALUTARE LA POSSIBILITA' DI RIEVAPORAZIONE DEL VAPORE ACCUMULATO NEL PERIODO ESTIVO

Densità media di flusso di vapore uscente da ambo i lati [kg/m ² h]	$\left(\frac{G}{A}\right)_u = \frac{p_s - p_i}{\sum_{j=1}^{j=x} s_j \cdot \mu_j \cdot N} + \frac{p_s - p_e}{\sum_{j=x}^{j=n} s_j \cdot \mu_j \cdot N}$
Condensa evaporata in un mese [kg/m ²]	$C_{e,m} = 24h \cdot n_{\text{giorni}} \cdot \left(\frac{G}{A}\right)_u$
Condensa evaporata nel periodo estivo [kg/m ²]	$C_e = \sum C_{e,m}$

Sulla base delle tabelle e dei relativi diagrammi dell'andamento delle temperature, delle pressioni parziali effettive e di saturazione negli strati dell'involucro sviluppati mese per mese, è possibile verificare la formazione di condensa laddove le pressioni effettive supererebbero (nel calcolo, ma non fisicamente nella realtà) le pressioni di saturazione.

Le pressioni di saturazione si possono ricavare dai diagrammi dell'aria umida o dalle relative tabelle oppure con la formula approssimata che dà la pressione di saturazione del vapore in funzione della temperatura, utile quando si usa un foglio di calcolo elettronico:

$$p_s = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

Il calcolo di verifica della rievaporazione, per tener conto della variabilità annuale delle temperature nel periodo primaverile, è stato im-

nota 4.8 - **14** - La norma UNI 13788 indica che la temperatura interna sia assunta pari a 18° C quando nella stagione intermedia, con impianto di riscaldamento in funzione, la temperatura esterna $t_e < 18^\circ \text{C}$. Per temperature esterne superiori si pone $\theta_i = \theta_e$.

postato e verificato per i due mesi di maggio e giugno per Veglio e di giugno e luglio per Santa Maria Maggiore, quando le temperature interne ed esterne possono considerarsi simili. In realtà la rievaporazione inizia già quando non si formano più condensazioni, cioè in media a partire da aprile in poi¹⁴.

Le pressioni parziali del vapore da utilizzare nella formula di rievaporazione sono quelle corrispondenti una alla temperatura interna, l'altra a quella esterna e la pressione di saturazione P_s è corrispondente alla temperatura sul piano di condensazione nel muro (interfaccia isolante-muro).

Nel caso di Veglio di Montecrestese si formano condensazioni sul piano interfaccia tra strato isolante e muro di pietra nei mesi da dicembre a febbraio con un totale accumulato di novembre, dicembre, gennaio, febbraio, marzo di 0,350 kg/m².

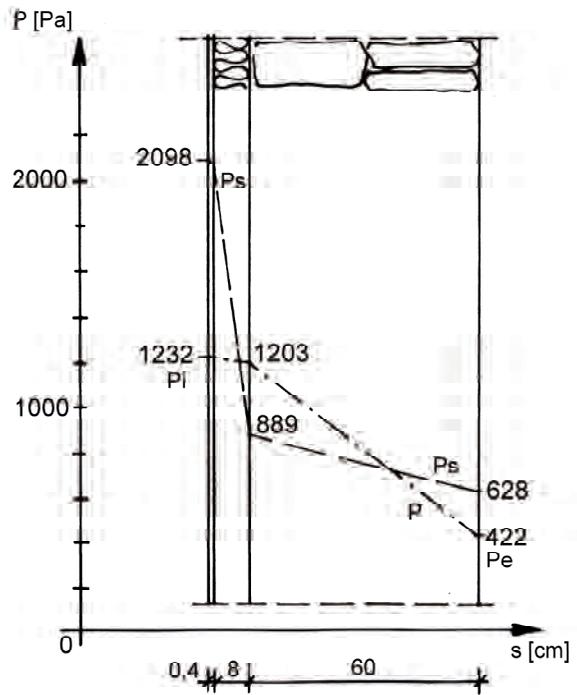
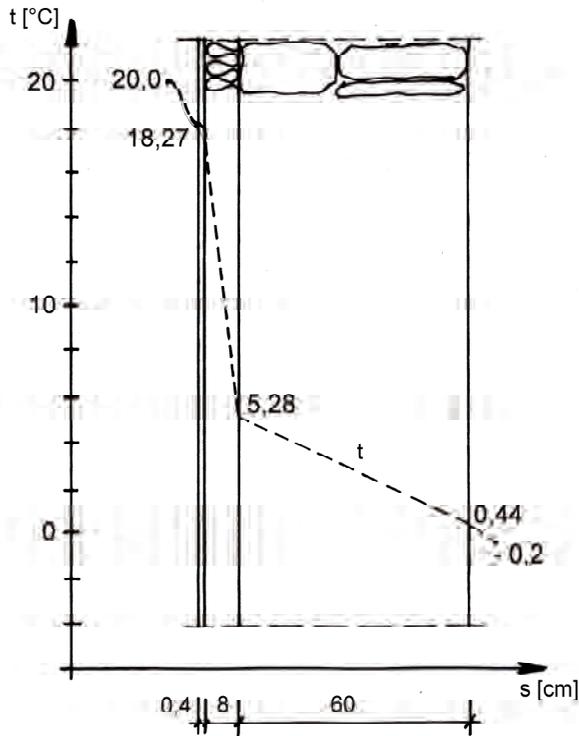
Nel caso di Santa Maria Maggiore si formano condensazioni negli stessi mesi con un totale accumulato di 0,452 kg/m².

In entrambi i casi il vapore condensato accumulato può rievaporare nel periodo primaverile/estivo come illustrato successivamente.

E' in seguito riportato il foglio di calcolo elettronico impostato per determinare le condizioni ambientali per Veglio: temperature interne ed esterne, pressioni di vapore effettive e di saturazione. E' successivamente inserito il foglio di calcolo relativo a temperature e pressioni del vapore negli strati che compongono la parete per il mese di gennaio.

	MESI	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG
Domodossola	Temp esterna [°C]	11,3	5,7	2,3	1,4	3,3	6,9	11,3	15,0	19,2	21,7
	p_s [Pa]	1338,40	915,39	720,57	675,57	773,66	994,48	1338,40	1704,41	2223,70	2594,48
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	p esterna effettiva [Pa]	1017,19	659,08	511,61	472,90	487,41	576,80	776,27	1039,69	1378,70	1556,69
	Altitudine [m]	272									
Veglio	Temp esterna [°C]	9,7	4,1	0,7	-0,2	1,7	5,3	9,7	13,4	17,6	20,1
	p_s [Pa]	1205,95	820,79	644,09	603,35	692,18	892,66	1205,95	1540,41	2016,37	2357,02
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	P esterna effettiva [Pa]	916,52	590,97	457,30	422,34	436,08	517,74	699,45	939,65	1250,15	1414,21
	Temp interna [°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	20,1
	p_s interna [Pa]	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2062,83	2062,83	2351,46
	Δp_a (curva 4)	415,60	642,40	780,10	810,00	739,60	593,80	415,60	265,75	95,65	0,00
	p interna (curva 4) [Pa]	1332,12	1233,37	1237,40	1232,34	1175,68	1111,55	1115,05	1205,40	1345,80	1414,21
	UR interna (curva 4) [%]	57,00	52,78	52,95	52,73	50,31	47,56	47,71	58,43	65,24	60,14
Altitudine [m]	550										

STRATO		Liminare interno		Rasatura resinoplastica		Intonaco isolante		Muro di pietra		Liminare esterno		RESISTENZA TERMICA
s [m]				0,004		0,080		0,600				
λ [W/m K]				0,500		0,075		1,500				
μ [-]				20		15		54				
$s/\lambda, 1/\alpha$ [m ² /K W]		0,143		0,008		1,067		0,400		0,050		1,668
Δt [°C]		1,73		1,83		14,72		19,56		20,16		
t [°C]	20,00		18,27		18,17		5,28		0,44		-0,16	
ps [Pa]	2337,0		2098,3		2085,6		889,0		628,3		603,3	
$N=R \cdot T/D$ [h m Pa/kg]	1435000		1445000		1445000		1510000		1528500		1530000	
$Z=s \cdot \mu \cdot N$ [hm ² Pa/kg]				115600		1734000		48924000				
ΣZ [hm ² Pa/kg]					115600		1849600		50773600			
p [Pa]			1232,3		1230,5		1202,8		422,3			



La quantità di vapore che può condensare nel periodo di accumulo del mese di gennaio è calcolata effettuando la differenza tra flusso di vapore entrante dal lato caldo e il flusso di vapore uscente dal lato freddo e viene moltiplicata per il numero di ore complessivo di gennaio (24 h x 31 giorni):

$$\left(\frac{G}{A}\right)_e = \frac{p_i - p_x}{\sum_{j=1}^{j=x} s_j \cdot \mu_j \cdot N} = \frac{1232,3 - 889,0}{1849600} = 1,86 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$\left(\frac{G}{A}\right)_u = \frac{p_x - p_e}{\sum_{j=x}^{j=n} s_j \cdot \mu_j \cdot N} = \frac{889,0 - 422,3}{48924000} = 9,54 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

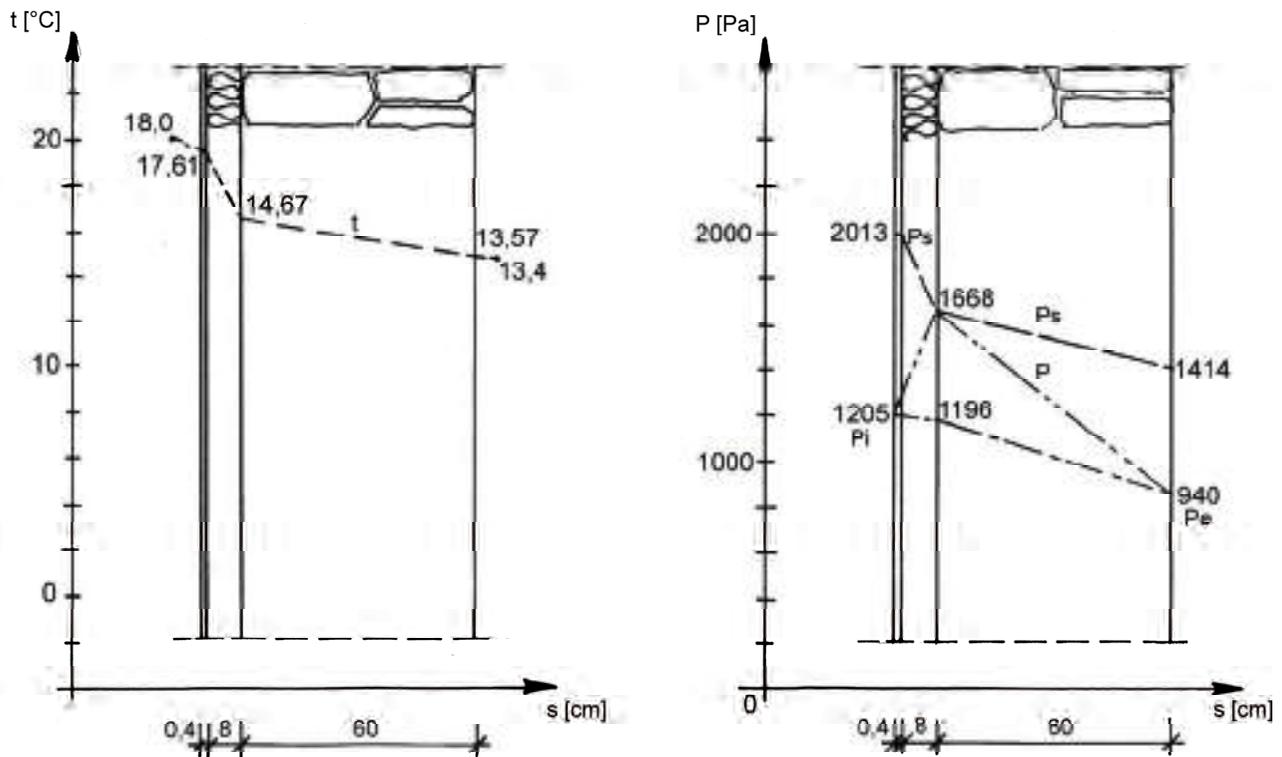
$$C_{a,gen} = h_{gen} \cdot \left[\left(\frac{G}{A}\right)_e - \left(\frac{G}{A}\right)_u \right] = 24 \cdot 31 \cdot (1,86 \cdot 10^{-4} - 9,54 \cdot 10^{-6}) = 0,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Fig. 4.8-8 - Diagramma delle temperature negli strati e diagramma delle pressioni effettive (P) di saturazione (Ps) per il caso di parete a Veglio (Montecrestese) nel mese di gennaio.

Fig. 4.8-9 - Diagramma delle temperature negli strati e diagramma delle pressioni effettive (P) di saturazione (Ps) per il caso di parete a Veglio (Montecrestese) nel mese di maggio.

Analogamente, sono impostati i fogli di calcolo di novembre, dicembre, febbraio e marzo (corrispondenti al periodo di accumulo).

Occorre successivamente valutare la quantità di vapore condensato che rievapora durante il periodo estivo. E' in seguito riportato il foglio di calcolo relativo a Veglio per il mese di maggio.



	MESI	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG
Domodossola	Temp esterna [°C]	11,3	5,7	2,3	1,4	3,3	6,9	11,3	15,0	19,2	21,7
	p _s [Pa]	1338,40	915,39	720,57	675,57	773,66	994,48	1338,40	1704,41	2223,70	2594,48
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	p esterna effettiva [Pa]	1017,19	659,08	511,61	472,90	487,41	576,80	776,27	1039,69	1378,70	1556,69
	Altitudine [m]	272									
Veglio	Temp esterna [°C]	9,7	4,1	0,7	-0,2	1,7	5,3	9,7	13,4	17,6	20,1
	p _s [Pa]	1205,95	820,79	644,09	603,35	692,18	892,66	1205,95	1540,41	2016,37	2357,02
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	P esterna effettiva [Pa]	916,52	590,97	457,30	422,34	436,08	517,74	699,45	939,65	1250,15	1414,21
	Temp interna [°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	20,1
	p _s interna [Pa]	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2062,83	2062,83	2351,46
	Δp _a (curva 4)	415,60	642,40	780,10	810,00	739,60	593,80	415,60	265,75	95,65	0,00
	p interna (curva 4) [Pa]	1332,12	1233,37	1237,40	1232,34	1175,68	1111,55	1115,05	1205,40	1345,80	1414,21
	UR interna (curva 4) [%]	57,00	52,78	52,95	52,73	50,31	47,56	47,71	58,43	65,24	60,14
	Altitudine [m]	550									

STRATO	Liminare interno	Rasatura resinoplastica	Intonaco isolante	Muro di pietra	Liminare esterno	RESISTENZA TERMICA
s [m]		0,004	0,080	0,600		
λ [W/m K]		0,500	0,075	1,500		
μ [-]		20	15	54		
s/λ, 1/α [m ² /K W]	0,143	0,008	1,067	0,400	0,050	1,668
Δt [°C]	0,39	0,41	3,33	4,43	4,56	
t [°C]	18,00	17,61	17,59	14,67	13,57	13,44
p _s [Pa]	2062,8	2012,6	2009,9	1668,4	1414,2	1540,4
N=R T/D [h m Pa/kg]	1435000	1445000	1445000	1510000	1528500	1530000
Z=s μ N [hm ² Pa/kg]		115600	1734000	48924000		
Σ Z [hm ² Pa/kg]			115600	1849600	50773600	
p [Pa]		1205,4	1204,8	1195,7	939,6	

Ne deriva che la quantità di condensa che evapora da ambo i lati della parete nel mese di maggio è:

$$\left(\frac{G}{A}\right)_u = \frac{p_s - p_i}{\sum_{j=1}^{j=x} s_j \cdot \mu_j \cdot N} + \frac{p_s - p_e}{\sum_{j=x}^{j=n} s_j \cdot \mu_j \cdot N} = 2,50 \cdot 10^{-4} + 0,15 \cdot 10^{-4}$$

$$= 3,40 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$C_{e,\text{mag}} = h_{\text{mag}} \cdot \left(\frac{G}{A}\right)_u = 24 \cdot 31 \cdot (3,40) \cdot 10^{-4} = 0,197 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Analogamente è possibile valutare la quantità di condensa che rievapora da ambo i lati della parete nel mese di giugno pari a 0,277 kg/m².

Nel caso di Veglio è stato possibile limitarsi ai mesi di maggio e giugno, in quanto i calcoli dimostrano che è sufficiente questo arco di tempo per far evaporare tutto il vapore condensato nel periodo di accumulo (0,197 + 0,277 > 0,350 kg/m²).

Nel caso di Santa Maria Maggiore si formano condensazioni nei 5 mesi tra novembre e marzo. Viene valutata la quantità di condensazione media mensile partendo dai valori medi orari moltiplicati per 24 ore e il numero dei giorni al mese. Sommando la quantità di condensa accumulata rispettivamente nei 5 mesi consecutivi citati si è ottenuto, per Santa Maria Maggiore, un valore di vapore condensato di 0,452 Kg/m².

Sono in seguito riportati i fogli di calcolo elettronico relativi a Santa Maria Maggiore per i mesi di gennaio e giugno.

	MESI	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG
Domodossola	Temp esterna [°C]	11,3	5,7	2,3	1,4	3,3	6,9	11,3	15,0	19,2	21,7
	p _s [Pa]	1338,40	915,39	720,57	675,57	773,66	994,48	1338,40	1704,41	2223,70	2594,48
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	p esterna effettiva [Pa]	1017,19	659,08	511,61	472,90	487,41	576,80	776,27	1039,69	1378,70	1556,69
	Altitudine [m]	272									
Santa Maria Maggiore	Temp esterna [°C]	8,2	2,6	-0,8	-1,7	0,2	3,8	8,2	11,9	16,1	18,6
	p _s [Pa]	1090,14	738,45	577,71	540,72	621,42	803,96	1090,14	1396,62	1834,04	2147,83
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	P esterna effettiva [Pa]	828,51	531,69	410,17	378,51	391,49	466,29	632,28	851,94	1137,10	1288,70
	Temp interna [°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,6
	p _s interna [Pa]	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2062,83	2141,94
	Δp _a (curva 4)	476,13	702,93	810,00	810,00	800,13	654,33	476,13	326,28	156,18	54,93
	p interna (curva 4) [Pa]	1304,63	1234,61	1220,17	1188,51	1191,62	1120,62	1108,41	1178,22	1293,28	1343,62
	UR interna (curva 4) [%]	55,83	52,83	52,21	50,86	50,99	47,95	47,43	50,42	62,69	62,73
	Altitudine [m]	816									

STRATO		Liminare interno		Rasatura resinoplastica		Intonaco isolante		Muro di pietra		Liminare esterno		RESISTENZA TERMICA
s [m]				0,004		0,080		0,600				
λ [W/m K]				0,500		0,075		1,500				
μ [-]				20		15		54				
$s/\lambda, 1/\alpha$ [m ² /K W]		0,143		0,008		1,067		0,400		0,050		1,668
Δt [°C]		1,86		1,96		15,81		21,01		21,66		
t [°C]	20,00		18,14		18,04		4,19		-1,01		-1,66	
p_s [Pa]	2337,0		2081,5		2067,9		823,6		571,7		540,7	
$N=R \cdot T/D$ [h m Pa/kg]	1435000		1445000		1445000		1510000		1528500		1530000	
$Z=s \cdot \mu \cdot N$ [hm ² Pa/kg]				115600		1734000		48924000				
ΣZ [hm ² Pa/kg]					115600		1849600		50773600			
p [Pa]			1188,5		1186,7		1159,0		378,5			

La quantità di vapore che può condensare nel periodo di accumulo nel mese di gennaio risulta:

$$\left(\frac{G}{A}\right)_e = \frac{p_i - p_x}{\sum_{j=1}^{j=x} s_j \cdot \mu_j \cdot N} = \frac{1188,5 - 823,6}{1849600} = 1,97 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$\left(\frac{G}{A}\right)_u = \frac{p_x - p_e}{\sum_{j=x}^{j=n} s_j \cdot \mu_j \cdot N} = \frac{823,6 - 378,5}{48924000} = 9,10 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$C_{a,gen} = h_{gen} \cdot \left[\left(\frac{G}{A}\right)_e - \left(\frac{G}{A}\right)_u \right] = 24 \cdot 31 \cdot (1,97 \cdot 10^{-4} - 9,10 \cdot 10^{-6}) = 0,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

In seguito ai calcoli riportati nelle seguenti tabelle, risulta che, per il mese di giugno, la quantità di vapore rievaporato è:

$$\left(\frac{G}{A}\right)_u = \frac{p_s - p_i}{\sum_{j=1}^{j=x} s_j \cdot \mu_j \cdot N} + \frac{p_s - p_e}{\sum_{j=x}^{j=n} s_j \cdot \mu_j \cdot N} = 3,24 \cdot 10^{-4} + 0,15 \cdot 10^{-4} = 3,40 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$C_{e,giu} = h_{giu} \cdot \left(\frac{G}{A}\right)_u = 24 \cdot 30 \cdot (3,40) \cdot 10^{-4} = 0,244 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

	MESI	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG
Domodossola	Temp esterna [°C]	11,3	5,7	2,3	1,4	3,3	6,9	11,3	15,0	19,2	21,7
	p _s [Pa]	1338,40	915,39	720,57	675,57	773,66	994,48	1338,40	1704,41	2223,70	2594,48
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	p esterna effettiva [Pa]	1017,19	659,08	511,61	472,90	487,41	576,80	776,27	1039,69	1378,70	1556,69
	Altitudine [m]	272									
Santa Maria Maggiore	Temp esterna [°C]	8,2	2,6	-0,8	-1,7	0,2	3,8	8,2	11,9	16,1	18,6
	p _s [Pa]	1090,14	738,45	577,71	540,72	621,42	803,96	1090,14	1396,62	1834,04	2147,83
	UR [%]	76	72	71	70	63	58	58	61	62	60
	P esterna effettiva [Pa]	828,51	531,69	410,17	378,51	391,49	466,29	632,28	851,94	1137,10	1288,70
	Temp interna [°C]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,6
	p _s interna [Pa]	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2336,95	2062,83	2141,94
	Δp _a (curva 4)	476,13	702,93	810,00	810,00	800,13	654,33	476,13	326,28	156,18	54,93
	p interna (curva 4) [Pa]	1304,63	1234,61	1220,17	1188,51	1191,62	1120,62	1108,41	1178,22	1293,28	1343,62
	UR interna (curva 4) [%]	55,83	52,83	52,21	50,86	50,99	47,95	47,43	50,42	62,69	62,73
	Altitudine [m]	816									

STRATO		Liminare interno	Rasatura resinoplastica	Intonaco isolante	Muro di pietra	Liminare esterno	RESISTENZA TERMICA
s [m]			0,004	0,080	0,600		
λ [W/m K]			0,500	0,075	1,500		
μ [-]			20	15	54		
s/λ, 1/a [m ² /K W]		0,143	0,008	1,067	0,400	0,050	1,668
Δt [°C]		0,16	0,17	1,36	1,80	1,86	
t [°C]	18,00		17,84	17,83	16,64	16,20	16,14
p _s [Pa]	2062,8		2042,3	2041,1	1893,5	1840,6	1834,0
N=R T/D [h m Pa/kg]	1435000		1445000	1445000	1510000	1528500	1530000
Z=s μ N [hm ² Pa/kg]			115600	1734000	48924000		
Σ Z [hm ² Pa/kg]				115600	1849600	50773600	
p [Pa]			1293,3	1292,9	1287,6	1137,1	

Nel successivo mese di luglio i calcoli portano ad una quantità di condensa rievaporata di 0,336 kg/m² che dimostrano che tutto il vapore condensato nei 5 mesi invernali (0,452 kg/m²) ha la possibilità di rievaporare in giugno e luglio (0,244 + 0,336 = 0,580 kg/m²).

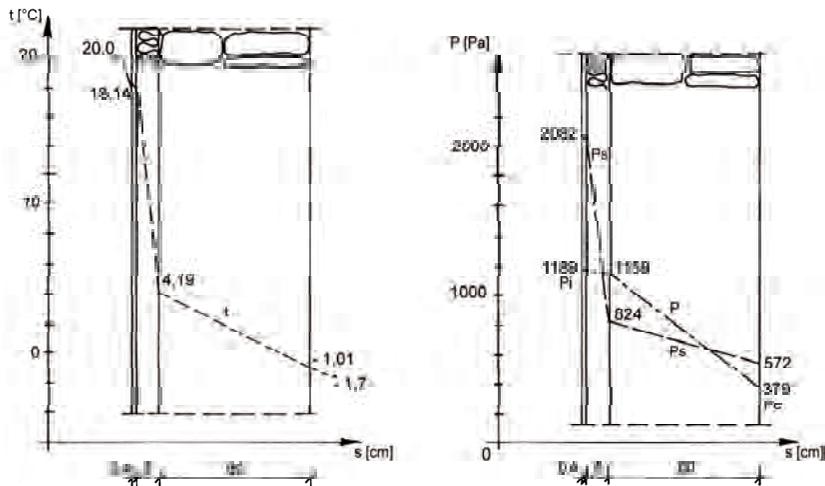


Fig. 4.8-10 - Diagramma delle temperature negli strati e diagramma delle pressioni effettive (P) di saturazione (P_s) per il caso di parete a Santa Maria Maggiore (Montecrestese) nel mese di gennaio.

4.8-10

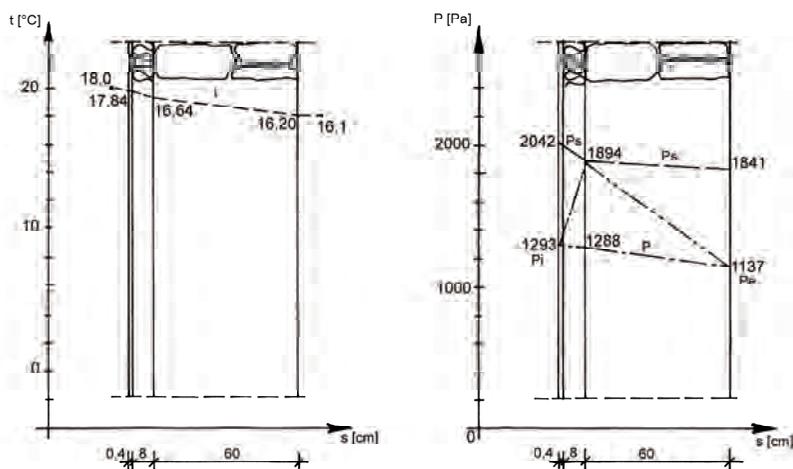


Fig. 4.8-11 - Diagramma delle temperature negli strati e diagramma delle pressioni effettive (P) di saturazione (P_s) per il caso di parete a Santa Maria Maggiore (Montecrestese) nel mese di maggio.

4.8-11

BIBLIOGRAFIA Cap. 4.8

BertAMInI t, MOseLLO r, *Il clima in A.A.VV*, Terra d'Ossola, Ed. Grossi, Domodossola, 2005, p. 109-118.

GAnDHI K., *Investigation of the hygrothermal performance of stone walls in the North Wales climate by modelling and physical monitoring*, WS Cardiff University, disponibile online all'indirizzo web <http://www.historic-scotland.gov.uk/hy>

S eIFFert K., *Damp diffusion and buildings*, Elsevier Publishing Company limited, 1970.

Norma UNI EN ISO 13788:2013 Appendice Nazionale NA. 1.5

4.9 - Le sUPERFICI esterne : MALte , IntOnACI A VISTA, sUPERFICI tInteGGIAtE , DeCOrAZIONi PIttOrICHE O A GRAFFITO

nota 4.9-1 - La bibliografia di riferimento è riportata a fondo capitolo. Dai testi citati sono estratti i principali contenuti di ordine pratico sui materiali e sulle soluzioni tecniche.

MARCO ZERBINATI

Fig. 4.9-1 - Dintorni di Domodossola. Edificio residenziale di gusto ottocentesco con intonaco esterno tinteggiato con colore azzurro. Il dilavamento differenziale delle superfici tinteggiate *in velatura*, restituisce un'immagine di "invecchiamento nobile" dell'edificio.

Fig. 4.9-2 - Maggianico. Edificio intonacato e tinteggiato nei pressi della piazza principale.



4.9-1



4.9-2

4.9.1 - Introduzione

Il problema della conservazione e della manutenzione delle superfici di finitura è stato ampiamente approfondito in studi specifici, ed è stato preso in esame e dibattuto in convegni di alto profilo ad esso dedicati¹. Come per gli altri aspetti trattati, anche i contenuti tecnici relativi alle finiture esterne del patrimonio edilizio diffuso meritano la dovuta attenzione poiché sono determinanti per il conseguimento di risultati di qualità adeguata negli interventi di conservazione, di manutenzione e di recupero in un quadro di progettazione complessiva.

Per questa ragione, in coerenza con le finalità del manuale, nel capitolo sono compresi:

- letture di situazioni critiche dirette a focalizzare i diversi ordini di problemi riguardanti le finiture,
- indicazioni sulle possibili cause ricorrenti di degrado e sui conseguenti fenomeni più diffusamente riscontrati,
- indicazioni sugli inconvenienti più diffusi in conseguenza dell'uso di materiali inadatti o inappropriati,
- indicazioni di ordine pratico su cosa è possibile oggi fare in relazione con i materiali disponibili.

Prima di passare a una breve descrizione di fenomeni patologici ricorrenti, di caratteristiche e di contenuti tecnici inerenti criteri di miscelazione di intonaci compatibili con gli edifici rustici, conviene riprendere alcuni aspetti di ordine critico attinenti le scelte generali da adottare.

Com'è noto, gli edifici storici di pietra presentano soluzioni di apparecchiatura muraria variabili da luogo a luogo, in ragione della disponibilità di litotipi locali, di consuetudini edificatorie, della funzione dell'edificio costruito e così via. Volendo proporre un esempio "limite", nei contesti esaminati si può passare da edifici interamente intonacati e decorati a edifici interamente costruiti a secco, quindi senza alcun impiego di malta. Per esempio, gli edifici religiosi, le cappelle, i piloni votivi, gli edifici pubblici, più comunemente sono intonacati e in molti casi anche decorati all'esterno; meno frequente, invece, è la presenza di finiture con intonaco sui rustici, dove è ampia la variabilità delle soluzioni costruttive adottate per le murature. Per esempio, vi sono:

- murature con giunti di malta lasciati in profondità, non rabboccati

superficialmente,

- murature con giunti portati sino alla superficie e lavorati, con varie modalità di effetto per lasciare trasparire parte della tessitura muraria (lavorati “a raso pietra”),

- muri semplicemente intonacati in modo rustico, con l’intonaco grossolanamente applicato a cazzuola e non stagiato (anche contenente argilla o terra),

- muri con l’intonaco frattazzato o rasato con lo strato di finitura avente granulometria degli aggregati più fini.

L’elenco potrebbe continuare. Ciò che pare utile sottolineare è, invece, che nelle diverse valli o fondovalle considerati, ognuno di questi ambiti si caratterizza per la presenza di talune soluzioni e per l’assenza di altre, con variabilità locali anche notevoli. Quindi, anche all’interno di questo microcosmo, non è possibile ipotizzare di avere soluzioni unificanti perché - generalizzando con alcuni esempi - gli edifici rustici della Val Bavona non hanno le finiture superficiali delle case di Santa Maria Maggiore, come pure gli edifici del tessuto storico di Domodossola hanno più differenze che similitudini con le rare finiture esterne viste a Corippo. La considerazione può apparire ovvia ma, osservando quanto accade nella pratica quotidiana e negli interventi in cantiere, si ha la netta sensazione che tale concetto non sia stato tenuto presente, o rimarcato con la dovuta forza. Ne consegue spesso un utilizzo inappropriato di materiali inadatti per tali edifici, in contrasto con i più elementari principi di compatibilità e di conservazione.

Per questo è auspicabile avere criteri condivisi di approccio alle problematiche, in modo da agire con strumenti comuni capaci di agire sulla sensibilità degli operatori attraverso il dialogo fattivo e il progressivo allestimento di una già richiamata “spirale virtuosa”.

Di conseguenza, anche per quanto riguarda il tema delle finiture esterne degli edifici di pietra, vale ciò che è stato più volte ribadito all’interno del manuale: il progetto deve avere un ruolo centrale nella



4.9-3

nota 4.9-2 - Agli aspetti richiamati negli ultimi due capoversi può fornire un supporto di grande efficacia la normativa per la regolazione e il controllo degli interventi. Questi dovrebbero essere basati non sulla *imposizione di un risultato*, piuttosto sul *controllo del processo*. Per essere più chiari, sono riportati alcuni esempi concreti ricorrenti:

1 - quando un *Piano del Colore* “impone” un tono di tinteggiatura attraverso una *paletta* di colori, o accostamenti prestabiliti secondo sequenze di prospetti delle vie “intonati” tra loro, dovrebbe innanzitutto obbligare i richiedenti a una sequenza di operazioni di indagine e di studio preliminari finalizzate a:

1.1 - stabilire la successione degli eventi costruttivi, di manutenzione, di ricoloritura, quindi le cromie di riferimento.

1.2 - individuare i sistemi di pitturazione minerali per gli interventi di tinteggiatura, sostenendo l’importanza delle applicazioni per velature *semitrasparenti* o *semicoprenti*, a seconda dei casi.

Non ha fondamento parlare in senso generico di tonalità *nei rosa, nel giallo, nel persichino, nel nocciola, nel verde e nell’azzurro*. Il colore va progettato sul caso specifico; il decoratore incaricato deve possedere la capacità di produrre tinte con colori a campione, come è sempre stato fatto nel tempo, quando non c’erano le “mazzette dei colori”. Definire i colori nominalmente è rischioso, perché definisce e categorizza in insiemi confinati gamme tonali che, per definizione, non hanno limite e distoglie dall’importanza del sistema prescelto e delle modalità di applicazione;

2 - quando i Regolamenti Edilizi impongono l’uso di “*intonaci tradizionali*” dovrebbero entrare nel merito di quanto proposto in relazione al contesto. Dato per assodato che per *tradizionali* si intende a base di calce aerea o debolmente idraulica (se ottenuta dalla cottura di calcari marnosi) e non (come comunemente gli operatori di oggi preferiscono intendere) di malta *bastarda* (cioè con calce idrata - o grassello - e cemento Portland), occorre fornire esempi concreti di posa in opera al fine di fugare possibili fraintendimenti. Materiali, criteri di miscelazione, modalità applicative sono noti, basta essere chiari nel definirli e ricondurre il loro impiego al contesto di riferimento, attraverso il progetto.

In estrema sintesi, a livello di normazione e di regolazione (cfr. Cap. 5) è preferibile redigere non dei “*Piani del Colore*” ma dei Progetti per il colore: la distinzione non è nominale, ma concettuale e procedurale. I Regolamenti Edilizi non siano solo descrittivi, ma diano esempi reali e schede tecniche fotografiche, insieme con la descrizione delle prestazioni in opera attese.

Fig. 4.9-3 - Masera. Edificio con decorazioni ottocentesche.



4.9-4

Fig. 4.9-4 - Cevio, Val Maggia. La parte inferiore di questo portale è soggetta ad alcune forme di degrado (cfr. Fig. 4.9.14).

Fig. 4.9-5 - Craveggia, Val Vigizzo. Degrado differenziale di una superficie esterna, riconducibile alla presenza di umidità nella parte basamentale della facciata.

Fig. 4.9-6 - Cevio. Degrado di una superficie esterna, con intonaco a vista e bugna angolare graffiata, soggetta a dilavamento.



4.9-5

concezione degli interventi, altrimenti si corre il duplice rischio di vedere attuare pratiche inadatte e di perdere testimonianze significative del passato².

Come per altre pubblicazioni aventi un principale scopo pratico o didattico, le brevi rassegne di inconvenienti più diffusamente riscontrabili, di seguito illustrate, sono state suddivise in “categorie”; tali categorie sono soltanto strumentali allo scopo di fare riconoscere i fenomeni di degrado più comuni e aiutare gli operatori a interpretarne i meccanismi patogenetici. Infatti, occorre sempre tenere presente che a ogni fenomeno di degrado spesso non è associabile una sola causa scatenante, ma possono esservi delle concause che contribuiscono a determinare la patologia riscontrata. Per tale ragione la suddivisione in categorie, può apparire complessa e forzosa. Tuttavia, abituare gli operatori a focalizzare l’attenzione verso i principali meccanismi di degrado e ai fenomeni ad essi associabili riveste una sicura utilità; inoltre è determinante per impostare correttamente gli interventi di manutenzione, conservazione o recupero, oppure per avviare approfondimenti di indagine utili per formulare una corretta diagnosi pre-intervento, anche avvalendosi delle competenze complementari ritenute necessarie.

4.9.2 - Fenomeni di degrado “endemici”

Alcune patologie di degrado molto comuni sono riconducibili per esempio all’azione dilavante dell’acqua sulla superficie, alla presenza di umidità di risalita dal basso oppure a errori di miscelazione e realizzazione. Questi problemi connaturati con le opere esaminate sono illustrati con alcuni casi emblematici.

Per brevità espositiva, i noti meccanismi di degrado non sono qui riportati, ma al fondo del capitolo sono indicati i riferimenti necessari per eventuali approfondimenti.



4.9-6



4.9-7



4.9-8

4.9.2.1 - Degrado indotto da risalita capillare

Nelle murature con fondazioni direttamente inserite nel terreno, la risalita capillare è fenomeno praticamente inevitabile. La capacità dell'acqua di risalire all'interno dei materiali porosi è nota e la malta dei giunti tra gli elementi lapidei è il materiale attraverso il quale l'acqua riesce a risalire in via preferenziale³. L'evaporazione superficiale dell'acqua e la conseguente precipitazione di sali nella parte corticale delle murature verso l'esterno (o l'interno), sono in tali casi una fonte di danno per gli intonaci di rivestimento, per le malte dei giunti murari stessi e, talvolta anche per gli elementi lapidei.

4.9.2.2 - Degrado indotto da dilavamento superficiale

Questa forma di degrado è facilmente riconoscibile ed è indotta prevalentemente dalla perdurante esposizione delle superfici all'azione delle acque meteoriche. Le forme di degrado variano in relazione al materiale:

- il dilavamento di superfici tinteggiate comporta di solito una progressiva perdita di spessore del film pittorico, con una decolorazione differenziale tra zone più esposte e meno esposte all'acqua;
- sugli intonaci lasciati *a vista*, il dilavamento può produrre forme diverse di degrado, prevalentemente associabili al discioglimento del-

Fig. 4.9-7 - Colma di Cesara. Piccolo opificio con murature contro terra soggette a degrado delle malte e a colonizzazione biologica.

Fig. 4.9-8 - Andosso, Val d'Ossola. Edifici rurali con evidenti segni di degrado indotto dalla risalita capillare alla base dei muri.

nota 4.9-3 - Anche i materiali lapidei possiedono una loro porosità caratteristica, seppure - generalmente - di molto inferiore ad altri materiali da costruzione (come, per esempio, le malte), soprattutto per quanto riguarda le pietre locali dell'area presa in esame. Valori indicativi per la porosità di tali materiali possono essere compresi tra lo 0,2 e lo 0,5 %. Per dettagli specifici: cfr. Cap. 4.1 del manuale.



4.9-9



4.9-10

Fig. 4.9-9 - Corippo, Valle Verzasca. Finestra con graffito e decorazione dipinta soggetta a degrado da dilavamento.

Figg. 4.9-10 e 4.9-11 - Esempi di dilavamento superficiale con degrado differenziale su due facciate tinteggiate, rispettivamente a Pontemaglio e Maserà.

nota 4.9-4 - Norma UNI 11182:2006, Beni Culturali, *Materiali lapidei naturali e artificiali. Descrizione della forma di alterazione. Termini e definizioni.* La Norma sostituisce la Raccomandazione Nor.Ma.L. 1/88, aggiornandone i contenuti e lessico; è particolarmente utile quando occorre valutare le forme macroscopiche di degrado dei materiali lapidei (quindi, le forme di alterazione sostanzialmente visibili a occhio nudo). La precedente Racc. 1/88 contemplava anche la simbologia di riferimento per la rappresentazione delle forme di alterazione su elaborati grafici; attualmente, la Norma 11182 non possiede tale utile strumento di supporto. Pertanto, chi desidera effettuare l'operazione di mappatura, deve avvalersi di simboli non normati, oppure mutuarne, per questo scopo, quelli già contemplati nella Raccomandazione citata.



la matrice legante e alla asportazione della parte più fine degli aggregati, con una messa in risalto degli aggregati più grandi e, successivamente, con la manifestazione di forme di alterazione come quelle indicate nel seguito a titolo di esempio.

All'azione di imbibizione delle superfici, talvolta può essere combinata anche l'azione disgregatrice di gelo e disgelo (cosa che può accadere anche per i giunti di malta o per le pietre, soprattutto in presenza di capillari molto piccoli).

Al dilavamento superficiale sono anche riconducibili alterazioni di materiali lapidei naturali e artificiali come il *pitting*, l'alveolizzazione, la presenza di fessurazioni superficiali, la presenza di lacune, la colonizzazione biologica, la presenza di macchie.

Le forme attraverso cui si manifesta il degrado superficiale sono descritte in modo adeguato da una norma UNI per i beni culturali, la Norma 11182:2006, dalla quale è possibile attingere per il lessico tecnico⁴.

4.9.2.3 - Forme di degrado riconducibili a errori di miscelazione o di applicazione

Talvolta sulle finiture esterne è possibile riscontrare forme di degrado caratterizzate da tipiche "ragnatele" di cavillatura, solitamente piuttosto estese. Tali fessurazioni (di varia ampiezza) possono inte-



4.9-12



4.9-13

ressare gli strati di intonaco a livello superficiale (per esempio, nel caso di decorazioni a graffito di limitato spessore) oppure l'intero corpo dell'intonaco; in questo secondo caso, se si tratta di superfici esposte all'acqua, questa può infiltrarsi in profondità e interessare gli strati più interni del sistema murario (oltre che, potenzialmente, continuare l'azione disagregatrice sugli intonaci). Se le cavillature sono presenti su superfici non esposte al dilavamento, la loro presenza può essere riconducibile, per esempio:

- a eccessivi dosaggi di legante nell'impasto, con conseguente accentuato ritiro in fase di indurimento e presa,
- a eccessi di acqua di miscelazione, anch'essi causa di ritiri accentuati in fase di asciugatura,
- alla presenza di terra o argilla nell'impasto, utilizzata in passato assai frequentemente insieme con la calce aerea o, persino, in sostituzione di essa e, in parte, degli aggregati fini⁵.

4.9.2.4 - Degradato indotto da colonizzazioni biologiche

Sulle finiture esterne soggette all'esposizione ad agenti meteorici e contemporaneamente orientate in modo da non essere adeguatamente soleggiate, spesso è possibile riscontrare la formazione di degrado di tipo biologico. Gli agenti patogeni possono essere individuati e classificati in modo specifico da esperti del settore (biologi o microbiologi), attraverso mirate operazioni di prelievo di campioni e analisi di laboratorio (fra gli agenti più comuni vi sono licheni, funghi, alghe di varie specie, per esempio).

Tuttavia è possibile individuare abbastanza facilmente tali fenomeni di degrado da biodeteriogeni: essi si presentano sotto forma di pellicole di colore scuro, oppure verdastro, con una diffusione anche ampia

Fig. 4.9-12 - Alpe Biscià, Craveggia. Su di un muro di un alpeggio, il rinzafo contenente anche argilla presenta estese fessure da ritiro.

Fig. 4.9-13 - Bei, Val Bognanco. Dettaglio di intonaco rustico contenente argilla, steso a cazzuola con una certa abilità, ma ricco di fessurazioni (probabilmente da ritiro) su tutta la superficie, anche se in parte ben mimetizzate dalle asperità della superficie.

nota 4.9-5 - L'impiego della "terra" o dell'argilla, nei luoghi di montagna con presenza di corsi d'acqua a carattere torrentizio, spesso sopperiva la carenza di aggregati fini o finissimi (circa > 0,150 mm di diametro) delle sabbie estratte da tali torrenti; in pratica, completavano parzialmente la curva di distribuzione degli aggregati riempiendo dei vuoti, riducendo il fabbisogno di calce e, al contempo, rendendo più scorrevoli gli impasti. Inoltre, le argille hanno una loro capacità legante che riescono a mantenere sino a quando non sono esposte in modo perdurante all'azione disagregatrice delle acque meteoriche. Tuttavia, a causa della loro natura mineralogica e della loro morfologia, richiedono una notevole quantità di acqua di impasto, con conseguenti problemi di ritiro e formazione di fessure. Alcuni criteri ritenuti adatti alla miscelazione con tali materiali, sono riportati nella nota 4.9-12 (par. 4.9.4.2).



4.9-14

Fig. 4.9-14 - Cevio. Dettaglio di portale architettonico soggetto a degrado; l'erosione superficiale, le lacune e la presenza di degrado biologico (assai esteso) sono associabili sia alla risalita per capillarità nei materiali, sia al dilavamento superficiale. La risalita può essere in parte riconducibile agli schizzi dell'acqua battente sulle modanature architettoniche.

Fig. 4.9-15 - In una località rivierasca cusiana, un antico intonaco a calce con bugna angolare dipinta è stato integrato (in più fasi) con intonaci cementizi, inadatti per colore, composizione e prestazioni. Ne consegue un evidente degrado di immagine.



4.9-15

sulle superfici, seppure non sempre omogenea. La profondità della colonizzazione può variare, per esempio, in funzione delle condizioni di crescita o del materiale. L'individuazione del genere di biofilm è importante quando diventa necessario agire con prodotti biocidi specifici.

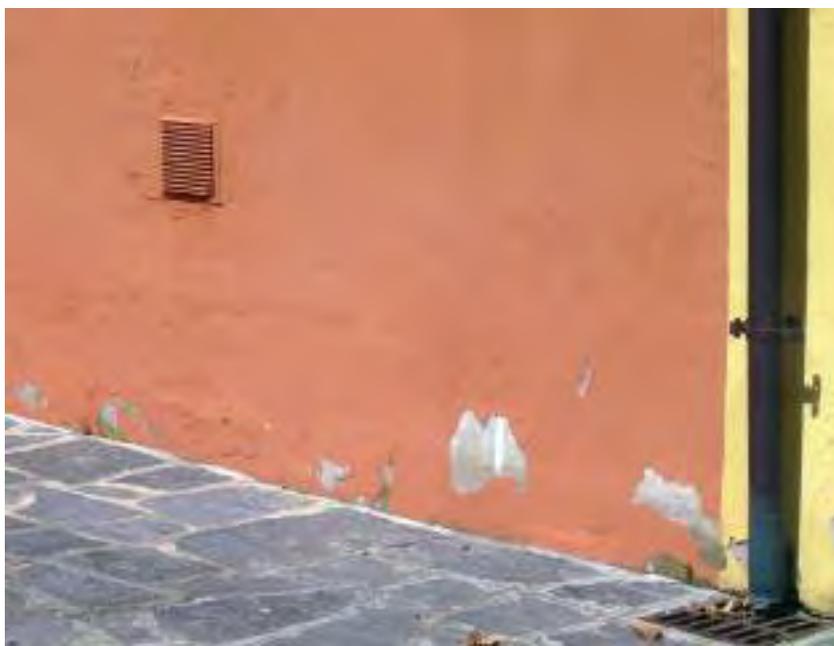
4.9.3 - Fenomeni di degrado provocati da interventi errati o inadatti

Sui manufatti del patrimonio diffuso (così come sui monumenti di maggiore rilevanza) capita spesso di riscontrare inconvenienti provocati da interventi successivi all'epoca di costruzione.

Questi inconvenienti possono assumere un duplice aspetto in relazione al potenziale danno provocato:

- innanzitutto, si tratta di casi in cui l'insipienza dei progettisti e degli operatori ha prodotto effetti di degrado dell'immagine complessiva dell'edificio,
- in secondo luogo, si tratta di interventi tecnicamente sbagliati che possono provocare, nel tempo, danni alle parti circostanti dello stesso manufatto, in quanto non hanno tenuto conto del comportamento globale dell'insieme.

Gli inconvenienti presentati testimoniano come, a monte di parecchi interventi manutentivi o di recupero funzionale, non vi sia stata un'adeguata progettazione, che abbia considerato i possibili effetti secondari indotti da tali interventi. Quindi, gli esempi proposti cercano di sottolineare l'incidenza negativa di tali interventi sull'immagine stratificata degli edifici, con il fine di sensibilizzare verso l'adozione di accorgimenti tecnici atti a definire modalità operative consonanti e compatibili.



4.9-16

4.9.3.1 - Scelta di materiali inadatti e conseguenti effetti "falsificanti"

Con una certa frequenza è possibile rilevare interventi "falsificanti" di parziale o totale rifacimento delle finiture esterne; si tratta di realizzazioni che, in relazione con le diverse caratteristiche delle finiture, non tengono conto dei seguenti valori:

- dell'aspetto dei vecchi intonaci "a vista" (dovuto principalmente al colore della matrice di fondo, alla grana e alla tessitura dell'aggregato) o della natura e composizione della malta dei graffiti,
- della natura dei leganti impiegati (solitamente "neutri" rispetto al colore di fondo predetto, come il grassello di calce),
- dei caratteri di trasparenza o semitrasparenza delle pitture a base minerale.

In tessuti storici importanti accade di assistere all'impiego di pitture coprenti (figure 4.9-17 e 4.9-18) dai toni di colore saturi, ottenuti con pigmenti artificiali che nulla hanno a che fare con i toni morbidi, semitrasparenti e "vibranti" delle tinte tradizionali e con il loro invecchiamento "nobile" (figure 4.9-3, 4.9-21 e 4.9-22). L'utilizzo di sistemi di tinteggiatura coprenti polimerici (le cosiddette "idropitture" da esterno) è errato sia concettualmente, sia per il comportamento in opera di tali materiali. La figura 4.9-16 rende solo in minima parte l'effetto di distacco sotto forma di pellicola che si verifica quando il film pittorico non è più aderente al supporto e si stacca per lembi; l'immagine di degrado che ne deriva è molto forte.

Inoltre, l'insieme degli accostamenti genera un risultato quasi *calidoscopico*, inaccettabile per gli addetti ai lavori e per i cittadini sensibili ai valori della conservazione dei caratteri connotanti gli ambienti storici. Come accennato in una precedente nota (cfr. Nota 4.9.2), gli strumenti di pianificazione e regolazione dovrebbero indirizzare e controllare il processo e il progetto, altrimenti è elevato il rischio che si

Fig. 4.9-16 (pagina precedente) - Nello stesso luogo, un intervento di totale ritinteggiatura con prodotti coprenti polimerici. Il dettaglio pone in evidenza una serie di problemi:

- l'intonaco del supporto, probabilmente è di natura cementizia, quindi poco diffusivo al vapor d'acqua; ne deriva quasi certamente un innalzamento del livello della risalita capillare,
- in presenza di umidità, la pittura polimerica (anch'essa poco diffusiva) "pellicola" e si stacca dal supporto,
- l'effetto estetico è inappropriato per un ex edificio rurale inserito in un tessuto storico, sia per il livello di saturazione dei colori, sia per il cosiddetto "effetto cartone" conferito alle superfici da questo genere di sistemi di pitturazione.



4.9-17



4.9-18



4.9-19



4.9-20

nota 4.9-6 - Per esempio, se dobbiamo rappezzare un intonaco o rabboccare dei giunti di muratura realizzati a base di calce, sarà opportuno utilizzare malte a base di calce aventi composizione, tessitura superficiale e modulo elastico simili alle malte in opera. Viceversa, se risulta necessario restaurare un cemento decorativo, sarà opportuno studiare miscele per la reintegrazione a base di cemento con composizione e prestazioni adeguate.

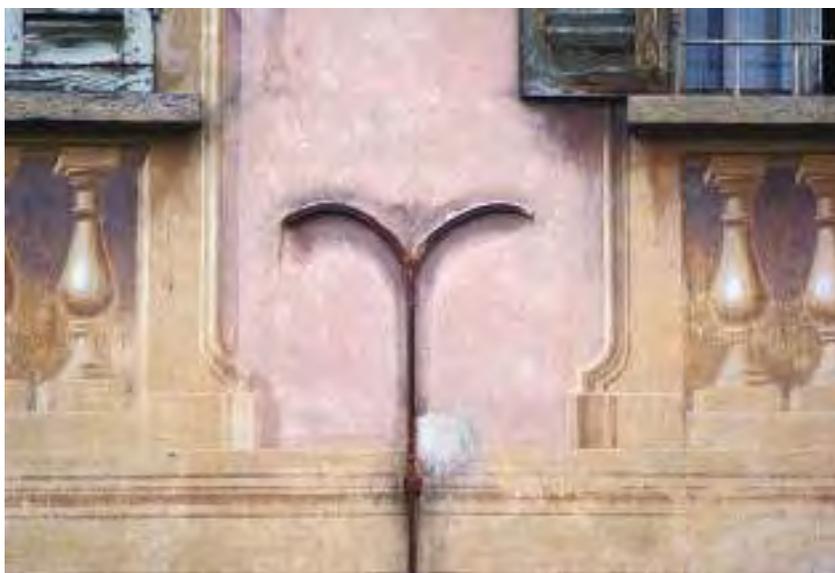
Figg. 4.9-21 e 4.9-22 - Decorazioni semitrasparenti a Maserà e Ceppo Morelli. Anche in presenza di progressivo dilavamento delle superfici, con un degrado che può essere localizzato o più esteso, i sistemi minerali consentono agli edifici di mantenere un decoro di immagine complessiva.

concretizzino gli esiti negativi riportati in questo paragrafo (figg. 4.9-17 e 4.9-18).

Analogamente, per le malte e gli intonaci “a vista” l’impiego di prodotti premiscelati o predosati per gli interventi di rabboccatura e stilatura dei giunti, o per la rappezzatura di intonaci, comporta almeno due ordini di problemi: di ordine estetico e di ordine prestazionale.

Per evitare fraintendimenti, è necessario sgomberare il campo da equivoci e da preconcetti fuorvianti: i progettisti, i tecnici e gli operatori preparati sanno bene come non esistano materiali, di per sé, “buoni” o “cattivi”. Esistono solo materiali compatibili o incompatibili, adatti o inadatti, con le prestazioni adeguate o inadeguate⁶.

Le figure 4.9-19 4.9-20 riguardano un alpeggio vigezzino; i recenti lavori di recupero hanno prodotto all’esterno estese operazioni di integrazione dei giunti murari (documentate durante i lavori) eseguite con



4.9-21



4.9-22



4.9-23



4.9-24



4.9-25

malte *bastarde*; si può osservare come il contrasto tra i giunti originari e quelli recentemente eseguiti sia stridente. Ma il contrasto è pure evidente con la grande attenzione posta nel recupero degli elementi interni, dove anche le mangiatoie per gli animali sono state pulite, restaurate e ricollocate nella futura abitazione con rinnovata funzione; qui, l'utilizzo di prodotti naturali per il restauro del legno biocompatibili e atossici, ha trovato ampia applicazione. Pertanto, risulta incomprensibile come possano essere ancora attuate operazioni con differenti livelli di sensibilità e di attenzione così marcati tra interno ed esterno. La figura 4.9-23 mostra una superficie decorata con motivi architettonici e colori di gusto ottocentesco. Su tale edificio vigezzino, a sinistra è evidente un avanzato degrado superficiale, con dilavamento ed erosione, cui si somma la presenza di film biodeteriogeni; a destra, un rappezzo eseguito per colmare una vasta lacuna con malta cementizia, aggiunge un degrado indotto da un'operazione errata⁷ alle forme di degrado endemico.

nota 4.9-7 - In relazione all'uso del cemento quale legante nelle malte per gli edifici storici, occorre tenere conto di alcune caratteristiche proprie del materiale. Di seguito alcune di queste sono riportate come promemoria; i dati specifici o tecnici relativi possono essere reperiti nella bibliografia di riferimento.

Il cemento Portland, in parte per sua composizione, in parte per i combustibili che oggi vengono impiegati per la cottura del materiale di partenza sino alla temperatura di clinkerizzazione (1450 °C circa), contiene sali solubili (n eVILLE, A.M., *Properties of concrete*, Longman, IV ed. 1996, p. 2). Esso, pertanto, può dare luogo a efflorescenze in presenza di umidità di risalita (si tenga conto che oggi, dato l'elevato costo dei combustibili, in molti forni rotanti dei cementifici vengono bruciati copertoni tritati, scarti dell'industria chimica, rifiuti di varia provenienza, per esempio). Va inoltre ricordato che la presenza di C₃A (alluminato tricalcico) nel cemento, in caso di presenza di solfati nel terreno, nell'acqua o nei materiali da costruzione comporta il rischio di formazione di *ettringite*, sali fortemente espansivi, con effetti di grave danno per i manufatti (n eVILLE, A.M., *cit.*, p. 101).

Il cemento Portland ha una elevata finezza di macinazione; le malte miscelate con sabbia e cemento, o calce aerea e cemento senza additivi aeranti, per questo risultano molto "compatte" e hanno una permeabilità al vapor d'acqua inferiore alle malte a base di calce.

Il cemento Portland conferisce resistenze meccaniche a compressione più elevate alle malte rispetto alle malte a base di calce (ovviamente secondo le differenti proporzioni di miscelazione); questo aspetto, in certi casi, potrebbe favorire il formarsi di regimi tensionali differenti da quelli originari (cfr. sCAR-ZeLLA, P; Zer BinAttI, M., *cit.*, pp. 266-269).



4.9-25

Fig. 4.9-25 - Veglio, Montecrestese. Dettaglio del lato est di un edificio intonacato con malte a base di calce e sabbie locali, con comignolo siglato e datato (1875). I manufatti ultracentenari, eseguiti a regola d'arte, sembrano reggere bene l'azione del tempo e dell'acqua piovana.

nota 4.9-8 - Le ragioni del cambiamento sono note e sono state ampiamente trattate; queste, in buona parte riconducibili ai cambiamenti indotti anche nel settore edilizio nei decenni di "boom economico", hanno di fatto creato una cesura con i "saperi tradizionali", lasciando uno spazio vuoto che oggi, faticosamente, si tenta di ricolmare. In tale tentativo, fra gli errori più comuni ve ne sono due:

1 - quello di volere utilizzare sugli edifici storici i materiali per la nuova edilizia in modo acritico,

2 - quello di volere tornare, in modo parimenti acritico, ai materiali tradizionali senza valutare gli effetti che possono esserci in un ambiente che è mutato nel suo complesso: l'inquinamento, l'indisponibilità di determinati prodotti, il cambiamento dei processi di produzione, sono fattori da valutare con attenzione.

Per esempio, occorre considerare che la produzione odierna della calce è rivolta in minima parte al settore edilizio; essa è in gran parte assorbita da altri settori, quali l'agricoltura, l'industria ceramica, la produzione dello zucchero, per citarne alcuni. Di conseguenza, la qualità del prodotto per il settore edilizio riveste un interesse secondario. Disporre di grassello di calce stagionato (di migliore qualità) o di calci idrate ben spente, senza la presenza di *incotti* macinati con l'insieme della calce spenta, richiede, di fatto, attenzione nelle scelte.

Analogamente, la figura 4.9-25 pone in evidenza un esteso intervento di sostituzione di un intonaco esterno su di un edificio rurale ticinese; qui, il rivestimento rustico originario, a base di calce con la probabile aggiunta di argilla, è stato reintegrato nella parte inferiore con un intonaco cementizio di colore grigio, che non ha più i valori di colore di fondo, di grana e di tessitura superficiali del primo.

4.9.4 - Criteri di intervento e soluzioni tecniche compatibili

La vastità di questo tema impone necessariamente una selezione e una sintesi degli argomenti, con particolare attenzione a quanto può essere praticamente utile agli operatori tecnici.

In seguito, per alcuni materiali (o sistemi) sono posti in evidenza i criteri di miscelazione, le principali caratteristiche prestazionali, i problemi di applicazione, gli eventuali inconvenienti in opera.

Alcuni criteri nodali portati quali esempio sono - normalmente - una diretta conseguenza di un buon progetto di intervento, basato su una adeguata fase di conoscenza, cui seguono una attenta direzione e conduzione dei lavori.

Il primo e fondamentale criterio di selezione per impostare correttamente un recupero o una manutenzione è quello di porsi nella condizione di valutare, per ogni specifico caso, quali siano i materiali più adatti; fra quelli oggi disponibili sul mercato, occorre sapere discernere valutando le loro effettive proprietà specifiche, anche superando i contenuti (a volte insufficienti, in termini di dati) delle "schede tecniche", talvolta troppo simili alle "schede commerciali" dei prodotti stessi. Per quanto attiene i sistemi di rivestimento e di finitura, in condizioni ordinarie, risulta sempre opportuno avvalersi di materiali che abbiano un comportamento in opera simile a quello dei materiali originali (sono fatti salvi i casi particolari, per esempio ove occorra operare con consolidamenti importanti o miglioramenti complessivi alle azioni sismiche di un edificio).

Un altro criterio da seguire, quando praticabile, è quello di utilizzare materiali localmente disponibili appartenenti alla tradizione costruttiva del posto. L'esempio più immediato da portare è quello dell'uso di sabbie per il confezionamento di malte "a vista" (cfr. Figg. 4.9-26 - 29); altra possibilità, se occorre fare delle reintegrazioni di limitata entità in murature con giunti di malta o di lacune poco estese su intonaci non tinteggiati, può essere quella di reimpiegare il materiale di demolizione dei vecchi giunti o dei vecchi intonaci come aggregato della nuova miscela (peraltro, pratica un tempo consuetudinaria nelle costruzioni).

Non sempre è possibile approvvigionarsi del materiale occorrente nei modi e nei posti in cui "storicamente" si poteva fare. Talvolta, però, è possibile trovare delle valide soluzioni alternative: documentarsi sul-



4.9-26

Figg. 4.9-27 e 4.9-28 - Crevladossola, punto di prelievo della sabbia campionata e legenda della mappa raffigurante la geologia schematica.

- Gliaceti
- Quaternario
Alluvioni, detriti di falda, sarti di dolomia, marmi
- Trias e Giura
tr - Calcareo tufo e argilla
ambolite
- tgs - Quarziti grossolane bianche

4.9-28

- Trias
T - Coniata
zone calcareo calcareo-scisto;
calcareo e dolomite con inserzioni di
calcarenite e filadi, gneiss marmei e
quarziti [cc., t], calcari cristallini, spesso marmei e
dolomitici; cipollini, dolomia
saccaroidi e breccia calcarea [t],
gessi marmei, in parte ambolite
con androlite [g], calciose [tr],
quarziti rosateoec. in parte
calcarenite [t]
- tgs - Micascisti per lo più
granitici; talora con calcarenite;
con banchi gneissici talora
ambolite e calcareo ad ambolite
(Bassano, Varzo)

Fig. 4.9-26 - Geologia schematica dell'alto bacino del Toce. Dalla *Carta Geologica d'Italia*, Foglio 14 (ristampa 1959) e Foglio 5 (ristampa 1958).

Il campione di sabbie proveniente dall'alveo del Toce presso Crevola, poco a monte della confluenza con il torrente Devera, è costituito prevalentemente da prodotti della comminazione di gneiss, gneiss granitoidi e micascisti. Questa costituzione conferisce il tono grigio chiaro d'insieme riferibile ai minerali prevalenti: quarzo incolore, feldspati bianchi e mica biotite nera. Alle granulometrie intermedie si evidenzia una tessitura puntinata più marcata. Frammenti delle rocce originarie sono nettamente prevalenti nelle classi più grossolane fino a 1,180 mm. I grani di questa classe si presentano debolmente arrotondati. Alle granulometrie inferiori la loro presenza si riduce gradualmente, lasciando spazio a grani spigolosi o a spigoli vivi di minerali liberi. Tra questi il quarzo insieme ai feldspati, che prevalgono già a partire da 1,180 mm (l'analisi mineralogica è stata effettuata da Maurizio GOMEZ SERTO . Cfr. SCAZZELLA , P; Zer BinAnt , M., *cit.*, capitoli 1.2.2 e 1.2.3, a cura di Marco Zer BinAnt e Maurizio GOMEZ SERTO , pp. 186-187).



4.9-27

- Pretriassico
tpe - Gneiss primitivi e micascisti in prevalenza micascisti; micascisti
storici ad ambolite. Scisti a
staurite. Scisti granitici marmei ai
procedenti
- tr - Gneiss primitivi e micascisti in
prevalenza micascisti [cc.]
- tr - Gneiss granitoidi porfirici
fortificati, Graniti gneissici, gne-
iss granitoidi, talora calcarenite
- tr - Ambolite
- tr - Serpentine, Pietra ollare

nota 4.9- **9** - Le calce idrauliche naturali, o NHL, sono classificate per classi di resistenza (cfr. Nota 4.8. **6**, par. 4.8.2.3, p. 4-**103**).

Qui preme sottolineare che all'interno della Norma UNI EN 459-1 e 2, nel tempo sono state fatte rientrare, quali calce idrauliche quelle siglate NHL-Z e ora, con la versione 2010, le FL (Calce Idrauliche Formulate).

Occorre dunque tenere desta l'attenzione: "Z" in tedesco indica "zement" (cemento), pertanto nella formulazione da normativa era possibile contemplare l'aggiunta di "leganti idraulici" non meglio specificati (leggasi: il cemento). Con un rischio evidente: la presenza del C_3A e le possibili reazioni in presenza di attacchi solfatici.

Le Calce Idrauliche Formulate (FL) sono una nuova classe introdotta con la revisione della Norma; essa permette di ottenere una calce idraulica mescolando calce aerea, calce idraulica naturale e altre aggiunte per le quali è necessario specificare nome e percentuale.

nota 4.9- **10** - Gli studi condotti presso l'ex DISET del Politecnico di Torino (ora DISEG) e altri studi di colleghi ricercatori di altri Atenei o Centri di ricerca possono risultare utili per fornire dati parametrici di riferimento in merito alle resistenze meccaniche di diverse miscele di malta testate. In particolare, vedasi: *Il cava, R.*; *VAn Cetti, R., Valutazione e confronto sperimentale dei moduli elastici per malte per restauro*, in: *Scazzella, P.; Zerbinati, M., cit.*, pp. 361-369.

nota 4.9- **11** - La trattazione specifica richiederebbe approfondimenti molto puntuali, già trattati dalla bibliografia di riferimento. Qui pare utile ricordare che molte di queste aggiunte possiedono un loro colore caratteristico (come la pozzolana rossa o il *cocciopesto*) pertanto non sono indicate per finiture da lasciare direttamente "a vista", poiché influiscono sui caratteri estetici della matrice di fondo.

nota 4.9- **12** - Lo studio delle miscele di malta e della loro distribuzione granulometrica è stata oggetto di molte ricerche, a partire dai basilari studi di Fuller e Thompson del 1909. Per le finalità del manuale si ritiene utile riportare soltanto alcuni esempi di grafici relativi alle curve di distribuzione di:

- aggregati con pochi fini,
- aggregati con molti fini,
- aggregati per malte macroporose.

le cave attive capaci di fornire aggregati classificati, simili per specie mineralogiche a quelli impiegati in un certo bacino, oppure ricorrere a sottoprodotti di cava aventi costituzione adeguata sono alcune delle soluzioni da valutare.

In sintesi, occorre sempre agire in modo consonante con il palinsesto architettonico sul quale si interviene, rimuovendo quanto di inadatto o incongruente vi si trova e proponendo stratificazioni in linea con i caratteri connotanti del manufatto edilizio.

4.9.4.1 - Malte a base di calce

L'uso della calce per secoli è stato l'unico possibile; con l'avvento del cemento quale legante, in gran parte l'impiego della calce è stato abbandonato⁸.

Le malte a base di calce possono ancora essere confezionate e applicate in opera a perfetta regola d'arte; è sufficiente conoscere bene i materiali disponibili, alcuni criteri di miscelazione e "non avere fretta" di terminare il lavoro, considerato che:

- la calce reagisce con l'aria per carbonatazione, quindi ha dei tempi di presa e indurimento più lunghi rispetto ai leganti idraulici,

- se si organizza il lavoro in modo adeguato, esiste la possibilità di rispettare i tempi di esecuzione anche con i materiali "tradizionali", vista la possibilità di impiegare, in combinazione con la calce aerea, altri materiali capaci di abbreviare i predetti tempi di presa.

Per esempio, soprattutto per malte e intonaci che non hanno un colore di fondo vicino al bianco, oggi è possibile usare miscele di calce aerea e calce idraulica naturale (aventi un colore tendente al nocciola chiaro) in modo da associare un processo di parziale "presa idraulica" al processo di carbonatazione⁹.

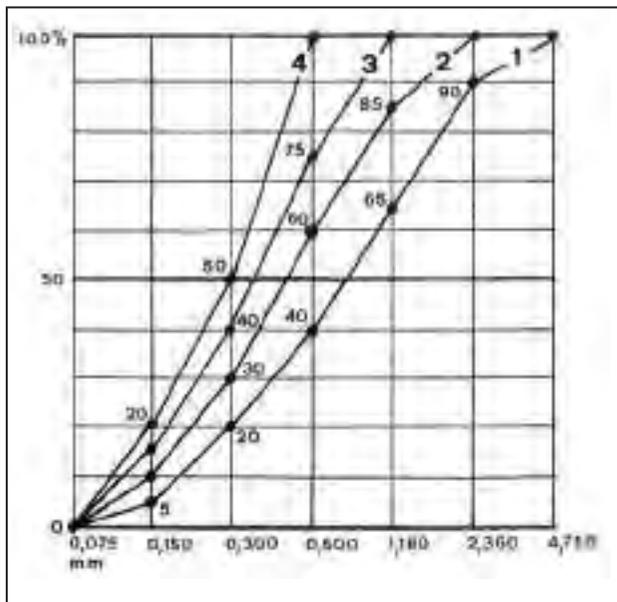
I rapporti di miscelazione ovviamente variano in ragione delle caratteristiche meccaniche che deve avere la malta¹⁰, ma per fornire alcuni esempi è possibile riferirsi ai rapporti "in volumi" (molto pratici in cantiere) più ricorrenti, quali:

sabbia:calce aerea 3:1, 2,5:1
sabbia:calce aerea:NHL 6:1:1 9:2:1 12:3:1

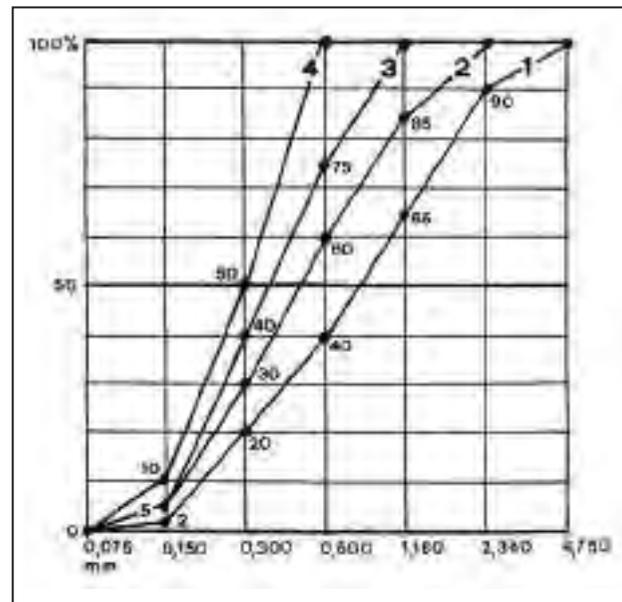
Le malte a base di calce possono essere miscelate con altri materiali a comportamento pozzolanico capaci di reagire con essa, conferendo agli impasti una parziale presa idraulica formando dei silicati di calcio idrati (o, anche, silico alluminati di calcio idrati); fra questi ricordiamo le pozzolane naturali, il *cocciopesto* (di fatto, una pozzolana artificiale), la perlite naturale, per esempio¹¹.

4.9.4.2 - Principi di base per la miscelazione di aggregati per malte a base di calce

La miscelazione "a volumi" con i rapporti "semplificati" indicati a



4.9-29



4.9-30

esempio, deriva da un principio basilare: il legante deve possibilmente colmare il volume dei vuoti (cioè lo spazio interstiziale) presente tra i granuli dell'aggregato. Se il legante riempie perfettamente tale spazio, si ottiene una malta compatta, con un contenuto ritiro dato dall'evaporazione dell'acqua di impasto, con prestazioni meccaniche elevate rispetto al legante impiegato¹².

Da questo principio è possibile fare discendere una serie di criteri e di variazioni dimostratesi molto utili per particolari applicazioni; alcuni di questi sono richiamati per tratti essenziali, allo scopo di evidenziare, fra gli altri aspetti:

- il comportamento specifico di malte speciali,
- le ragioni di precise prescrizioni delle voci di capitolato di alcuni prodotti premiscelati in commercio, correntemente utilizzati negli interventi di recupero.

Nella miscelazione di malte a base di calce con aggregati locali occorre tenere conto di alcuni criteri di base.

1 - Utilizzando sabbie locali è possibile disporre di aggregati ricchi di frazioni fini o poveri di tali classi granulometriche (< 0,300 mm). Per tale caratteristica, può variare il volume apparente dei vuoti e, di conseguenza il rapporto legante:aggregato. Si tenga conto che i corsi d'acqua di montagna a carattere torrentizio sono meno ricchi delle frazioni fini, più facilmente asportate dalla corrente o dalle ondate di piena.

2 - In molte località di montagna, la disponibilità di sabbie povere di aggregati di piccole dimensioni ha portato, nei secoli, all'utilizzo di argilla (o terra) negli impasti. Tale soluzione assolve a un duplice scopo:

- in primo luogo, l'argilla sostituisce gli aggregati più fini nell'assortimento degli aggregati, colmando dei "vuoti" e riducendo il rapporto legante:aggregato,
- in secondo luogo, l'argilla avvolge molto bene i grani di aggregato

Fig. 4.9-29 e 4.9-30 - Distribuzioni granulometriche di esempio, messe a punto all'interno del Dipartimento ISET (ora ISEG) del Politecnico di Torino. Le quattro curve a sinistra sono state disegnate per sabbie locali con una buona distribuzione anche nelle frazioni più fini. Le quattro curve del grafico a destra sono più indicate per sabbie estratte da corsi d'acqua a carattere torrentizio (o, comunque, con pochi aggregati fini).

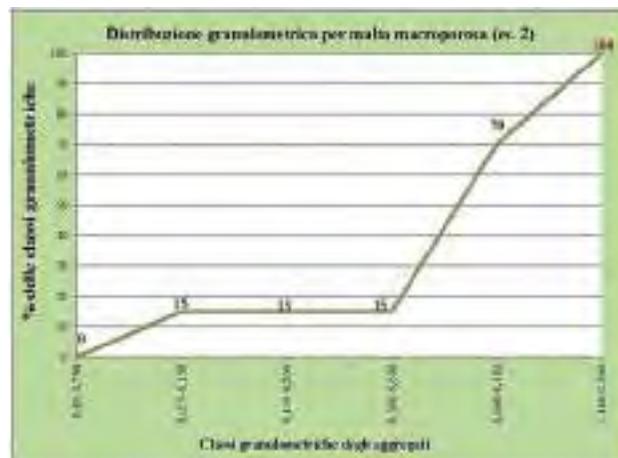
Nei due grafici, le curve possono essere riferite a malte o intonaci per diverse funzioni (allettamento, rinzafo, intonaco di corpo o corpo-finitura, finitura). Risulta utile tenere presente due fattori:

- 1 - la miscelazione di malte all'interno di uno stesso cantiere è sempre stata estremamente variabile (indagini anche molto precise sugli edifici storici lo testimoniano); quindi tali curve vanno intese con valore puramente indicativo,
- 2 - un andamento qualitativo delle distribuzioni simile deve essere facilmente ottenibile in cantiere, con due o al massimo tre diversi mucchi di sabbia e con dosaggi "a volumi".

nota 4.9-12 - L'argilla ridotta in pasta, con quantità d'acqua sufficiente a determinare la bagnatura della polvere trasformandola in un prodotto plastico "saturo", occupa un volume inferiore rispetto all'argilla asciutta. Ciò è imputabile alla struttura mineralogica a lamelle dell'argilla. Pertanto, miscelando alle sabbie argilla in pasta si consegue un duplice risultato: l'argilla non aumenta il fabbisogno di acqua di impasto durante la lavorazione e, al contempo, non aumenta il rischio di ritiri accentuati.



4.9-31



4.9-32

nota 4.9- 13 - In merito alle malte in questione, il termine **macroporose** è quello più appropriato. Tali malte non sono *deumidificanti* né *risananti* (poiché non eliminano le cause alla base dell'umidità di risalita né estraggono l'umidità dai supporti). Sono un valido supporto (spesso di durata limitata nel tempo, come sarà detto più avanti) alle soluzioni di risanamento di tipo edilizio che un progetto prevede.

nota 4.9- 14 - Gli additivi aeranti testati a scala di laboratorio sono stati gentilmente messi a disposizione da una multinazionale che rifornisce i più grandi produttori di malte del mercato nazionale; il loro supporto tecnico è stato determinante per apprendere i basilari "segreti" di miscelazione. Già nell'antichità additivi e aggiunte erano comunemente usati. Per approfondimenti: SICKELS, L.B., *Organics vs. synthetics: their use as additives in mortars*, in: *Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings*, IC-CROM Symposium, Roma, 1981, pp. 25-52.

nota 4.9- 15 - Le fibre più comuni sono di materiale poliestere, di differente lunghezza (in mm) e con diametri di pochi *microns*. nelle malte storiche, spesso erano aggiunte fibre vegetali (di canapa, per esempio).

nota 4.9- 16 - Per esempio, l'uso di metilcellulose modificate conferisce una compattezza adeguata all'impasto e una contemporanea capacità di trattenere l'acqua di miscela anche nei periodi più caldi, evitando evaporazioni repentine e conseguenti ritiri eccessivi con formazione di fessure estese (Norma UNI 459-2:2010, Parte 2, metodi di prova).

Tuttavia con tali additivi l'impasto risulta "colloso" e difficilmente lavorabile; per questo, alle miscele sono aggiunti altri additivi "idrorepellenti" (per esempio, stearato di calcio e oleato di sodio), al fine di avere impasti che non aderiscono agli attrezzi da lavoro

e contribuisce a legare la malta.

Per contro, dato il suo elevato fabbisogno di acqua di impasto (dato dalla sua natura mineralogica) genera di solito evidenti fessurazioni superficiali. Le sperimentazioni condotte a scala di laboratorio, con alcune applicazioni pratiche di cantiere, hanno fornito un'indicazione utile su come può essere risolto questo problema: occorre colmare il volume dei vuoti apparente dell'aggregato con miscele di calce e argilla o, addirittura, con sola argilla ridotta in pasta¹².

4.9.4.3 - Caratteristiche principali di malte macroporose impiegate nel recupero

In presenza di umidità ascendente nelle murature, in molti cantieri viene prescritto l'impiego di malte macroporose¹³ per intonacare la parte inferiore delle murature, di solito dal piano di spiccato oltre la fondazione per un'altezza variabile in rapporto al fenomeno rilevato. Le malte macroporose applicate sono in gran parte premiscelate, soltanto raramente sono confezionate a piè d'opera; per produrle in cantiere occorre conoscere alcuni criteri di miscelazione relativamente semplici.

Innanzitutto, le malte macroporose in commercio hanno una distribuzione degli aggregati che prevede l'esclusione di alcune classi granulometriche: ciò è dovuto al fatto che le malte sono opportunamente additivate con aeranti capaci di produrre pori di diverso diametro, tra loro comunicanti. In questo modo, l'aria inglobata "sostituisce" virtualmente determinate classi di aggregato e permette una maggiore evaporazione dell'acqua dal substrato murario¹⁴. Ovviamente, questo comporta un notevole abbassamento della massa volumica apparente di tali malte e delle loro proprietà di resistenza meccanica. Le figure 4.9-31 e 4.9-32 offrono due esempi di miscelazione di aggregati con "salti" di classi sostituibili con bolle di aria.

Al fine di comunque rendere coese e lavorabili le malte allo stato fresco, nonché per evitare accentuati fenomeni di ritiro durante l'indurimento e la presa, nella miscela sono disperse fibre sintetiche a elevata

bagnabilità, ovverosia capaci di disperdersi molto bene nella miscela con l'aggiunta di acqua e di disporsi nelle tre direzioni dello spazio¹⁵.

L'additivazione con aeranti comporta la necessità di aggiungere altre sostanze di sintesi per ottenere adeguate reologia e lavorabilità allo stato fresco. Per questo nei premiscelati, di solito, sono presenti anche additivi con funzione di addensanti e di ritenzione dell'acqua, nonché di "idrorepellenti"¹⁶.

Da queste sintetiche indicazioni è rilevabile come sia complesso produrre a pié d'opera malte con speciali funzioni o prestazioni come, per esempio, le malte macroporose; soprattutto, si tratterebbe di prodotti non certificati o "marchiati" come previsto dalla normativa e sarebbe impossibile garantirne le predette prestazioni.

L'esistenza di organismi di normazione, di procedure di valutazione e certificazione di prodotti e sistemi è indirizzata a tutelare l'utente finale e a garantire che, effettivamente, i prodotti abbiano precise qualità. Tuttavia, va fatta anche un'altra considerazione. In passato i prodotti e i "sistemi" con essi ottenuti non erano certificati e la loro qualità dipendeva da due fattori: dalla qualità delle materie prime e dai magisteri costruttivi tramandati di padre in figlio o da maestro ad allievo.

Osservando le costruzioni storiche diffuse, non è difficile trovare finiture esterne ultracentenarie bene od ottimamente conservate. E' una semplice constatazione che apre un ampio spazio alla riflessione per tutti noi.

Tornando alle malte macroporose, vale ancora la pena ricordare che quelle a base di grassello di calce, per esempio, sono già per loro costituzione malte dotate di buona traspirabilità. Il grassello di calce stagionato ha un tenore di acqua intorno al 50% della massa; in pratica, nel processo di carbonatazione che trasforma l'idrossido di calcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - in carbonato di calcio - CaCO_3 - vi è una sensibile perdita di massa con la creazione di pori. Se a tale aspetto si associa una granulometria di aggregati studiata *ad hoc*, è possibile ottenere malte con discreti livelli di traspirabilità a costi molto contenuti.

4.9.4.4 - Prodotti e sistemi per la tinteggiatura di superfici esterne

In questo paragrafo sono brevemente illustrate le caratteristiche e le possibilità di utilizzo di prodotti e sistemi ritenuti adatti per l'edilizia storica. La trattazione estesa degli argomenti qui sintetizzati è contenuta negli scritti basilari di Paolo SCAZZELLA¹⁷.

Innanzitutto, va ricordato come l'impiego di sistemi tradizionali a calce o calce e latte, pigmentati con terre coloranti naturali, oggi propongono due rilevanti limitazioni d'uso, peraltro conosciute da ogni decoratore sufficientemente formato ed esperto:

(a) le tinte a calce non sono in grado di aderire su supporti murari già "compromessi" da precedenti pitturazioni a legante polimerico,

(staggia, cazzuola, frattazzo, ecc.).

Un effetto secondario indotto dagli "idrorepellenti" è quello di ridurre il passaggio dell'acqua in fase vapore dal supporto murario all'aria. In proposito, *tests* di laboratorio hanno fornito esiti sorprendenti: a parità di distribuzione granulometrica, legante utilizzato, rapporto legante:aggregato, le malte con "idrorepellenti" riducono fino a un decimo (cioè, sino a un ordine di grandezza) la capacità di migrazione del vapor d'acqua verso l'esterno. Questo comportamento incide sulla formazione delle florescenze saline, tipico fenomeno visibile sulla superficie degli intonaci in presenza di risalita capillare (*efflorescenze*); con l'impiego di "idrorepellenti" la cristallizzazione dei sali avviene per molto tempo all'interno del sistema di intonaco macroporoso (rinzafo+corpo), formando *criptoflorescenze* che arrivano a essere visibili in superficie solo dopo molti anni. Ecco perché quasi tutti i produttori di premiscelati specificano che il "sistema" deve essere applicato per almeno 22 - 24 mm di spessore; seguendo tali procedure applicative è facile superare un arco temporale di 10 anni senza che il sistema stesso presenti difetti visibili.

Le percentuali di miscela degli additivi sono in genere molto ridotte: possono variare dallo 0,02% allo 0,2% circa rispetto alla massa delle miscele a secco legante:aggregato.

nota 4.9- **17** - Tra i vari contributi sono qui citati:

S CAZZELLA, P.; *Ricerche sulla manutenzione e sulla tinteggiatura esterna degli edifici storici torinesi*, in: Scienza e beni culturali, Atti del Convegno di studi, Bressanone 24-27 giugno 1986, pp. 495-504.

S CAZZELLA, P.; N AALE, P., *Terre coloranti naturali e tinte a base di terre*, Savigliano, SAN, 1989.

S CAZZELLA, P.; *Riferimenti tecnologici per il progetto delle ricoloriture murali degli edifici storici: dati coloristici, mezzi disponibili, indicazioni sperimentali di compatibilità e durabilità*, in: Scienza e beni culturali, Atti del Convegno di studi, Bressanone 26-29 giugno 1990, pp. 317-324.

nota 4.9- **18** - S CAZZELLA, P.; ZER BINANTI, M., *Sistemi di ritinteggiatura e sistemi di conservazione di antiche coloriture. Problemi, ricerche, esperienze*, in: SCAZZELLA, P.; ZER BINANTI, M., *cit.*

nota 4.9- **19** - Il sistema è "rimovibile" dopo bagnatura senza alterare le tracce delle antiche tinte sottostanti, come si è visto per i sistemi tradizionali a calce; e come per questi, il sistema è proponibile solo per interni e per esterni in ambienti non aggressivi.

nota 4.9- **20** - Cfr. SCAZZELLA, P.; TIVELLA, L.; BROGGI, D.; GASPAROLI, P.; MELZI, M., *Sistemi di tinteggiatura e di pitturazione murale. Comportamenti a confronto in tre anni di esposizione all'esterno*, in: Arkos, 21/24, settembre 1993, pp. 56-64.

nota 4.9- **21** - I sistemi di pitturazione murale ai silicati furono messi a punto in Germania intorno alla metà del XIX secolo. Lungamente sperimentati in ambienti aggressivi, contengono una soluzione di silicato di potassio; in fase di applicazione, l'idrolisi del silicato produce acido silicico (gel di silice) che per disidratazione si lega fortemente e durevolmente, sia alle sostanze minerali del supporto (intonaci) assicurando l'aderenza del sistema, sia alle cariche e ai pigmenti della pittura assicurandone la coerenza meccanica interna.

Inoltre presentano un modo di invecchiamento simile a quello illustrato per i sistemi tradizionali a calce (ma in tempi molto più lunghi); per progressiva disgregazione superficiale, con incremento dei caratteri di semitrasparenza del sistema.

Occorre considerare che i sistemi ai silicati hanno bisogno di particolari attenzioni in fase di stesura: le condizioni climatiche sono determinanti ed è necessario portare a termine le campiture senza interruzioni, onde evitare fastidiosi "segni di ripresa" in opera e sovratoni cromatici.

Figg. 4.9-**33** e 4.9-**34** - Domodossola. Complesso della ex chiesa di S. Francesco. Le immagini documentano come oggi sia possibile, in interventi di restauro, ottenere effetti di velatura semitrasparente (o semicoprente) su edifici storici.



4.9-33

(b) le tinte a calce presentano durate limitate in ambienti esterni inquinati o aggressivi, in particolare sulle facciate esposte a forte dilavamento meteorico.

Conseguentemente è necessario individuare tra i sistemi di tinteggiatura per gli edifici storici quello più adatto al caso specifico, a seguito di un'adeguata progettazione; questa, per le opere più complesse, è opportuno sia risolta anche con la predisposizione di bozzetti di coloritura eseguiti con i sistemi adottati per l'intervento; l'attività di regolazione e controllo (cfr. Cap. 5) dovrebbe indirizzare anche verso tale compito preliminare¹⁸.

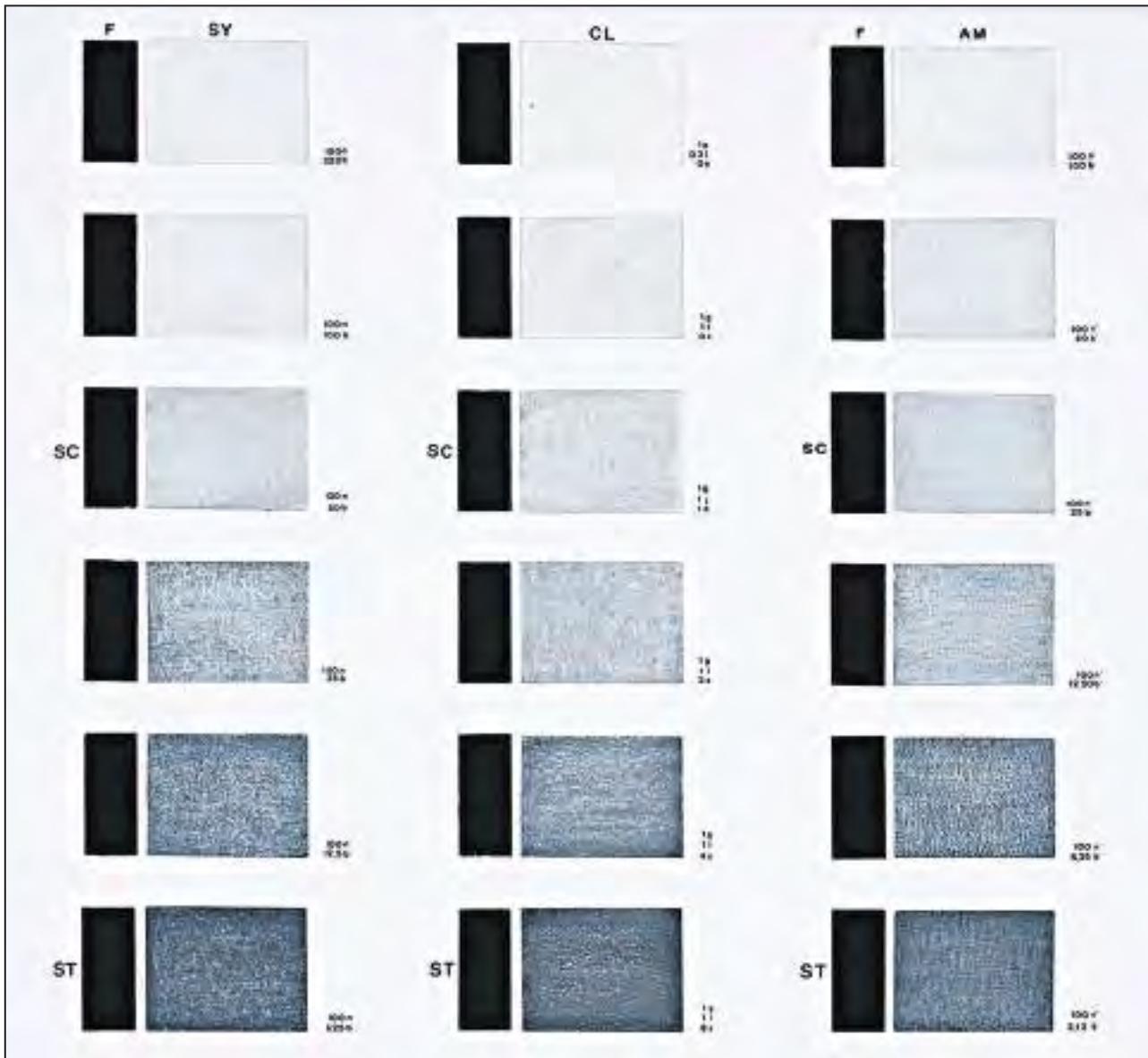
I sistemi a calce e terre coloranti naturali richiedono l'impiego di maestranze preparate; per facilitare l'applicazione per i decoratori, tali sistemi possono essere additivati con un disperdente (per evitare la decantazione dei pigmenti) e con un addensante (eteri di cellulosa, per aumentare la viscosità della pittura). Così, si "facilita" la stesura uniforme della tinta senza alterarne l'esito cromatico, la trasparenza e la tessitura superficiale. Inoltre gli eteri di cellulosa esercitano una funzione "collante" che impedisce alla tinta di "spolverare" al tatto¹⁹.

I sistemi a calce con aggiunta di resine acriliche furono testati in prove di esposizione comparative in ambienti aggressivi (Cinisello B.mo e Roma) e in "cantieri controllati" da P. SCAZZELLA, L. TIVELLA *et al.*²⁰. Considerate le caratteristiche ambientali dell'area tra Ossola e Ticino, sembra indicato suggerire questa possibilità applicativa per ritrattare le superfici compromesse da precedenti pitturazioni polimeriche.

Quando il supporto murario da tinteggiare non è ancora "compromesso" da una precedente pitturazione polimerica, un'importante alternativa ai sistemi a calce è costituita dai sistemi "minerali" semicoprenti ai silicati (in particolare, ai silicati di potassio), con i quali è possibile realizzare caratteri coloristici, di semicoprenza e di tessitura simili a



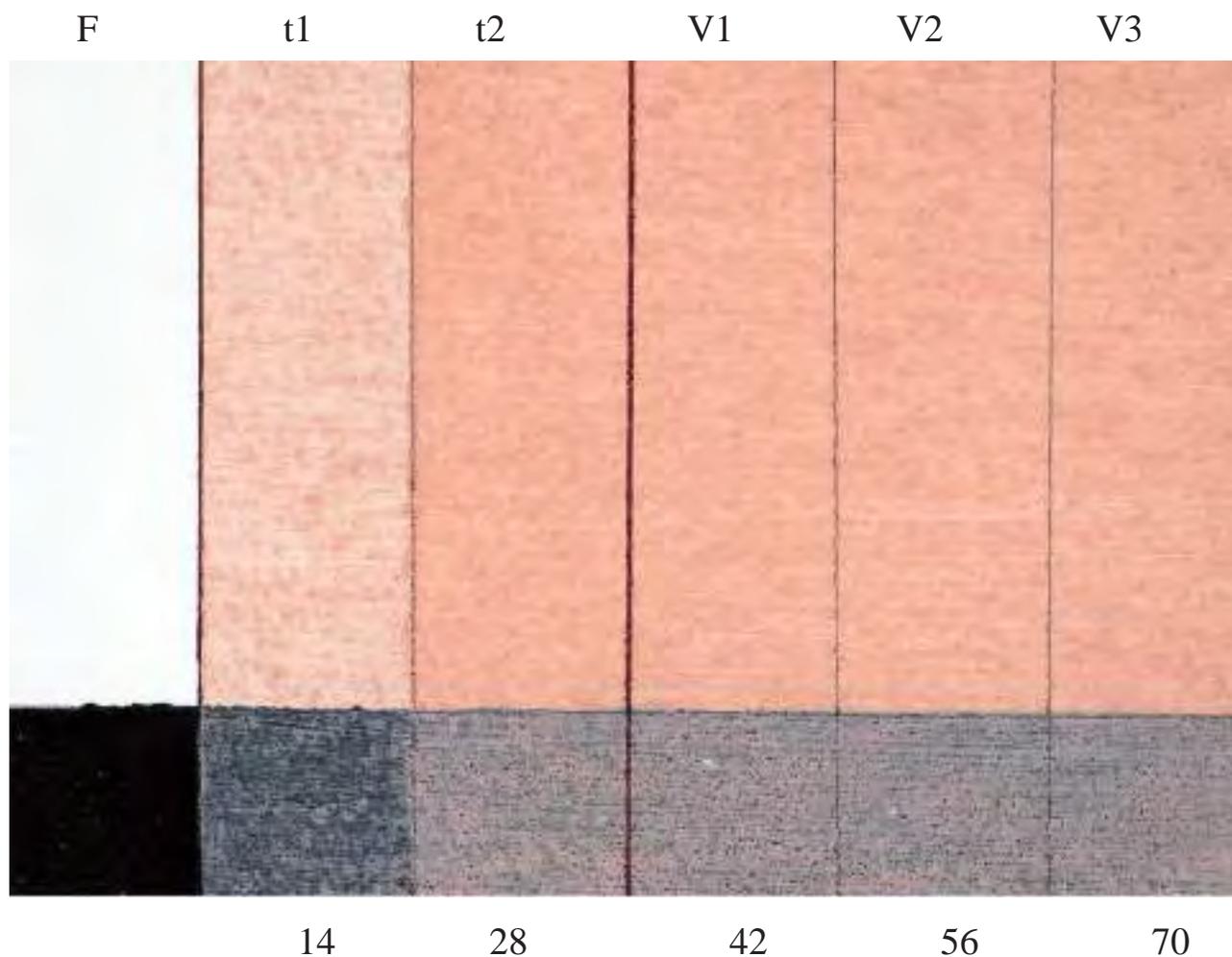
4.9-34



4.9-35

SISTEMA DI FISSAZIONE	AMBITO DI APPLICAZIONE COSTRUTTIVO		MEDI DI APPLICAZIONE			PROCEDURE DI APPLICAZIONE O EVENTUALI SOSPENSIONI E MODIFICHE
	Attivo	Passivo	PELLICOLA SOSPENSIONE	PELLICOLA SOSPENSIONE	PELLICOLA COMPRESA	
Materiali a colla o in resine epossidiche	SI	SI, in alcuni casi con supporti o agganci	SI	SI	SI, con il tipo supporti, ma dipende da condizioni particolari e dal materiale "base". I collanti per uso esterno sono quelli di supporti anche ai carichi.	È una soluzione "passiva" in quanto il sistema è facilmente rimovibile.
Materiali a colla, con o senza resine epossidiche	SI	SI, in alcuni casi con supporti o agganci	SI	SI		Consente il procedimento, soprattutto in alcuni casi, anche all'interno di edifici storici e monumenti.
Materiali a colla, con o senza resine epossidiche, additivi e fibre di carbonio o fibre di vetro	SI	SI, in alcuni casi con supporti o agganci	SI	SI		Per la sua natura, non necessita di particolari procedure di applicazione.
Materiali a colla con resine epossidiche	SI	SI, in alcuni casi con supporti o agganci	SI	SI		Per la sua natura, non necessita di particolari procedure di applicazione.
Materiali a colla in resine epossidiche	SI	SI	SI	SI	SI	I collanti epossidici sono applicati a temperature da 10 a 20 °C, anche con temperature superiori a 20 °C, in presenza di umidità. In alcuni casi, è possibile l'uso di collanti epossidici con additivi e fibre di carbonio o fibre di vetro, con procedure di applicazione, con "pressioni" di colla epossidiche.
Materiali a base di resine epossidiche	SI	SI	SI	SI	SI	Non possono essere applicati a temperature superiori a 20 °C. È applicabile anche in caso di umidità in presenza di collanti epossidici.

4.9-36



4.9-37

Fig. 4.9-35 - Tabella di comparazione di diversi sistemi di pitturazione: effetti equivalenti di coprenza, semicoprenza e semitrasparenza ottenuti con silicati di potassio (a sinistra), calce - latte - acqua (al centro), metilsilossani (a destra). La tabella è stata preparata da Paolo S CARZELLA .

Fig. 4.9-36 - Tabella di comparazione sulle possibilità di applicazione di diversi sistemi di pitturazione murale.

Fig. 4.9-37 - Pannello dimostrativo per l'applicazione di un sistema metilsilossanico. Le scritte nella parte superiore indicano la mano di fondo (F), le due mani di tinta pigmentate (T1 e T2) e tre successive mani di protettivo trasparente. I numeri nella parte inferiore indicano lo "spessore medio calcolato" del film pittorico (in *microns*).

quelli delle tinteggiature a calce²¹. I sistemi ai silicati possiedono una durabilità elevata, anche in ambienti aggressivi e su supporti esposti al dilavamento. Di solito tali sistemi sono preparati per essere applicati su una base bianca, di elevata coprenza (pigmentata con diossido di titanio); per evitare effetti di piatezza ed eccessiva uniformità e imitare gli effetti di trasparenza delle tinte a calce, è possibile diluire le tinte coprenti pigmentate con una soluzione trasparente di silicati di potassio (detta anche "vetro liquido" dagli applicatori).

Le figure 4.9-33 e 4.9-34 documentano come oggi sia possibile, in interventi di restauro, ottenere effetti di velatura semitrasparente (o semicoprente). Miscelando le "tinte piene" con le soluzioni a base di silicati è possibile ottenere film pittorici di adeguato spessore per garantire buona durabilità della tinteggiatura in opera.

Un altro sistema di applicazione alternativo ai sistemi tradizionali a base di calce è stato messo a punto da una primaria azienda multinazionale in collaborazione con il Politecnico di Torino. La formulazione fu sviluppata da Maurizio F. Giuliani, sulla base di prodotti già impiegati e aventi come base legante un metilsilossano, associato a bassi tenori

di resine acriliche in dispersione. Si tratta di un sistema di pitturazione prevalentemente “minerale” (simile ai sistemi ai silicati) che offre alcuni vantaggi applicativi: (a) di poter aderire anche su precedenti pitturazioni a base polimerica, (b) di offrire una notevole idrorepellenza che limita la penetrazione di acqua piovana e l’adesione del pulviscolo atmosferico, (c) di poter conseguire, per miscelazione con le tinte coprenti della stessa linea, valori coloristici (di tono cromatico, di microtessitura superficiale e di graduabile semitrasparenza) simili a quelli delle tradizionali tinteggiature a calce e terre coloranti, (d) di essere “sovraverniciabile” con un’analogia pittura a base metilsilossanica.

Inoltre, nella stessa sperimentazione fu applicato con successo un prodotto trasparente a elevata traspirabilità; la sua funzione è quella di aumentare lo spessore del film pittorico senza alterare i valori coloristici e di semitrasparenza. Un maggiore spessore del film significa una più elevata durabilità del sistema in opera, anche sotto l’azione degli agenti meteorici (fig. 4.9-37).

Per favorire l’avvio di specifiche progettazioni di coloriture ai silicati di potassio o ai metilsilossani di un edificio storico, il Politecnico di Torino ha realizzato una tabella con tre scale di campioni di tinta bianca dotati di trasparenza crescente, applicati su uno stesso fondo nero di contrasto (figura 4.9-35).

La colonna centrale (CL) contiene la scala di riferimento, costituita da campioni di tinta bianca tradizionale a calce - latte - acqua, con trasparenza crescente dall’alto al basso, carattere percepibile dall’occhio per il tono di grigio crescente dovuto al trasparire del fondo nero. La colonna di sinistra contiene gli stessi effetti di velatura per semicoprenza e semitrasparenza ottenuti con i silicati di potassio (SY), mentre la colonna di destra gli analoghi effetti ottenuti con i metilsilossani (AM). La tabella comparativa dimostra come sia possibile ottenere gli effetti di velatura desiderati anche utilizzando prodotti “facilitati”.

nota 4.9- 22 - Il rapporto in peso grassello di calce / acqua è costante in tutti i campioni ed è quello mnemonico ottimale (1:1) per assicurare un’affidabile formazione di “caseinato di calcio” in funzione legante ed “antispolvero”. Con la crescente dose d’acqua nella tinta dei campioni (da 1:1:0 a 1:1:8, nella proporzione in peso grassello : latte : acqua, proporzione indicata a fianco dei campioni), cresce la trasparenza dei campioni stessi.

BIBLIOGRAFIA Cap. 4.9

S CARZELLA , P.; N AIALE , P., *Terre coloranti naturali e tinte a base di terre*, Savigliano, SAN, 1989.

S CARZELLA , P., *Riferimenti tecnologici per il progetto delle ricoloriture murali degli edifici storici: dati coloristici, mezzi disponibili, indicazioni sperimentali di compatibilità e durabilità*, in: *Scienza e beni culturali*, Atti del Convegno di studi, Bressanone 26-29 giugno 1990, pp. 317-324.

N EVILLE , A.M., *Properties of concrete*, Longman, IV ed. 1996.

G ASPAROLI , P., *Le superfici esterne degli edifici. Degradati, criteri di progetto, tecniche di manutenzione*, Firenze, Alinea, 2002.

S CARZELLA , P.; Z ER BINATI , M., *Superfici dell’edilizia storica. Restauro e manutenzione*, Firenze, Alinea, 2010.

Capitolo 5

INDIRIZZI nOrMATIVI Per LA PIAnIFICAZIOne e LA reGOLAZIOne DeGLI InterVentI DI reCUPeRO

5.1 - IntrODUZIOne <i>Marco Zerbinatti</i>	5-3
5.2 - OGGettO DeLLe nOrMe e DeGLI InDirIZZI <i>Roberto Ripamonti</i>	5-6
5.2.1 - Oggetto delle norme e degli indirizzi	5-6
5.2.2 - Carattere delle norme e degli indirizzi in funzione del progetto	5-6
5.2.3 - Principi generali	5-7
5.3 - CLAssIFICAZIOne DeLLe COMPONentI stOrICHe DeLL 'IDentItÀ terrItOrIALe <i>Roberto Ripamonti</i>	5-8
5.4 - DeFinIZIOne DeGLI InterVentI sUL PAtrIMOnIO eDILIZIO CLAssIFICAtO <i>Roberto Ripamonti</i>	5-10
5.5 - GestIOne e APPLICAZIOne DI nOrMe e InDirIZZI <i>Roberto Ripamonti</i>	5-11
5.6 - Centri stOrICI e nUCLeI UrBAnI DI AntICA FORMAZIOne <i>Roberto Ripamonti</i>	5-12
5.7 - e DIFICI IsOLAtI e nUCLeI AntICHI MInOrI DI OrIGIne rUrALe <i>Roberto Ripamonti</i>	5-15
5.8 - e DIFICI DOtAtI DI PArtICOLArI CArAtterI ArCHItettOnICI , MOrFOLOGICI e COMPOsItIVI DI Interesse stOrICO -CULtUrALe <i>Roberto Ripamonti</i>	5-17
5.9 - AMBIentI e sPAZI APertI ContenentI MAnUFAttI e InFrAstrUttUre COStItUentI “MeMOrIA stOrICA ” <i>Roberto Ripamonti</i>	5-19
5.10 - MAnUFAttI e InFrAstrUttUre neL COntestO UrBAnO <i>Roberto Ripamonti</i>	5-21



5.1 - IntrODUZIOne

MArCO ZerBInAttI

Durante lo sviluppo del lavoro di ricerca e della redazione del manuale, gli aspetti relativi alla normativa per la regolazione degli interventi di recupero sono stati affrontati con approcci man mano differenti.

Inizialmente, questo capitolo avrebbe dovuto comprendere una serie di contenuti normativi (o forse di “articoli”) capaci di tessere una trama comune tra i molti apparati di pianificazione esistenti. L’orientamento prevalente nel gruppo di ricerca era quello di cercare di redigere sintesi di riferimento in grado di coordinare le indicazioni contenute nel Piano Paesaggistico regionale (P.P.r.), nel Piano territoriale Provinciale (P.T.P.) fino ai Piani Regolatori Comunali e ai diversi regolamenti vigenti sul territorio preso in esame.

nota 6.1-1 - L’iter procedurale del PUC-PeIP, riportato per esteso nelle norme di attuazione, si è concluso con l’approvazione del Gran Consiglio (artt. 48 e 50 LALPt in combinazione con l’art. 107 Lst) il 28 giugno 2012.

Considerato anche che dal 2012 in Canton ticino, al termine di un articolato iter di elaborazione e approvazione, entrò in vigore il PUC – PeIP¹, strumento di pianificazione molto dettagliato non suscettibile di revisioni a così breve distanza dall’adozione, si riesce a delineare in modo abbastanza efficace il quadro della complessità generale entro cui ci si è mossi. Da tale quadro generale, sono derivate:

- la concreta difficoltà di esercitare un’azione di coordinamento tra i diversi regolamenti e strumenti di pianificazione vigenti, senza che questa sia sostenuta da un adeguato approfondimento delle scelte che competono alle Amministrazioni,

- la necessità di individuare, almeno per parte italiana, il soggetto di riferimento giuridicamente titolato ad assumere tale ruolo e capace di esercitare la necessaria azione di indirizzo e di controllo, sia in fase progettuale sia in fase esecutiva degli interventi,

- la necessità di attivare formalmente e in via ufficiale, a cavallo della linea “non di confine”, strategie convergenti tra le Amministrazioni dei due stati, considerati i molti obiettivi condivisi,

- la necessità di non complicare ulteriormente il quadro normativo e regolamentare (al più, da semplificare) con nuovi testi di regolamenti cogenti.

Di conseguenza, sulla base dell’analisi dei P.r.G. e degli altri strumenti normativi e regolamenti in vigore condotta nella fase iniziale del progetto, durante il percorso è maturata la piena convinzione che le criticità rilevanti non possano essere risolte soltanto con un’azione vincolistica o di controllo coercitivo.

Se si vuole efficacemente conseguire l’obiettivo principale di recuperare l’architettura del patrimonio diffuso con il suo ambiente in modo appropriato, occorre sviluppare una strategia che, attraverso un insieme di azioni coordinate, comprenda almeno le seguenti dinamiche:

- a) individuare i soggetti giuridici di riferimento in Piemonte e in

Canton ticino che esprimono pareri e/o rilasciano autorizzazioni sui progetti, sugli obiettivi contenuti in questi contenuti, sui modi individuati per raggiungerli;

b) fare in modo che gli stessi soggetti non siano imbrigliati da ostacoli e intralci, spesso generati da un intreccio perverso di interessi particolari e da presunte velleità di difesa dell'autonomia amministrativa locale (di rado supportate da fondate basi culturali), da protagonismi personali; occorre che l'azione di supporto e controllo sia caratterizzata da una visione di insieme, in relazione con la comune identità culturale transfrontaliera;

c) al contempo, occorre sensibilizzare la popolazione sull'importanza della valorizzazione dei caratteri identitari dell'ambiente e della sua architettura, poc'anzi richiamati. In tal senso, alcune dinamiche dimostrano che il fenomeno del turismo rivolto alle aree naturalistiche più integre o che conservano e valorizzano i loro caratteri tradizionali (ovverosia il turismo alternativo a quello di massa) è in fase sensibilmente crescente; dunque, tali aspetti di conservazione e valorizzazione dei caratteri connotanti possono progressivamente portare un valore economico aggiunto agli edifici di cui si tratta;

d) allo stesso modo, occorre sensibilizzare gli operatori e i progettisti affinché le scelte progettuali non siano necessariamente le più semplici da compiere nell'ambito del loro ruolo. tutti i tecnici sanno bene come il quadro legislativo e normativo - almeno per quanto attiene ai versanti posti sul territorio italiano - siano alquanto complessi, impongano numerosi, differenti e anche ben determinati parametri da rispettare², così come talvolta propongono istanze tra loro in deciso contrasto; proprio per questo, in relazione alla complessità del progetto, diventa sempre più rilevante che i progettisti assumano un atteggiamento di netta presa di coscienza del peso del loro contributo nella valorizzazione e nella conservazione degli elementi connotanti il patrimonio a noi pervenuto. Le "scorciatoie" progettuali, ancorché rispondenti ai dettati normativi o avallate dai soggetti preposti al controllo, spesso comportano risultati insoddisfacenti, od omologati "verso il basso", rispetto alle istanze della conservazione e della valorizzazione predette. e, molto spesso, tali esiti non sono reversibili;

e) riguardo al punto precedente, occorre lavorare per superare gli ostacoli burocratici calati dall'alto e slegati dalla particolarità del contesto locale. In proposito possono essere citati numerosi esempi, fra i quali:

la normativa nazionale che impone il rispetto di rapporti aero illuminanti definiti per gli edifici nuovi e non per gli edifici storici,

il Regolamento Edilizio Regionale imposto ai Comuni, documento esteso all'intero territorio amministrativo piemontese, definibile come "onnicomprendente" e che, per sua natura, non riesce a calarsi sulle specificità locali - numerose e tra loro molto differenti - suggerendo adeguati indirizzi operativi o soluzioni tecnico pratiche adeguate,

la questione aperta dell'adeguamento sismico degli edifici; fin tanto che non sarà contemplata la possibilità di eseguire interventi di

nota 6.1-2 - tra i parametri cogenti in contrasto con varie istanze della conservazione possono essere citati, per esempio, quelli imposti in Italia in merito alle altezze minime e alle superfici finestrate, imposti dal Decreto Ministeriale 5 luglio 1975 (*Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896 relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico sanitari principali dei locali d'abitazione*).

nota 6.1-3 - In Italia, attualmente, i criteri e le finalità dichiarati all'inizio della Direttiva "Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008" sono applicati ai beni espressamente soggetti a vincolo diretto e notificato. Il concetto di "tutela" espresso al punto 1.1 della stessa Direttiva, non pare sia correntemente esteso al patrimonio edificato storico interessato da altro genere di vincolo. Citando il Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", la Direttiva dice: "[...] *La presente Direttiva è stata redatta con l'intento di specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e progetto degli eventuali interventi, concettualmente analogo a quello previsto per le costruzioni non tutelate, ma opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale; la finalità è quella di formulare, nel modo più oggettivo possibile, il giudizio finale sulla sicurezza e sulla conservazione garantite dall'intervento di miglioramento sismico. In particolare, il documento è riferito alle sole costruzioni in muratura.[...]*" e dichiara anche (punto 2.2 che "[...] *L'obiettivo è evitare opere superflue, favorendo quindi il criterio del minimo intervento, ma anche evidenziare i casi in cui sia opportuno agire in modo più incisivo [...]*". Alla luce di altri concetti e criteri - pienamente condivisibili - contenuti nella Direttiva (per esempio, sul percorso della conoscenza degli edifici, sulla necessità di caratterizzare meccanicamente i materiali, sulla valutazione di aspetti della sicurezza sismica in relazione con il progressivo affinamento nell'impiego di materiali locali nelle costruzioni storiche di muratura) è determinante proseguire la ricerca applicata per conseguire una maggiore conoscenza del comportamento degli edifici di muratura e, insieme, instaurare un dialogo fattivo con il servizio sismico regionale su questi temi.

miglioramento sismico sugli edifici del patrimonio diffuso, assisteremo senza mezzi termini alla loro demolizione, alla loro ricostruzione con strutture di conglomerato cementizio armato e con la pietra usata (inadeguatamente) solo come rivestimento esterno³.

su questo tema forse occorre spostare anche l'attenzione sulla attuale inadeguatezza dell'estensione assegnata ai termini "vincolo" e "tutela" o, perlomeno, di quella contemplata nelle nuove norme tecniche per le Costruzioni. Infatti, non si tratta di rivedere il concetto espresso dal termine, piuttosto di estenderne l'utilizzo in termini di "applicazione selettiva", in qualche modo dinamica, in rapporto al valore dei contesti ambientali e non solo di un singolo edificio. Per essere più chiari, vi sono ambienti di elevato valore tutelati da vincoli di area tesi alla salvaguardia del paesaggio antropizzato (per esempio, pensiamo a quanto accade nel Parco dell'Alpe Veglia – Devero); tuttavia, tali vincoli non coinvolgono direttamente i singoli edifici, pertanto la conservazione dei loro caratteri connotanti può porre seri problemi se, nel progettare un recupero, si incorre nella obbligata rispondenza delle strutture a determinati livelli di sicurezza sismica difficilmente conciliabili con la natura eterogenea delle costruzioni di pietra. In casi come questi, la volontà di conservare l'autenticità dei manufatti assume i contorni di una sfida;

f) sottolineare il ruolo centrale del progetto di recupero, al contempo strumento e contenitore essenziale per dichiarare gli obiettivi da raggiungere e quali sono i mezzi individuati per conseguirli. Occorre stimolare i progettisti ad assumere un approccio diverso da quello attualmente più diffuso, convincendoli del valore che deve assumere il loro progetto nell'ambito del recupero e del valore che assumerà il bene edilizio al termine di lavori concepiti, condotti e realizzati con sensibilità e attenzione verso i connotanti caratteri identitari in precedenza richiamati.

Per avviare un'azione di coordinamento e di indirizzo su questi temi, il gruppo di ricerca ha esaminato molti degli strumenti urbanistici in vigore sull'area oggetto di studio. Da questi, sono stati estratti i contenuti inerenti il patrimonio edilizio in questione e sono stati posti a confronto attraverso elaborazioni di sintesi, strumentali per pervenire a una sufficiente conoscenza del quadro complessivo della pianificazione locale.

In seguito, su tale base sono state sviluppate le norme e gli indirizzi riportati nei paragrafi seguenti, rivolti alla stesura o all'aggiornamento delle discipline per gli interventi e per la valorizzazione del patrimonio costruito.

5.2 - OGGETTO DELLE NORME e DEGLI INDIRIZZI

1.0 Bertoni 1.0 IPAMOnt

5.2.1 - Oggetto delle norme e degli indirizzi

- Le norme e gli indirizzi contenuti nel testo seguente sono rivolti alla disciplina di intervento e alla valorizzazione del patrimonio costruito che costituisce documento materiale delle origini e dei processi storici di formazione di insediamenti, manufatti, infrastrutture e paesaggi antropizzati.

- sono oggetto primario di norme e indirizzi di piano:
 - a) i beni e le categorie ricadenti nelle fattispecie incluse in elenchi individuati da leggi di settore;
 - b) i beni e le categorie ricadenti all'interno di contesti oggetto a qualsiasi titolo di specifici provvedimenti di tutela e valorizzazione paesaggistica e/o storico-culturale;
 - c) gli oggetti e i contesti individuati autonomamente e specificamente dal piano quali componenti di interesse paesaggistico e/o storico-culturale, localizzati nel territorio comunale.

5.2.2 - Carattere delle norme e degli indirizzi in funzione del progetto

- Le norme e gli indirizzi contenuti nel testo seguente sono destinati a:
 - guidare la progettazione di interventi sul patrimonio ricadente nei contesti indicati dal piano;
 - guidare e motivare la valutazione dei progetti di intervento da



5.2-2

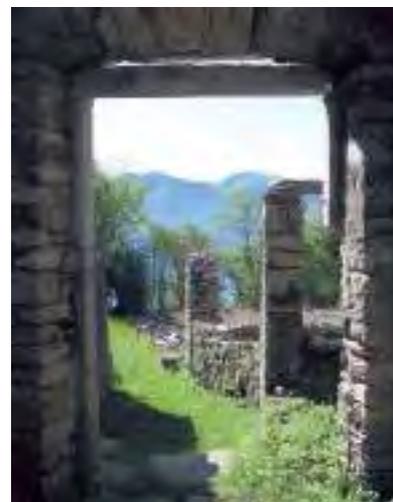
Fig. 5.2-1 - Frazione Veglio di Montecrestese. Contesto edificato con terrazzamenti vitati e campi presso il corso d'acqua, infrastrutture di comunicazione.

Fig. 5.2-2 - Damera. Passaggio coperto verso i terrazzamenti vitati e i piccoli campi affacciati sul lago.

Fig. 5.2-3 - Frazione Veglio di Montecrestese. La costruzione denominata *il Castello*, in posizione paesisticamente dominante lungo le vie provenienti da mezza costa verso la Valle Antigorio e da Pontemaglio.



5.2-1



5.2-3



5.2-4

Fig. 5.2-4 - Commistione tra costruzioni di pietra e modi di edificare della cultura Walser presso Cadarese (Premia).

Fig. 5.2-5 - Frazione Pontetto di Montecrestese. scala realizzata con elementi monolitici incastrati nel muro, mutuamente appoggiati tra loro sino a terra.



5.2-5

parte di organismi e autorità competenti e di soggetti portatori di interessi collettivi.

- I processi utilizzati per la definizione e la valutazione del progetto si basano sulla qualità e l'approfondimento delle analisi dell'oggetto e del contesto interessati e della proposta di intervento.
- nell'ambito dell'espressione e della considerazione dei contenuti del progetto di intervento è fatta salva l'articolazione ulteriore dei contenuti di norme e indirizzi e/o l'interpretazione motivata di essi se sostenuta da un adeguato approfondimento da parte di proponenti e/o valutatori.

5.2.3 - Principi generali

Norme e indirizzi sono finalizzati a mettere in atto un processo progressivo di valorizzazione degli elementi che costituiscono, quali "oggetto" o "contesto", l'identità e la memoria storica del territorio nelle componenti paesaggistica e storico-culturale. e' obiettivo delle norme e degli indirizzi conservare, ripristinare e valorizzare i caratteri connotati e qualificanti dell'identità del territorio espressi da:

- paesaggio extraurbano, con particolare riferimento all'adattamento storico dell'ambiente originario a partire dall'evoluzione progressiva per l'adattamento antropico;
- insediamenti di diversa origine, dimensione e funzione che rappresentino testimonianza materiale di periodi storici antecedenti il secondo dopoguerra;
- elementi costruiti puntuali, dotati di specifico valore architettonico, tecnologico, morfologico, funzionale;
- infrastrutture, manufatti, impianti, testimonianze materiali di determinate fasi di sviluppo storico o connotanti il paesaggio.

L'applicazione di norme e indirizzi ha come particolare obiettivo il rafforzamento e la valorizzazione degli aspetti e dei caratteri che costituiscono elemento di identità consolidata e qualificata degli specifici contesti.

Le modalità di intervento sul patrimonio edilizio oggetto di norme e indirizzi sono determinate dalla classificazione dei beni operata dal piano.

La classificazione è operata in sede di formazione del piano attraverso l'analisi territoriale e comprende:

- componenti puntuali caratterizzate da unicità o unitarietà per le quali è prevalente l'obiettivo di valorizzazione dei caratteri singolari;
- componenti rappresentative di elementi caratteristici di un contesto per le quali è prioritaria la verifica di coerenza complessiva nell'ambito della localizzazione.

norme e indirizzi da utilizzare sono contenuti nelle "norme di attuazione" del piano, nel regolamento edilizio e/o nei regolamenti di settore, secondo le caratteristiche proprie dei diversi strumenti di governo del territorio e sono da utilizzare con modalità concorrenti e complementari.

5.3 - CLASSIFICAZIONE DELLE COMPONENTI STORICHE DELL'IDENTITÀ TERRITORIALE

di Roberto IPAMONTI

• Il piano individua le seguenti componenti storiche del paesaggio costruito, testimonianza dell'identità territoriale.

- Paesaggio extraurbano antropizzato:

- ambienti e spazi aperti destinati ad attività colturali e agrozootecniche contenenti manufatti e infrastrutture costituenti "memoria storica" del contesto territoriale consolidato;

- edifici isolati o raggruppati costituenti elemento di arricchimento del paesaggio extraurbano.

- Paesaggio urbano:

- centri e nuclei urbani di antica formazione costituenti rappresentazione di modelli insediativi e/o contesti documentari dello sviluppo insediativo;

- edifici dotati di particolari caratteri architettonici, morfologici

Fig. 5.3-1 - Val Vigizzo. Vista sulla conca di Santa Maria Maggiore dagli alpeggi tra Craveggia e La Colma.



5.3-1

e compositivi di interesse storico-culturale;

- manufatti e infrastrutture rappresentative dei caratteri documentari dello sviluppo storico del contesto urbano.

- Le componenti del paesaggio extraurbano antropizzato sono individuate, localizzate e classificate graficamente dal piano per i loro specifici caratteri e per categorie.

- norme e indirizzi relativi al paesaggio extraurbano antropizzato sono definiti sulla base dell'analisi delle caratteristiche qualificanti e delle opportunità di tutela e valorizzazione in caso di intervento.

- Il patrimonio edilizio e costruttivo che genera il paesaggio urbano e ne rappresenta testimonianza materiale e storico-culturale è oggetto di classificazione del piano per ciascuna unità edilizia qualificata come omogenea in base a:

- localizzazione

- datazione

- stato di conservazione:

- diroccato / crollato

- parzialmente diroccato

- degradato

- conservato nelle componenti principali

- conservato integralmente (con caratteristiche originarie)

- valori rappresentativi:

- valore architettonico specifico

- valore documentario – rappresentativo (di elementi del contesto)

- valori originari parzialmente compromessi

- assenza di valori rappresentativi propri rispetto a un contesto qualificato.

- Gli elementi puntuali (manufatti e infrastrutture in ambiente urbano o extraurbano) dotati di particolare valore architettonico, tecnologico, morfologico, funzionale sono individuati e classificati dal piano e provvisti di una specifica scheda di norme e indirizzi con finalità di tutela, recupero e valorizzazione.

- La classificazione contenuta nel piano determina le condizioni per gli interventi. La presenza della classificazione di piano non rappresenta una limitazione regolamentare ma determina l'attivazione di processi positivi di valorizzazione del bene attraverso l'analisi delle specifiche caratteristiche di esso e l'applicazione di norme e indirizzi che caratterizzano positivamente il progetto di intervento.

5.4 - DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI SUL PATRIMONIO EDILIZIO CLASSIFICATO

di Roberto Cipamonti

- La classificazione del patrimonio edilizio (in contesto urbano ed extraurbano) di carattere storico-culturale è finalizzata a individuare le modalità di intervento più adeguate ed efficaci per promuovere la valorizzazione dell'oggetto e del contesto considerato.

- Il piano individua e indirizza le categorie di intervento sul patrimonio edilizio, articolandole e precisandole opportunamente. Lo schema seguente rappresenta la connessione tra classificazione di valore del patrimonio e categorie di intervento:

CLASSIFICAZIONE	→ MODALITÀ DI INTERVENTO
Valore architettonico particolare	→ manutenzione, restauro, risanamento conservativo
Valore documentario – rappresentativo	→ ristrutturazione finalizzata (*) alla valorizzazione
Caratteri originari parzialmente compromessi	→ ristrutturazione finalizzata (*) a ripristinare i caratteri originari
Assenza di valori rappresentativi propri all'interno di un contesto qualificato	→ manutenzione e ristrutturazione
(*) la ristrutturazione finalizzata può prevedere ampliamento, sopraelevazione, ricomposizione edilizia in base ad approfondimenti specifici del piano	

- La previsione di ampliamento, sopraelevazione, ricomposizione di un edificio classificato negli insediamenti di testimonianza storica è indicata dal piano secondo le seguenti modalità:

indicazioni specifiche dettagliate determinate dal piano per il singolo edificio;

riferimenti e modelli generali allegati al piano (abaco).

- Il cambiamento di destinazione d'uso degli edifici è sempre ammesso dal piano alla condizione che:

risulti coerente con le caratteristiche originarie dell'edificio e con l'intento della sua valorizzazione;

risulti compatibile con il contesto in cui è localizzato;

non induca effetti esterni non sostenibili per gli effetti ambientali.

- Il piano definisce dettagliatamente le condizioni del punto precedente.

5.5 - GestIOne e APPLICAZIOne DI nOrMe e InDIrIZZI

r OBertO r IPAMOntI

- La gestione (sviluppo e interpretazione motivata) e l'applicazione di norme e indirizzi competono ai proponenti degli interventi attraverso l'analisi delle condizioni contestuali e la formazione documentata del progetto e agli organismi e autorità competenti attraverso la valutazione e l'emissione di provvedimenti motivati di loro competenza.
- La formazione e la valutazione del progetto di intervento devono avvenire attraverso forme di dialogo costruttivo dei soggetti interessati, avendo sempre come obiettivo principale la valorizzazione dei beni classificati dal piano in un contesto di sostenibilità economica.
- Per sostenere lo sviluppo qualitativo del processo di progettazione e valutazione è possibile l'istituzione di appositi organismi di consulenza operativa da rendere pubblicamente disponibili per guidare le fasi di governo del territorio e l'applicazione di norme e indirizzi.
- La formazione e il funzionamento degli organismi di consulenza operativa sono disciplinati con apposito regolamento.
- Attraverso tali organismi è da prevedere una fase di monitoraggio di norme e indirizzi finalizzata alla loro progressiva evoluzione.
- Per organizzare le procedure di sviluppo motivato di progettazione e valutazione è possibile la formazione di apposito regolamento procedurale.

5.6 - Centri storici e nuclei urbani di antica formazione

di Roberto Cipriani

• Il piano classifica quali centri e nuclei urbani di antica formazione i luoghi ove si rileva l'esistenza di insediamenti addensati di antica origine e datazione, anche in presenza di alterazione di edifici, manufatti e luoghi avvenuta in epoca successiva all'impianto originario.

• La classificazione è supportata dall'analisi delle componenti territoriali contenuta nel piano. La classificazione avviene in sede di prima formazione del piano o sua variante generale o strutturale. Le varianti successive potranno utilizzare le analisi originarie, eventualmente integrate dove ritenuto opportuno o necessario.

• Funzioni escluse (salvo preesistenze valutate dal piano):

- attività produttive artigianali e/o industriali causa di alterazione o depauperamento dell'ambiente fisico e/o del decoro urbano;
- attività zootecniche non compatibili con l'igiene e la qualità ambientale;
- commercio all'ingrosso e commercio di medie e grandi superfici causa di potenziali effetti negativi sugli spazi urbani;
- attività ricettive che comportino dotazioni impiantistiche esterne tali da alterare le caratteristiche originarie degli edifici.

• Categorie di intervento:

- il piano contiene una specifica planimetria con l'indicazione, per ciascun edificio, delle categorie di intervento ammesse e di eventuali specificazioni;
- per gli edifici dove è previsto l'intervento di ristrutturazione finalizzata il limite quantitativo di ampliamento e sopraelevazione è rappresentato dal 20% della superficie utile lorda esistente (salvo specifiche deroghe motivate del piano).

• Disposizioni particolari:

1. L'attivazione delle categorie di intervento sugli edifici, sui manufatti e sugli spazi aperti deve in generale perseguire lo scopo di migliorare le condizioni di ogni utilizzazione ammessa, valorizzandone contestualmente i caratteri storico-culturali, architettonici o, comunque, documentari della memoria storica insediativa e costruttiva, eliminando gli aspetti in contrasto con l'obiettivo della valorizzazione; come criterio generale è fatto divieto di deturpare, alterare o eliminare gli elementi originari caratterizzanti; analogamente è fatto divieto di eliminare manufatti di arredo ambientale di valore documentario dell'insediamento; le parti compromesse vanno ripristinate, in conformità



5.6-1

Fig. 5.6-1 - Frazione Alteno di Montecrestese. sovrapposizione evidente di differenti fasi costruttive in un unico organismo edilizio.

Fig. 5.6-2 - Frazione Alteno di Montecrestese. Vuoto nel tessuto edificato generato dalla perdita di una cellula edilizia.



5.6-2



5.6-3

Fig. 5.6-3 - Craveggia. tinteggiatura con sistemi minerali su di un edificio già adibito ad albergo.

Fig. 5.6-4 - Val Vigezzo. Abbaino su sistema di copertura con manto di *piode*.



5.6-4

all'esigenza di coerenza con il contesto, con l'obiettivo di recuperare i valori originari, eliminando e/o sostituendo le parti che, per forme e materiali impiegati, risultino in contrasto con tali valori.

2. Gli interventi sugli edifici devono rispettare le seguenti indicazioni:

- è escluso l'uso di materiali impropri rispetto al contesto per le superfici esterne per le quali occorre intervenire come da manuale approvato con regolamento;

- per le superfici esterne originarie degli edifici in pietra "a vista" si prevede la conservazione e/o il ripristino; è da recuperare e/o riprodurre l'intonaco antico originario ogniqualvolta risulti tecnicamente possibile; in caso si debba procedere con rappezzi o rifacimenti si deve riprodurre l'intonaco originario o realizzare un intonaco secondo le indicazioni del manuale approvato con regolamento;

- le tinteggiature devono essere realizzate con sistemi di applicazione a base minerale e con scelte cromatiche coerenti con le vicende di costruzione e di manutenzione dell'edificio, come indicato dal manuale approvato con regolamento; è facoltà dell'Amministrazione fare riferimento a uno specifico approfondimento tematico del manuale basato sulle indagini specifiche necessarie;

- i manti di copertura dovranno essere di pietra ove prescritto dal piano per i tetti preesistenti o presenti originariamente; le modalità di realizzazione di struttura, manto di copertura e parti di contatto tra muratura e tetto sono indicate dal manuale approvato con regolamento; la morfologia, la pendenza e la geometria della copertura devono risultare coerenti con gli esempi positivi presenti nel contesto; in casi particolari di rifacimenti temporanei, parziali o di caratterizzazione generale del contesto, può essere autorizzato l'impiego di materiali alternativi, anche diversi da quelli originari indicati nel manuale approvato con regolamento; la valutazione sulla scelta della copertura è approfondita dal progetto e verificata dagli organi competenti con riferimento alle motivazioni del progetto;

- sulla base dell'analisi del progetto e del contesto, è ammesso l'inserimento di abbaini (di foggia e materiali tradizionali) e di finestre installate a raso nella falda; possono essere installati pannelli per l'uso di energia solare se integrati nella copertura e configurati con geometrie regolari privilegiando le posizioni più defilate dalla percezione visiva; le componenti edilizie del presente punto non possono essere impiegate per edifici soggetti esclusivamente a manutenzioni e a restauro;

- le aperture di finestre e di porte sui prospetti devono essere di forma, dimensione e composizione coerenti con le caratteristiche preesistenti e originarie dell'edificio; eventuali aperture arcuate e logge devono essere motivate da situazioni preesistenti o da adeguamento a situazioni coerenti con il contesto è ammessa la chiusura con specchiature vetrate di logge e timpani aperti; si applicano le indicazioni contenute nel manuale approvato con regolamento;

- il rifacimento o la nuova realizzazione di scale esterne a vista in

facciata deve essere del tipo ripetitivo dei preesistenti esempi originari presenti nel contesto, di muratura piena o con gradini di pietra incastri nella muratura perimetrale (dove presenti originariamente); dove preesistente e connaturato alle caratteristiche dell'edificio è ammesso l'impiego di scale di legno; per gli edifici soggetti a ristrutturazione finalizzata è consentita la formazione di scale all'interno di nuovi volumi fino al limite di incremento della superficie utile lorda previsto dal piano; i volumi risultanti devono avere morfologia e impiegare materiali compatibili con l'edificio principale e il contesto;

- in analogia con il punto precedente è consentito realizzare nuovi volumi in ampliamento per dotare le unità abitative di servizi igienici nei limiti di incremento di superficie utile lorda stabiliti dal piano;

- gli esistenti androni di accesso ai cortili devono essere mantenuti, adeguati alle forme e ai materiali del contesto e essere organicamente inseriti nel disegno dei prospetti;

- la realizzazione, la modificazione e il recupero di balconi deve utilizzare forma, materiali e dimensioni coerenti con la composizione dei prospetti; gli interventi devono seguire le indicazioni presenti nel manuale approvato con regolamento. Fanno eccezione rifacimenti e completamenti di balconi di foggia particolare appartenenti al disegno originario dell'edificio; è prevista la realizzazione di balconi di legno se preesistenti e coerenti o compatibili con l'edificio originario e il contesto.

3. Per gli interventi previsti dal piano in ampliamento e sopraelevazione di edifici esistenti, la costruzione deve avvenire secondo forme derivanti da una impostazione architettonica di disegno conforme ai riferimenti (storico-culturali, tecnologici, compositivi, materici) individuati dal progetto nel contesto di riferimento, escludendo nel contempo forme, materiali, tecnologie, morfologie, criteri compositivi di origine culturale estranea; l'obiettivo è in ogni caso quello di effettuare i nuovi interventi edilizi in modo che sappiano integrarsi con l'edificio originario e con il contesto.

4. La superficie pavimentata di spazi pubblici (piazze, vicoli, androni, corti) deve essere realizzata secondo le indicazioni fornite nel manuale approvato con regolamento.

5. Le aree private scoperte a corredo degli edifici esistenti possono essere trattate a giardino e/o pavimentate con materiali compatibili con le indicazioni del manuale approvato con regolamento.

6. Per gli interventi, anche parziali, consentiti dovrà essere presentato il disegno di sistemazione organico e globale dell'intera area a cui appartiene l'oggetto interessato dall'intervento in progetto.

7. Gli organi di consulenza dell'ente e i soggetti titolari di specifica competenza nel processo autorizzativo e/o abilitativo degli interventi potranno esprimere propri orientamenti nell'interpretazione ed applicazione del presente articolo (dove ne risulti discrezionale il contenuto) e sempre con l'obiettivo di ottenere i migliori risultati di inserimento degli interventi nel contesto.

5.7 - e DIFICI ISOLATI e nUCLEI AntICHI MInOrI DI OrIGIne rUrALe

r OBertO r IPAMOntI

- Il piano individua e classifica gli edifici isolati (o raggruppati costituenti elemento di arricchimento del paesaggio extraurbano) aventi prevalentemente origine rurale.

- Funzioni escluse:
 - attività produttive di tipo industriale e artigianale ad eccezione di quelle connesse con le produzioni agro – zootecniche e/o con l’artigianato tipico e tradizionale e/o con l’artigianato di servizio;
 - commercio all’ingrosso e commercio di medie e grandi superfici.

- Categorie di intervento:
 - per gli edifici ricadenti nella classificazione di cui al presente articolo sono consentiti interventi di manutenzione, restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione (indirizzata alla valorizzazione dei caratteri originari delle parti esterne degli edifici);
 - per i casi di intervento finalizzato al recupero di edifici a fini agricoli, agrituristici e residenziali (residenza stabile e/o temporanea) è consentito l’intervento di ristrutturazione finalizzata con un limite di incremento del 20% della superficie utile lorda esistente con le modalità indicate nelle disposizioni particolari;
 - ulteriori categorie e modalità di intervento possono essere previste solo in presenza di specifiche e dettagliate indicazioni di piano.

- Disposizioni particolari:

1. Il recupero e il riuso degli edifici di cui al presente articolo devono avvenire con riferimento a forme, caratteristiche compositive e materiali costruttivi coerenti con il contesto ed a condizione che sia dimostrata la possibilità di dotarsi autonomamente di approvvigionamento di acqua potabile, smaltimento dei rifiuti liquidi e solidi e fornitura di corrente elettrica.

2. In particolare la morfologia generale dell’edificio, la geometria e le pendenze della copertura ed il rapporto tra le dimensioni generali di lunghezza, larghezza ed altezza del corpo di fabbricazione, devono essere assimilabili a quelli riscontrabili nelle tipologie di carattere prevalentemente rurale, riferibili alla memoria storica, presenti nel contesto.

3. Sono considerati esistenti, ai fini di quanto previsto al punto precedente, gli edifici accatastati o realizzati a norma di titolo abilitativo o rappresentati nelle planimetrie di piano o verificabili attraverso documenti iconografici.

4. Nel caso di edifici crollati o parzialmente diroccati è ammessa la ricostruzione secondo l’ingombro planimetrico rilevabile in sito o nelle

Fig. 5.7-1 - Alpe soi, Comune di Bannio Anzino.



5.7-1

planimetrie di piano.

5. Per l'altezza e la morfologia degli edifici oggetto di ricostruzione vale quanto risultante da documenti catastali, da altra documentazione ufficiale precedente alla richiesta di ricostruzione, da documentazione fotografica, da elementi costruttivi rilevabili sulla costruzione. In caso di mancanza di riferimenti del tipo elencato è ammessa la ricostruzione con un'altezza massima di un piano fuori terra.

6. In assenza di riferimenti preesistenti per la morfologia della costruzione valgono le indicazioni riportate nel manuale approvato con regolamento da utilizzare come riferimento, con la precisazione che per edifici isolati è da preferire il riferimento a volumi parallelepipedi con finitura esterna coerente con i contenuti del manuale approvato con regolamento; le coperture devono avere forma semplice con pendenze conformi a quelle prevalenti nel contesto territoriale.

7. Il materiale di copertura deve essere preferibilmente di pietra tradizionale o altra analoga per dimensioni e colorazione, evitando materiali che producano effetti contrastanti con gli aspetti prevalenti nel contesto.

8. In caso di impossibilità documentata all'esecuzione della copertura con la pietra, può essere autorizzato l'impiego di altro materiale a condizione di riprodurre morfologie e colori compatibili con il contesto, secondo le indicazioni del manuale approvato con regolamento.

9. Può essere autorizzata, per periodi stabiliti, la realizzazione di manti di copertura di lamiera, conservando membraure lignee, morfologie, pendenza e aspetti compositivi originari; tali caratteristiche devono osservare quanto indicato nel manuale approvato con regolamento.

10. Nel caso di riuso di edifici rurali a fini agrituristici e residenziali, sono consentiti interventi di trasformazione del luogo relativamente alla realizzazione di manufatti integrativi della funzione residenziale e alla sistemazione di spazi di pertinenza. tali interventi dovranno fare riferimento a situazioni preesistenti nel contesto anche per analogia.

11. In caso di edifici già oggetto di precedenti interventi di recupero e riuso, realizzati in modo incoerente, ogni nuovo intervento eccedente la manutenzione dovrà essere finalizzato al ripristino di caratteri di compatibilità con gli obiettivi, le indicazioni e le norme del piano.



5.7-2

Fig. 5.7-2 - Bognanco. Edificio rustico con manto sostituito da lamiere ondulate, originariamente zincate.

Fig. 5.7-3 - La colma di Craveggia. Alpeggio con manto di copertura composto da lamiere grecate completamente ossidate.

I regolamenti concernenti i sistemi di copertura tradizionalmente di *piode*, nel concedere interventi di sostituzione con materiali non propri per il contesto dovrebbero tenere conto almeno dei seguenti aspetti:

- la sostituzione deve essere finalizzata alla conservazione delle membraure lignee originarie,
- l'intervento di sostituzione deve essere temporaneo e la scelta del materiale funzione dell'arco temporale previsto,
- colori, finiture e forme esistenti sul mercato devono essere indicati in relazione con i materiali e i manufatti del contesto,
- la scelta del materiale deve privilegiare la reversibilità di tale intervento, sia per quanto attiene il ritorno alla copertura con elementi lapidei, sia per la possibilità di riciclare il materiale utilizzato temporaneamente.



5.7-3

5.8 - e DIFICI DOtAtI DI PArtICOLArI CArAtterI ArCHIteTtOnICI , MOrFOLOGICI e COMPOsItIVI DI Interesse stOrICO - CULtUrALe

r OBertO r IPAMOntI

- Il piano indica gli edifici localizzati sul territorio ai quali si riconoscono particolari caratteri architettonici, morfologici e compositivi di interesse storico-culturale.

- Funzioni escluse:
 - attività produttive artigianali e/o industriali causa di depauperamento dei caratteri di interesse storico-culturale;
 - ogni attività comportante alterazione dei caratteri di interesse storico-culturale.

- Categorie di intervento:
 - il piano contiene specifiche rappresentazioni cartografiche con l'indicazione, per ciascun edificio, delle categorie di intervento ammesse e di eventuali specificazioni.

- Disposizioni particolari:

1. Gli interventi sugli edifici classificati al presente articolo devono essere definiti sulla base di un'analisi specifica dei caratteri architettonici, morfologici e compositivi propri e progettati avendo l'obiettivo di valorizzare le caratteristiche che determinano l'interesse storico-culturale della costruzione.

2. L'analisi specifica deve essere articolata nelle seguenti componenti:

- morfologia generale dell'edificio;
- criteri compositivi utilizzati per il progetto originario;
- impiego dei materiali;
- relazioni e interazioni con gli spazi aperti;
- relazioni e interazioni con il contesto generale e gli elementi distintivi che lo caratterizzano.

3. Nei casi di ricostruzione dell'edificio o di parti di esso l'analisi preliminare del progetto deve raccogliere e documentare tutti i riferimenti ancora presenti del progetto originario ed, eventualmente, gli interventi impropri eseguiti nel corso del tempo sulla costruzione.

4. Per effetto dell'analisi preliminare il progetto di intervento deve prevedere:

Fig. 5.8-1 - Egro (VB). Edificio con manto di tegole marsigliesi, un tempo coperto con paglia. Attualmente è ancora conservata l'orditura lignea originaria.



5.8-1

- l'eliminazione di superfetazioni e parti dell'edificio alterate da interventi impropri;
- la ricostruzione di parti demolite o alterate secondo i criteri del progetto originario;
- la tutela e la valorizzazione delle parti riferibili al progetto originario;
- l'inserimento di interventi di modificazione / estensione dell'edificio originario secondo principi di coerenza con le componenti "caratterizzanti" (anche con ricorso a un "linguaggio" architettonico contemporaneo se adeguatamente giustificato).

5. nel compimento del percorso analitico, progettuale e realizzativo degli interventi sono da utilizzare i contenuti del manuale approvato con regolamento.

Fig. 5.8-2 - Territorio dell'Ossola. L'edificio in primo piano e quello limitrofo sono in corso di "ristrutturazione". Il tessuto edificato circostante è ricco di tetti con manto di *piode* posate su struttura lignea tradizionale, invece sostituita in questi edifici in modo non coerente con l'impostazione originaria e con le consuetudini costruttive storiche (ora è stato trasformato in un tetto con trave di colmo e falsi puntoni). Inoltre, la falda è stata inopinatamente prolungata per realizzare uno spazio di sosta coperto, "atipico" e in netto contrasto con l'impostazione planimetrica di origine. Si noti anche come alcuni falsi puntoni siano già visibilmente soggetti a torsione, segno di possibile utilizzo di legno non stagionato e, forse, con sezioni non adeguatamente dimensionate. Le nuove *piode* sono più indicate per manti di pietra su nuove costruzioni, non lo sono per gli edifici antichi. Le malte usate per rabboccare i giunti sono malte "bastarde" di colore grigio (cfr. Cap. 4.9), del tutto inadatte per questi edifici, e la loro lavorazione non congruente (per cogliere tale aspetto è sufficiente fare un confronto con altri edifici vicini non ancora "recuperati"). Il comignolo ha dimensioni e foggia imponenti.



5.8-2

5.9 - AMBIENTI e SPAZI APERTI CONTENENTI MANUFATTI e INFRASTRUTTURE COSTITUENTI "MEMORIA STORICA"

1. Obiettivi 1. IPAMONTI

- Il piano individua gli ambienti e gli spazi aperti, principalmente e storicamente utilizzati per attività culturali e agrozootecniche, nel cui contesto sono presenti componenti che costituiscono parte della "memoria storica" del territorio.

- Tali componenti sono oggetto di norme di tutela, recupero e valorizzazione in quanto elementi significativi nella definizione dell'identità del territorio antropizzato. Si tratta di:

- opere di adattamento della morfologia del suolo alle attività agrozootecniche quali terrazzamenti a scarpata naturale, terrazzamenti realizzati con muri di contenimento, spianamenti, recinzioni di coltivi e allevamenti;

- strade e percorsi, comprese le opere complementari quali pavimentazioni, muri di contenimento, ponti, segnalazioni;

- opere di testimonianza della religiosità quali cappelle, oratori, vie crucis, piloni, sculture e dipinti;

- opere idrauliche per il controllo delle acque quali fossati di irrigazione, argini, briglie e per lo sfruttamento dell'energia idraulica (mulini, impianti idroelettrici).

- Categorie di intervento:

- Gli oggetti elencati sopra sono considerati dal piano elementi qualificanti degli ambienti e degli spazi aperti in cui si trovano.

- Per la tutela, il recupero e la valorizzazione di tali elementi gli interventi da utilizzare sono:

- manutenzione;

- restauro;

- risanamento conservativo.

- La puntualizzazione delle attività riconducibili agli interventi di manutenzione, restauro e risanamento conservativo per le componenti elencate sopra può essere oggetto di integrazioni del regolamento edilizio.

- Disposizioni particolari:

Fig. 5.9-1 - L'antica *Strada comunale per Altoggio*, nei pressi di Naviledo.



5.9-1

1. Gli interventi sulle componenti elencate sono definiti attraverso un'analisi specifica dei caratteri costruttivi, tecnici e funzionali originari con l'obiettivo di mantenerne e valorizzarne gli aspetti significativi per la trasmissione della "memoria storica".

2. L'analisi specifica deve considerare in particolare le interazioni tra la componente costituita dal manufatto o dall'infrastruttura e il paesaggio non costruito, sia nella caratterizzazione di esso, sia nella percezione visiva.

3. Gli interventi di tutela, recupero e valorizzazione delle componenti elencate sopra sono contestuali a quelli per il riuso di edifici presenti nella stessa area di proprietà. L'Amministrazione può predisporre un regolamento specifico per disciplinare le procedure autorizzative e abilitative degli interventi ed eventuali regole "premiali", perequative e compensative.

4. Per la definizione dei progetti di intervento sono da utilizzare i contenuti del manuale approvato con regolamento.

Fig. 5.9-2 - Val Divedro. Piccolo nucleo di edifici rurali inseriti in un pregevole contesto agro-silvo-pastorale.



5.9-2

5.10 - MANUFATTI e INFRASTRUTTURE nel CONTESTO URBANO

di Roberto Cipani

- nell'ambito delle aree individuate come centri e nuclei urbani di antica formazione sono presenti manufatti e infrastrutture che completano e/o caratterizzano la connotazione del contesto.

- I manufatti e le infrastrutture di caratterizzazione dei centri e nuclei urbani di antica formazione sono:

- strade, ponti, scalinate e piazze con le relative pavimentazioni e opere complementari;
- muri di contenimento;
- recinzioni;
- monumenti e opere artistiche;
- opere idrauliche quali argini, fossati, briglie.

- Categorie di intervento:

- I manufatti e le infrastrutture sono considerati parte integrante e caratterizzante degli spazi individuati quali centri e nuclei urbani di antica formazione.

- Gli interventi di tutela, recupero e valorizzazione di manufatti e infrastrutture si concretizzano nelle seguenti categorie:

- manutenzione;

Fig. 5.10-1 - Pontetto di Montecrestese. Passaggio coperto su via di comunicazione pubblica che ha su di un lato la canalizzazione per la raccolta delle acque di superficie, da convogliare nel canale che transita ai piedi della salita.

Fig. 5.10-2 - Veglio di Montecrestese. All'ingresso della borgata, provenendo da sud, si incontra il ponte sul piccolo rio; esso un tempo era corredato di parapetto ligneo, con i montanti incastrati in pietre appositamente modellate e forate.



5.10-1



5.10-2

- restauro;
- risanamento conservativo;
- ristrutturazione.

- La puntualizzazione delle attività riconducibili agli interventi di manutenzione, restauro e risanamento conservativo e ristrutturazione per manufatti e infrastrutture può essere oggetto di integrazione del regolamento edilizio, con particolare riguardo alla conseguenza di forme e materiali con quelli originari.

- Disposizioni particolari:

1. Gli interventi relativi a manufatti e infrastrutture sono definiti attraverso un'analisi specifica dei caratteri costruttivi, tecnici e funzionali originari indirizzata a mantenere e valorizzare gli aspetti significativi.

2. nella progettazione degli interventi sono da considerare le interazioni tra parti edificate e manufatti e infrastrutture ai fini della compatibilità complessiva nel contesto.

3. L'Amministrazione può predisporre specifici strumenti di programmazione e regolamentazione delle metodologie e dei contenuti degli interventi su manufatti e infrastrutture.

4. In assenza di strumenti specifici, per la progettazione degli interventi sono da utilizzare i contenuti del manuale approvato con regolamento.

Fig. 5.10-3 - Pontetto di Montecrestese. elementi lapidei per canalizzazione delle acque di superficie a lato della principale strada di transito, ora asfaltata.

Fig. 5.10-4 e 5.10-5- toceno. erta accuratamente selciata e con bordure a segnare i gradini della via. All'imbocco di tale erta, sulla destra, si trova la cappella settecentesca della figura. Tutta lo spazio urbano della limitrofa piazza della Chiesa è realizzata con lo stesso genere di pavimentazione.



5.10-3



5.10-4



5.10-5

Capitolo 6

I CASI STUDIO

6.1 - LA TORRE DEL LOSSETTI DI BEURACARDEZZA <i>Gianni Bretto</i>	6-3
6.1.1 - Il luogo	6-3
6.1.2 - Cenni storici	6-3
6.1.3 - Ipotesi funzionale	6-4
6.1.4 - Il manufatto: sintesi dell'analisi materiale	6-5
6.1.5 - Analisi del degrado e dei dissesti e delineazione del caso di studio	6-5
6.1.6 - Il metodo di lavoro	6-6
6.1.7 - Il progetto di consolidamento: sette soluzioni a confronto	6-7
6.1.8 - Le matrici culturali	6-7
6.1.9 - Il progetto di recupero funzionale	6-8
6.2 - IL LAVAIUOLO COMUNALE DI SANTAMARIA MAGGIORE <i>Simone Malandra</i>	6-11
6.2.1 - elementi connotanti l'intervento	6-11
6.2.3 - rifacimento parziale della copertura	6-13
6.2.4 - risanamento dell'intonaco esterno	6-13
6.3 - IL LAVAIUOLO COMUNALE DI BANNIO DETTO "UL FUNTANÓN" <i>Gianni Bretto</i>	6-15
6.3.1 - "Il Funtanòn"	6-15
6.3.2 - La perizia di variante Ghisoli	6-16
6.3.3 - Degrado dei materiali e carenze statiche	6-20
6.3.4 - Interventi di manutenzione e restauro (progetto)	6-21
6.3.5 - esecuzione	6-22



6.1 - LA TORRE DEI LOSSETTI DI BEURA CARDEZZA

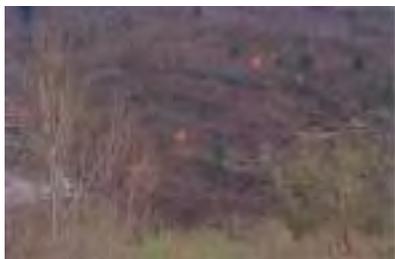
GIANNI BRETTI

6.1.1 - Il luogo

Lungo la provinciale che da Beura giunge a Cardezza, al terzo tornante appare sulla sinistra una torre in rovina. Sorge sull'orlo di una balza rocciosa e alla sua base transita un sentiero, un tempo importante via di comunicazione transfrontaliera. La torre domina la Valle della Toce che scorre da nord a sud, sino al Lago Maggiore.

La vegetazione e il paesaggio roccioso sono insolitamente mediterranei, grazie alla bassa quota (310 m s.l.m.m.) e al microclima d'influsso lacustre, all'ampiezza della valle e all'esposizione a sud-ovest. Chissà come appariva ai viaggiatori del medioevo ed ai mercanti provenienti da Genova e diretti a Berna, i quali a poche ore di cammino avrebbero incontrato paesaggi radicalmente differenti¹. Poco distante sorge una cava dove si estrae la stessa pietra di cui la torre è costituita.

nota 6.1-1 - si veda a tal proposito: CROSA LENZI P., *Parco Nazionale Valgrande*, Domodossola, 1996, in cui è descritto il paesaggio della Valgrande e dei territori limitrofi, cui il sito della torre appartiene.



6.1-1

Fig. 6.1-1 - Le due torri A (dei Lossetti) e B viste dalla superstrada ss33 del sempione.

nota 6.1-2 - LAMPUGNANI P., BAUDO F., *Relazione Archeologica*, in BRETTI G., *Torre dei Lossetti - progetto di consolidamento e recupero funzionale - Relazione Tecnica e Descrittiva*, 2012, pp. 33-40.

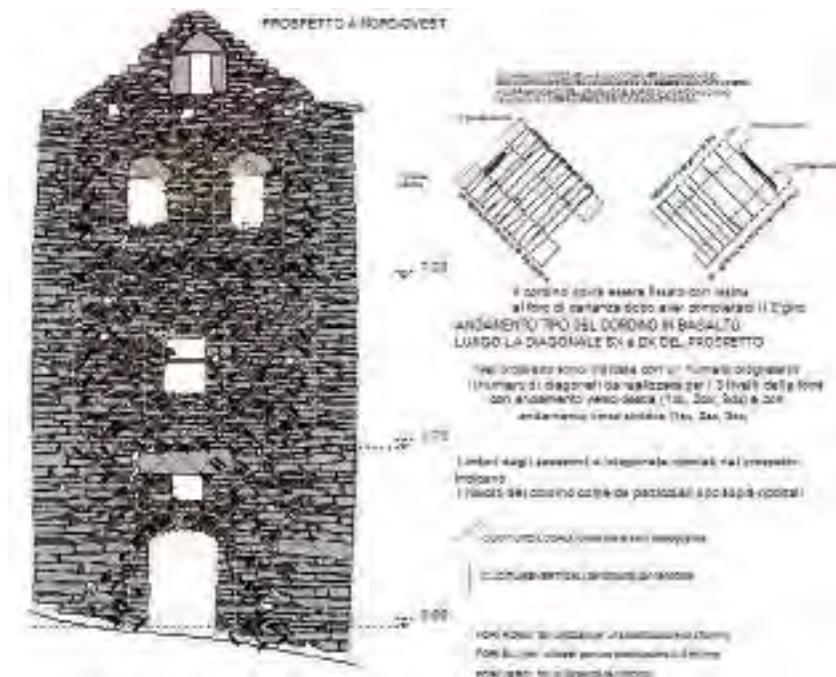
nota 6.1-3 - sulle torri citate, vedasi inoltre: ARIOLI L., *La torre di Bulfer sopra Carale di Vogogna*, Oscellana, n. 1, 1977.

6.1.2 - Cenni storici

nel 1937 fu pubblicato (da Carlo Nigra) il primo testo sulla torre nel volume "torri, castelli, caseforti del Piemonte" (paragrafo "Le tre torri di Cardezza"). egli data le torri tra il XIII ed il XV secolo e le ascrive ad un'unica matrice tipologica. La prima torre descritta, in frazione Carale, appartiene in realtà al territorio di Vogogna ed è detta di Bulfer. Le altre due sorgono a poca distanza lungo la strada carrozzabile che dal piano di Beura-Cuzzego sale a Cardezza. Sono immerse oggi in un fitto bosco di latifoglie su di un pendio in forte acclività in parte terrazzato e, sino ai primi del '900, coltivato. Quest'ultime sono quasi identiche per forma, di dimensioni minori la seconda, entrambe completamente a secco (salvo limitati interventi successivi di parziale chiusura dei giunti con malta) a differenza di quella di Bulfer murata con malta di calce². Nell'opera compilativa di Goffredo Casalis "Dizionario geografico, storico, statistico, commerciale, di s.M. il re di Sardegna", (1833-56) sono censite quattro torri a Cardezza. Due sono nominate nella relazione Archeologica del progetto di consolidamento e recupero funzionale (A e B in Fig. 6.1-1), le quali sono state identificate con quelle trattate dal Nigra; le altre due sono comprese nel perimetro del villaggio e oggi sono a loro addossate costruzioni più recenti. Una delle quattro è denominata dei Lossetti, dal nome di un'antica famiglia nobile vogognese. non è certo che si tratti proprio di tale torre, ma nonostante questa attribuzione sia ancora priva di riscontri documentali certi, è stato deciso di mantenere il nome di "torre dei Lossetti".³

6.1.3 - Ipotesi funzionale

La torre dei Lossetti (A) è allineata lungo la linea visiva che unisce le torri dall'Isola Borromea alla Casaforte dell'Amman Zur schmitten conosciuta come la schtei-Hüs di Zum steg nella Val Formazza (Pomatter tal) verso il Passo del Gries. Una seconda linea, ortogonale alla prima, collega idealmente la torre di Battigio presso Vanzone con san Carlo, in Valle Anzasca, con la torre di Bulfer, lungo l'antica direttrice Vogogna - saas Fee, pochi chilometri prima dei passi Mondelli e Moro⁴. La torre di Cardezza all'interno presenta, specialmente al primo piano, ampi lacerti di intonaco a calce stesi sul muro a secco, un camino e una latrina (entrambi in nicchia). e' un ambiente spartano adatto ad una piccola guarnigione più che a un raffinato signorotto di confine, come poteva essere il colto Desiderio Ferrerio, committente della torre-palazzo di Piedimulera a fine '500. Facilmente la sua funzione originaria era legata alla via mercantile: posto di guardia, di segnalazione e soprattutto daziaria⁵.



6.1-2

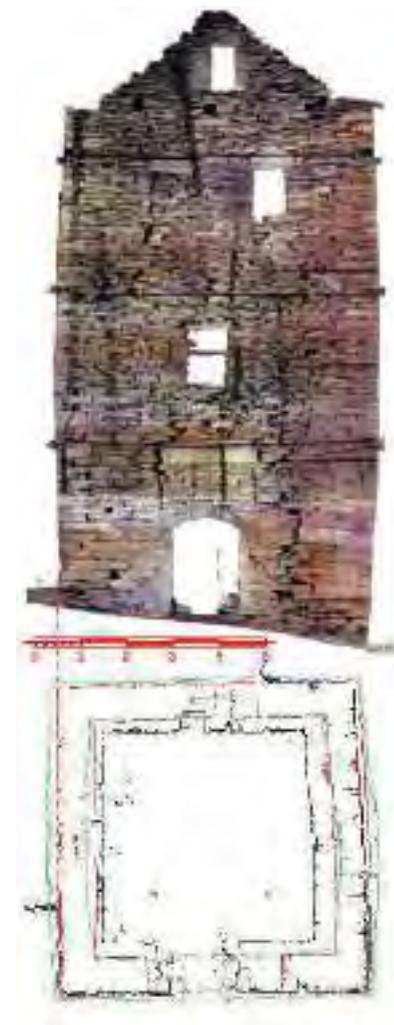
Fig. 6.1-2 - Disegno di cantiere con lo schema esecutivo delle foratute e della cucitura (A.h.r.t.e. srl). Il reticolo di cucitura è costituito da un unico cordino per ciascuna diagonale ed è fissato all'interno del foro di partenza con resina epossidica dopo aver completato il 2° giro; una volta fissato, esso è posto in tensione manualmente. Questa continuità garantisce un efficace presidio contro le azioni simiche: ad ogni spostamento localizzato l'intero sistema di cucitura collabora a contrastarlo.

Fig. 6.1-3 - Ortofoto del prospetto n-O e piante sovrapposte dal rilievo laser-scanner (DICeA settembre - ottobre 2013). si notano i trefoli esterni $\varnothing 26$ inguainati e le relative piastre. A questi sono accoppiati all'interno delle barre filettate $\varnothing 26$, di modo che ciascuna barra funzioni da tirante della catenaria orizzontale formata dalla fascia deformata di muratura e dal trefolo. Il sistema replicato a livello di ciascuna risega della muratura, costituisce il presidio contro le azioni statiche e migliora il comportamento rispetto ai Modi II (meccanismo di parete per flessione) e III (meccanismo di parete per taglio) dei caratteristici meccanismi di danno.⁶

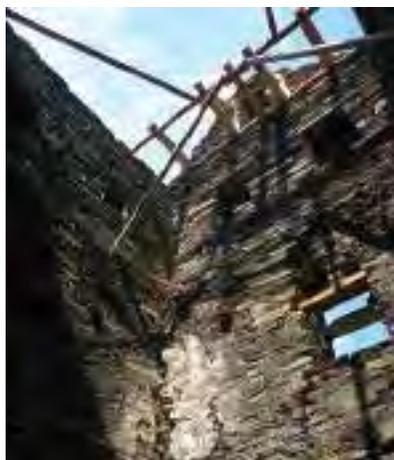
nota 6.1-4 - Carovanieri e someggiatori, dalla riapertura dei valichi in epoca carolingia sino all'apertura della strada napoleonica del sempione, transitavano lungo la via a mezza costa che raggiunge i valichi del Moro, dell'Arbola, del Gries, di s. Giacomo e del sempione, e che dal bivio del Castrum del Motto, presso Gravellona toce, raccoglieva le direttrici provenienti da Milano e da Genova.

nota 6.1-5 - su questi temi cfr. per esempio: RIZZI e., CrOsa LenZ P., *Storia di Baceno*, Anzola, 2006.

nota 6.1-6 - La classificazione dei meccanismi di danno (in letteratura tecnica variamente denominati) e il modello di calcolo fanno riferimento al testo di CUCCO F., PANZECÀ T., SALEMÒ M., L'AVECCHIA S., *Strutture in muratura. Le catene nel consolidamento*, Palermo, 2007 e al software di calcolo Tiranti ad esso allegato.



6.1-3



6.1-4a



6.1-4b

Fig. 6.1-4a - Vista dell'interno angolo n-O/s-O. si notino le classiche lesioni nel piano per taglio intorno alla finestra a destra, i lacerati di intonaco al 1° piano, il "rasopietra" al 2° piano. tiranti, sbadacchiature e puntellamenti in opera (2009).

Fig. 6.1-4b - Meccanismo di danno: azioni nel piano, lesioni di taglio. Sopra la finestra, il cedimento dell'architrave interno provoca una lesione parabolica con distacco della porzione di muratura inscritta.

nota 6.1-7 - Anche se nella lettera di Ludovico il Moro non vengono nominate le torri di Cardezza tra le strutture da rinforzare, è ipotizzabile che la torre dei Lossetti fu oggetto della revisione delle feritoie, vista la sua posizione strategica. In tale documento è invece fatta esplicita menzione delle torri di Beura, verosimilmente di quella dei Ferrari che ancor oggi espone lo stemma sforzesco.

nota 6.1-8 - L'intervento fu commissionato dal Comune e fu finanziato da questo con fondi propri e dalla regione Piemonte con un contributo riferito alla Legge regionale 58/78. L'intervento fu progettato e diretto da Gianni Bretto nel 2007-2008 ed eseguito dall'Impresa Volpone di Bannio (2008/2009). Cfr. didascalia Fig.6.1-3.

6.1.4 - Il manufatto: sintesi dell'analisi materiale

La torre è censita dalla s.P.s. (*Société scientifique internationale pour l'étude de la Pierre Sèche*) come l'edificio a secco più alto d'Europa. e' composta da tre piani fuori terra e raggiunge l'altezza al timpano di 14 m. era coperta con un tetto a due falde, a capriate lignee e manto di piode, gli orizzontamenti erano costituiti da solai a travi e tavolato, verosimilmente in castagno. La muratura, completamente a secco, eccetto in limitate zone di stilatura posteriore, è composta da pietrame derivante da sfaldatura e sommaria sbazzatura di *beola* (ortogneiss tabulare) generalmente grigia, raramente bianca o ghiandonata, apparecchiata a filari tendenzialmente sub-paralleli, con cantonali di maggiori dimensioni. La presenza di calzamenti e zeppature testimoniano l'origine medievale, come pure alcuni architravi monolitici a estradosso archiacuto o a schiena d'asino. L'ingresso era posto sul lato verso il precipizio (n-O) originariamente in quota, a cui si accedeva con scaletta retrattile. successivamente fu aperto in breccia al piano terra e in seguito la maggior parte delle finestre furono tamponate con muratura a secco nella quale furono ricavate feritoie e spioncini. e' dunque possibile distinguere tre fasi costruttive: quella originaria, databile al XIV - XV secolo, quella di rafforzamento delle funzioni difensive, verosimilmente concomitante alla revisione delle linee di presidio, voluta dal Duca di Milano su perizia di Donato Bramante (28 aprile 1487), e infine quella di ipotetica riconversione ad altri usi, di difficile datazione (prob. sec. XVIII)⁷.

6.1.5 - Analisi del degrado e dei dissesti e delineazione del caso di studio

Al momento della candidatura del progetto Interreg-Alpstone, la torre era stata da poco interessata da un intervento di consolidamento⁸. Questo era mirato essenzialmente al contenimento delle forti deformazioni delle murature mediante tirantature metalliche, ad alcune opere provvisorie di presidio e alla sostruzione muraria localizzata sulle lacune più macroscopiche. La torre è soggetta ad un fenomeno generalizzato di schiacciamento accompagnato da presso-flessione con deformate a curvatura convessa verso l'esterno, la cui tangente presenta un

massimo fuori piombo di circa 35 cm. A causa della differenza di rigidità tra cantonali e muratura mediana, lungo gli pseudo filari sub-paralleli si è verificato un abbassamento differenziale con massimo in mezzeria, che ha prodotto concentrazioni locali di tensioni le quali hanno causato fratture dei conci dovuti a sforzi di taglio e di flessione. Altre lesioni passanti hanno interessato a livello globale le singole pareti, e sono originate da schiacciamento, presso-flessione e cedimenti intermedi, agenti singolarmente o in combinazione. Certamente all'origine delle cause di dissesto vi sono l'instabilità per carico di punta causata dalla perdita delle legature ai piani esercitate dai solai,

e dall'apertura in breccia della porta d'ingresso al P.t. Inoltre, a causa della frattura che ha parzialmente disarticolato il masso fondale lungo un piano di scistosità sub parallelo, è possibile che in passato il cinematisimo innescatosi abbia concorso all'aggravarsi dell'equilibrio delle pareti n-O e s-e.⁹

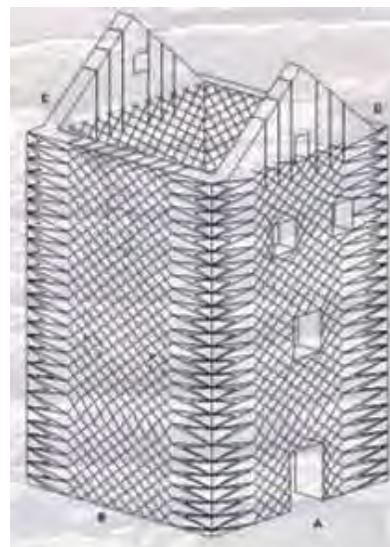
Il caso di studio proposto è stato quindi configurato come progetto sperimentale in relazione a vari aspetti: quello strettamente tecnico (il confronto con la normativa sismica: adeguamento versus miglioramento), quello teorico (restauro versus conservazione), quello del riuso (la rivitalizzazione funzionale) e infine quello che concerne il problema del linguaggio architettonico (il rapporto tra intervento contemporaneo e palinsesto di valore storico).

Questi temi si intrecciano con alcuni degli obiettivi del progetto Al-pstone, dai cui esiti è possibile trarre spunti per ampliare i codici di buone pratiche.

6.1.6 - Il metodo di lavoro

Da subito è parso evidente che sarebbe stato necessario formare una *équipe* interdisciplinare per elaborare un progetto sperimentale compiuto. Si disponeva di informazioni, rilievi, modelli di calcolo ed elaborati nel corso del progetto del 2008/2009, che è stato aggiornato ed ampliato. Schematizzando, le fasi e le articolazioni del processo sono consistite in:

- a) aggiornamento delle ricerche storiche e bibliografiche
- b) verifica e revisione del rilievo geometrico dello stato di fatto
- c) analisi delle relazioni di rete a scala territoriale e delle possibili destinazioni d'uso
- d) progettazione architettonica e strutturale delle opere di recupero funzionale
- e) aggiornamento della mappatura del degrado dei materiali e del quadro fessurativo e aggiornamento dell'analisi stratigrafica muraria
- f) indagini geologiche (valutazione del rischio locale e al contorno) e indagini archeologiche
- g) progettazione del sistema di consolidamento del masso fondale
- h) revisione della modellazione della costruzione ai macroelementi, modellazione della struttura agli elementi finiti e confronto tra i due approcci di modellazione strutturale
- i) elaborazione, verifica all'azione sismica e comparazione critica di differenti sistemi di consolidamento¹⁰.
- l) prove e campionature *in situ*
- m) prove a compressione diagonale per individuare i parametri meccanici delle murature e testare l'efficacia della cucitura a secco
- n) rilievo con apparecchiatura laser-scanner (funzionale agli esecutivi del sistema di cucitura)
- o) verifiche locali di stabilità strutturale (numeriche e grafiche)
- p) mappatura delle macrozone di intervento



6.1-5

Fig. 6.1-5 - Corde in fibra di basalto ($\varnothing 4$ mm) che, mediante trama e ordito, cuciono le pietre tra loro; è un sistema completamente reversibile e viene applicato a secco, senza snaturare quindi la caratteristica originaria delle murature. Per evitare abrasioni, e quindi possibili rotture del cordino, sono stati studiati speciali elementi paraspiogli da applicare sui bordi vivi della pietra. essi sono ricavati da un tubo $\varnothing 32$ mm in piombo, in cui un vertice è reciso in quattro per circa metà lunghezza ed è aperto. I quattro "petali" così ottenuti si adattano al profilo irregolare del bordo dell'elemento lapideo e accolgono, nella curvatura convessa, il cordino. I cantonali sono dotati di una semplice sella paraspiogli di piombo.

nota 6.1-9 - Cfr. Bretto G., *Torre dei Lossetti - progetto di consolidamento e recupero funzionale - Relazione Tecnica e Descrittiva*, 2012 e VALCArenGH 1 A., *Relazione Geologica e Geotecnica*, 2012.

nota 6.1-10 - Il percorso progettuale ha portato allo studio di sei differenti ipotesi di consolidamento. Il sistema scelto in un primo momento, in relazione a parametri di efficacia e ridotta invasività, è stato accantonato poiché non ha trovato d'accordo la competente soprintendenza per i B.A.P.; di conseguenza è stato scelto il sistema di cucitura a secco.



6.1-6

Fig. 6.1-6 - schema della cucitura diffusa: la maglia si infittisce in corrispondenza delle zone critiche e si adatta alla geometria della torre e alla tessitura muraria (elaborazione A.h.r.t.e. srl).

Fig. 6.1-11 -

soluzione A (rete esterna, intonaco armato interno collegato da barre);
 soluzione B (rete su entrambi i paramenti esterno e interno collegate da barre);
 soluzione C (fasce esterne in FrP incollate al paramento lapideo e ricoperte d'intonaco trattato a "finta pietra", intonaco armato interno);
 soluzione D (incremento dei tiranti esistenti: trefoli esterni e barre interne, accoppiati);
 soluzione e (stilatura estrena/interna, iniezioni di boiaccia di calce, reticolati e/o cuciture);
 soluzione F (intonaco armato interno/esterno).

nota 6.1-12 - LENCI S., QUAGLIARINI E., MONTEF., *Relazione Tecnica*, DICeA, 2012.

nota 6.1-13 - SIMMEL G., *Die Ruine*, ed. it. *La rovina*, rivista di estetica, n.8 (XXI), torino 1981, pp. 121-127. Da Simmel, a Riegl, a Ruskin e all'indietro sino a Sankt Columba, a Rabano Mauro, a Sant'Agostino, il fascino delle rovine che trae origine secondo Kant dal sentimento del sublime ("ancor meno spiegabile di quello del bello") ha ammaliato i filosofi. Nondimeno gli scrittori, da Hugo a Borges, a Robbe-Grillet, a Dick, hanno declinato l'incanto delle rovine, anticipato da Leopardi con la sua estetica delle "ménomie cose", Cfr. CArenA C., *La cultura delle rovine*, rivista di estetica, n. 8 (XXI), 121, torino, 1981, pp.153-159.

nota 6.1-14 - BENJAMIN W., *L'opera d'arte nel periodo della sua riproducibilità tecnica*, Berlino, 1938, ed. it., torino, 1981.

- q) protocollo per gli interventi di risarcimento murario
- r) elaborazione della cucitura "su misura" (A.h.r.t.e. srl).

6.1.7 - Il progetto di consolidamento: sette soluzioni a confronto

nel corso del 2011/2012 sono state elaborate sei proposte per il consolidamento e di queste sono state valutate: l'efficacia e il livello di miglioramento sismico raggiunto, la reversibilità, il grado di compatibilità e di invasività, l'impatto visivo.¹¹ tra le soluzioni che superano il 33% dell'accelerazione sismica attesa al suolo (e che garantiscono quindi un significativo miglioramento sismico), il gruppo di ricerca ha valutato la soluzione classificata con la lettera B come la più rispondente alle attuali istanze conservative. Questa non è stata giudicata pienamente idonea dalla soprintendenza competente per territorio; di conseguenza è stato instaurato un dialogo con l'Università Politecnica delle Marche in quanto stava sperimentando un sistema di cucitura delle murature impiegabile anche a secco e quindi sono stati avviati approfondimenti sperimentali al fine di elaborare una soluzione *ad hoc* per la torre di Cardezza.

=> soluzione G (sistema tiorapsimo®: cucitura a secco con cordino in fibra di basalto).

Le prove di compressione diagonale su campioni di muratura realizzati con la stessa tessitura e con lo stesso litotipo della muratura esistente hanno rivelato un incremento di resistenza di 2,6 volte passando dal pannello non consolidato nC a quello cucito C. Il pannello nC ha sopportato un carico massimo di 8kn, mentre quello C ha resistito sino ad un carico di 21 kn¹².

Per ottenere valori statistici sarebbe necessario effettuare ulteriori prove. tuttavia, considerando la completa assenza (nelle normative e nella letteratura tecnica) di indicazioni circa i parametri caratteristici delle murature a secco in genere, e di quelle del tipo in esame in particolare, il risultato ottenuto contribuisce a elevare il livello di conoscenza. Per valutare fattibilità e compatibilità si è successivamente proceduto alla campionatura in situ del sistema di cucitura, con prove di foratura alla rotazione e di cucitura. Si è infine reso necessario il rilievo laser-scanner della torre per procedere ad un progetto di cucitura che si adatti perfettamente al costruito.

6.1.8 - Le matrici culturali

La torre dei Lossetti è da oltre ottant'anni in stato di rovina, in una peculiare condizione di equilibrio tra artefatto e natura, che George Simmel ha evidenziato nel celebre saggio "Die ruine"¹³. si è voluto conservare l'*hic et nunc*¹⁴ dell'opera, così come il tempo ce l'ha consegnata, con tutto il suo carico di atti costruttivi, di trasformazioni

d'uso e di accidenti. L'elaborazione delle possibili tecniche di consolidamento e di recupero funzionale privilegiano la sovrapposizione piuttosto che il ripristino. Aggiunte di materia e di figure riconoscibili, distinte e reversibili. Al palinsesto dell'edificio, si sovrappone un nuovo testo, cancellabile all'occorrenza. Le matrici culturali del progetto affondano nella conoscenza profonda della tradizione e degli interventi che hanno indagato il sottile rapporto tra nuovo e antico laddove si è "costruito nel costruito".¹⁵

6.1.9 - Il progetto di recupero funzionale

A causa del cambiamento *in itinere* del sistema di consolidamento, con costi maggiori rispetto a quelli previsti, la realizzazione è stata fermata al consolidamento e alla copertura provvisoria. Sono stati rimandati ad altro lotto i lavori per il recupero e la rifunzionalizzazione. La più confacente destinazione d'uso, tra quelle prospettate, è quella di porta di accesso al Parco nazionale della Val Grande. Accoglierà funzioni didattiche, informative, e di belvedere, nodo della rete di percorsi sentieristici strada romana - sentiero stockalper.¹⁶

6.1.9.1 - Dettagli sul sistema di recupero e sui contenuti

Il recupero della torre prevede la realizzazione di una struttura interna di acciaio, indipendente, contenente i solai, le scale che danno accesso ai piani e atta a sostenere il tetto. La struttura è formata da quattro montanti e relativi traversi e controventamenti in profilati di serie di acciaio spazzolato e trattato a olio. Le fondazioni a piastra metallica, ancorate mediante tirafondi a platea di calcestruzzo cementizio armato, saranno integrate nel pavimento del piano terra in acciottolato posato a secco su un letto di sabbia canalizzato e cablato. I piani (mezzanini a doppia e tripla altezza e passerelle) non copriranno l'intera superficie utile di calpestio, in modo tale da permettere la vista attraverso l'intera altezza della torre; tale percezione sarà aumentata grazie alla particolare composizione dei solai, dei gradini e dei parapetti delle scale, formati da stecche di legno distanziate tra loro in modo tale da formare un graticcio. L'essenza scelta (rovere o castagno) sarà con finitura grezza



6.1-8



6.1-7

Fig. 6.1-7 - Ornavasso, lucernario a nastro a cavallo della linea di colmo con doppio affaccio, telaio in legno e copertura in piode. Prob. sec.XVIII-XIX. Alle spalle la torre Barbavara, (XII-XIII sec.) ed il santuario della Guardia (XVIII sec).

Fig. 6.1-8 - Progetto di Christo per l'impacchettamento delle mura tra Via Veneto e Villa Borghese, a cui, idealmente, la concezione della cucitura della torre dei Lossetti fa riferimento. *The Wall* (Project for a Wrapped roman Wall) - Rome, Italy, Drawing 1973—36 x 96" (81.5 x 244 cm). Pencil, wax crayon and charcoal, Private collection, Europe. Photo: André Grossmann © 1973 Christo.

nota 6.1-15 - A partire dagli anni '60 e '70, con l'affacciarsi sulla scena architettonica della raffinata e inimitabile opera dei maestri italiani da Scarpa ad Albini a Mollino, si pose il problema del linguaggio con cui confrontarsi con le preesistenze storiche, e si è sancì la sua inequivocabile appartenenza alla contemporaneità. nell'area di studio di Alpstone, il problema del linguaggio architettonico con cui operare nel costruito è emerso in alcuni esempi localizzati in ticino, a Bellinzona: interventi sui castelli di Campi e Pessina e di Aurelio Galfetti; a Vorgogno la casa rezzonico, di Livio Vacchini; a Pianezzo la casa-studio Jacob Bill di Michele Arnaboldi; e a livello urbano, a Montecarasso col magistrale piano-progetto di Luigi Snozzi; tali interventi sono stati realizzati tra gli anni '70 e i primi anni XXI secolo, tranne per il caso di Montecarasso ancora *in itinere*. nel Verbano Cusio Ossola, i primi esempi, realiz-

zati tra i tardi anni '80 e il primo decennio del XXI secolo, riguardano i recuperi del castello di Vogogna di Giulio Giribaldi e Dario Marabelli; di quello di Buccione, di Angelo Marzi; della torre-casaforte di Varzo, di roberto ripamonti; della casa della darsena a Orta, di Mauro Galantino.

nota 6.1-16 - Piano di sviluppo rurale - P.s.r.2007-2013- Misura 313- Azione 1 *Infrastrutturazione della rete sentieristica regionale per la realizzazione di itinerari escursionistici fruibili a piedi, in bicicletta e a cavallo.*

nota 6.1-17 - Al momento della stampa, il cantiere è in fase conclusiva e quindi non si dispone di fotografie d'insieme, pertanto si rimanda agli aggiornamenti del Manuale la pubblicazione dell'intervento di consolidamento concluso e dell'approfondimento sul progetto di recupero funzionale.

Fig. 6.1-9 - Vista parziale dell'angolo s-e/n-e a cucitura completata. Lo schema a losanga si adatta all'irregolarità della tessitura muraria, mentre il cordino di fibra di basalto ed i paraspigoli in piombo si mimetizzano rispetto all'insieme.

Fig. 6.1-10 - Il timpano n-O è stato cautamente smontato e ricostruito dopo aver mappato e numerato gli elementi lapidei di maggiori dimensioni e più accuratamente lavorati. La natura della pietra a secco non permette una completa anastilosi, tuttavia avendo mantenuto nella riedificazione il medesimo principio costruttivo dell'originale, il timpano ricostruito è un'altra (possibile) configurazione frattale a partire dalla medesima materia costituente.



6.1-10

e trattata con olio di lino al fine di assorbire meglio l'usura e ridurre al minimo la manutenzione. L'intera struttura sarà utilizzabile come base fissa per un sistema di allestimento che varierà in funzione delle esigenze. Il tetto, con struttura reticolare lignea e tavolato ligneo ventilato, sarà con manto di pioda e provvisto di asola vetrata lungo i bordi del timpano e di lucernario zenitale per la vista del paesaggio e del cielo.

La torre potrà ospitare mostre naturalistiche o legate al tema dell'arte contemporanea con progetti *site-specific*.

L'allestimento e la sistemazione dell'area di pertinenza saranno oggetto di successive fasi progettuali.¹⁷



6.1-9

Fig. 6.1-11 - studio della copertura (travi reticolari, asole vetrate, tipologie di lucernario).

Fig. 6.1-12 - La cucitura con il cordino in fibra di basalto, infilato in un ago dalle grandi dimensioni viene introdotto nei fori attraverso l'imboccatura dell'elemento paraspigoli a quattro petali. Il fatto di collocare il paraspigoli subito dopo la foratura permette di segnare inequivocabilmente il foro, altrimenti poco visibile essendo praticato in entrata nel vuoto del giunto a secco. A causa della non complanarità dei corsi di pietra, è (raramente) capitato che alcuni fori fossero in corrispondenza di una pietra del paramento murario interno.



6.1-11



6.1-12



6.1-13

Fig. 6.1-13 - La rinzeppatura (cucitura di punta con pietre lunghe ed acconce) delle lacune interne alle lesioni. e' un'operazione preliminare alla cucitura con tiorapsimo®, che ripristina la continuità meccanica tra gli elementi lapidei. Per ottenere i migliori risultati è indispensabile una perizia necessariamente legata a un saper fare proprio della tradizione.

BIBLIOGRAFIA Cap. 6.1

- AR IOLI L., *La torre di Bulfer sopra Carale di Vogogna*, Oscellana, n. 1, 1977.
- BENJAM IN W., *L'opera d'arte nel periodo della sua riproducibilità tecnica*, Berlino, 1938, ed. it., torino, 1981.
- BRETTO G., *Torre dei Lossetti – progetto di consolidamento e recupero funzionale – Relazione Tecnica e Descrittiva*, 2012.
- CARENÀ C., *La cultura delle rovine*, rivista di estetica, n.8 (XXI), 121, torino, 1981, pp.153-159.
- CRUSA LENZ P., *Parco Nazionale Valgrande*, Domodossola, 1996.
- CUCCO F., PANZECATI., S. ALERMO M., TERRAVECCHIA S., *Strutture in muratura. Le catene nel consolidamento*, Palermo, 2007.
- LAMPUGNANI P., BAUDO F., *Relazione Archeologica*, in Bretto G., *Torre dei Lossetti - progetto di consolidamento e recupero funzionale - Relazione Tecnica e Descrittiva*, 2012, pp. 33-40.
- LENCI S., QUAGLIARINI E., MONNI F., *Relazione Tecnica*, DICeA, 2012.
- Piano di sviluppo rurale -P.s.r.2007-2013- Misura 313- Azione 1 *Infrastrutturazione della rete sentieristica regionale per la realizzazione di itinerari escursionistici fruibili a piedi, in bicicletta e a cavallo.*
- FRIZZI E., CRUSA LENZ P., *Storia di Baceno*, Anzola, 2006.
- SIMMEL G., *Die Ruine*, ed. it. *La rovina*, rivista di estetica, n.8 (XXI), torino 1981, pp. 121-127.
- VALCARENIGHI A., *Relazione Geologica e Geotecnica*, 2012

Dati tecnici dell'opera.

Iter procedurale del recupero della torre di Beura.

Progetto approvato con Delibera G.C. n° 50 del 10 luglio 2013.

Autorizzazione soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici per le Province di novara, Alessandria e del Verbano Cusio Ossola, prot. n° 9392 cl. 34.16.08/33.1 del 18 luglio 2013.

Autorizzazione soprintendenza per i Beni Archeologici del Piemonte prot. n°2475 del 14 marzo 2013, cl.34.19.04/96.1

Crediti:

Consigliere delegato per il progetto pilota: sig. Angelo Rossi, Comune di Beura Cardezza.

responsabile Unico del Procedimento : dr. Dario Cerizza, Comune di Beura Cardezza.

Progetto e Direzione Lavori : arch. Gianni Bretto.

Consulenti:

ing Alessandro Grazzini, Politecnico di torino, DiSeG, antisismica e strutture.

dr. Alberto Valcarenghi, indagini geologiche
dr. Paolo Lampugnani, indagini archeologiche analisi UsM ed eA.

prof. arch. Antoni Alomar Esteve, società Scientifica Internazionale di Studi sulla Pietra a secco (s.P.s.), tecnologia della pietra a secco.

geom. Moreno Bossone, sicurezza in fase di progetto e di esecuzione, rilievi.

Impresa res. In. tec. Italia restauri Innovativi tecnologici s.r.l. - Bologna, Direttore tecnico di Cantiere ing. Vasilios Kafetsis.

subappaltatori: Fabio Falcioni, Beura Cardezza; tindaro rao, Villadossola (opere in pietra a secco).

Convenzioni di ricerca con il Comune di Beura Cardezza:

Università Politecnica delle Marche, DICeA (prof. ing. stefano Lenci, prof. ing. enrico Quagliarini, dr. ing. Francesco Monni), prove tecniche di laboratorio sui campioni di muratura a secco ante e post consolidamento. Università Politecnica delle Marche, DICeA (prof. ing. Paolo Clini, prof. ing. enrico Quagliarini), rilievo laser scanner.

Consulenza per res.In.tec Italia srl (sistema tiorapsimo®), A.h.r.t.e. srl (Architectural heritage restoration through tailored engineering s.r.l.), spin-off dell'Università Politecnica della Marche, prof. ing. enrico Quagliarini, ing. Francesco Monni, sistema di cucitura tICOrAPsIMO® (Brevetto n. 1406989 DICeA, res.In.tec. s.r.l.).

tutti i disegni e le foto, dove non espressamente indicato, sono di Gianni Bretto. Matteo Minetti ha collaborato alla campagna fotografica e ai video in corso d'opera.

6.2 - IL LAVATOIO COMUNALE DI SANTA MARIA MAGGIORE

Progetto, relazioni e documentazione di SIMONE MALANDRÀ

6.2.1 - Elementi connotanti l'intervento



6.2-1



6.2-2

Fig. 6.2-1 e 6.2-2- Vasche del lavatoio di santa Maria Maggiore prima dei lavori. La vasca principale presentava vistose perdite laterali dalle pareti in muratura

6.2.1.1 - Classificazione dell'intervento

Edificio di muratura portante di pietra intonacata a calce, copertura a due falde con struttura lignea a vista e manto di copertura di beola tradizionale, inserito nel centro storico del Comune di santa Maria Maggiore, ai margini della piazza principale.

L'edificio è sottoposto a vincolo ai sensi dell'art. 10 del D. Lgs. n°42/2004 mentre secondo il P.r.G. vigente l'area d'ubicazione del fabbricato è «area a servizi esistenti» che permette interventi di restauro e risanamento conservativo.

La funzione svolta fino agli anni '70 del secolo scorso nell'edificio era quella di lavatoio comunale a servizio del centro abitato; negli ultimi anni è rimasto in disuso. L'Amministrazione in carica ha deciso nel 2012 di recuperare l'edificio con l'aiuto del programma Interreg - *AlpStone* (cfr. nota 1, Cap. 1), rifunzionandolo per fini culturali, educativi e artistici.

tra gli elementi di pregio vi erano la parte muraria con la struttura in pietra ancora in buono stato e le vasche di pietra. elementi di degrado e parzialmente compromessi erano le strutture di copertura (con alcuni elementi lignei in pessime condizioni) e il manto (parzialmente disconnesso e soggetto a evidenti infiltrazioni).

I requisiti normativi da rispettare erano principalmente quelli indicati dal P.r.G. che prescrivono il mantenimento dei caratteri tecnologici ed architettonici tipici della tradizione costruttiva locale.

6.2.1.2 - Elementi connotanti l'immagine dell'edificio

Il problema maggiore era dato dalla presenza di alcuni elementi lignei della struttura portante della copertura in avanzato stato di marcescenza: la sostituzione di questi elementi doveva essere effettuata mediante la parziale rimozione del manto di copertura e la conseguente risistemazione del manto originario.

All'esterno il lavatoio presentava una folta vegetazione infestante che negli anni ha danneggiato parte delle facciate con deterioramento dell'intonaco a calce.

Fig. 6.2-3 - Vista esterna del lavatoio di santa Maria Maggiore prima dei lavori.



6.2-3

6.2.1.3 - Elementi peculiari del progetto

nel rispetto totale dei caratteri costruttivi tradizionali locali, il progetto ha previsto la sostituzione parziale della struttura portante e il mantenimento del manto di copertura, con qualche necessaria integrazione.

sono stati posati nuovi canali di gronda e pluviali di rame, con relativi supporti, assenti precedentemente ma indispensabili per lo smaltimento corretto delle acque meteoriche, evitando così l'interazione delle stesse con il basamento delle murature portanti.

Per quanto riguarda le murature sono state tutte ripulite e liberate dalla vegetazione infestante e dalle porzioni di intonaco in fase di distacco, ammalorate o eseguite nel tempo con materiali non congrui.

tutto il basamento esterno è stato scrostato e reintonacato con un ciclo di intonaci a calce, con preventivo trattamento antisale.

Le porzioni di facciata nelle quali l'intonaco si presentava in discrete condizioni di conservazione sono state tinteggiate a calce, riproponendo così la finitura originale.

Infine è stata ripristinata, su altorilievo esistente sul fronte occidentale la scritta eseguita su intonaco a calce, riproponendo lo stile originario dei caratteri per forma e dimensione., le dimensioni e i caratteri di quella originale.

6.2.1.4 - Adattamenti in corso d'opera delle soluzioni progettate

In corso d'opera, in accordo con l'Amministrazione comunale e con la soprintendenza, è stato deciso di mantenere a vista la struttura lignea della copertura evitando di realizzare il solaio orizzontale di tavole lignee posate all'estradosso delle catene delle capriate.

Altra modifica al progetto, conseguente a un'attenta valutazione estetica con l'Amministrazione e gli organi di controllo, è stata quella di mantenere le murature perimetrali interne con la pietra a vista.



6.2-4

Fig. 6.2-4 - sostituzione dei puntoni marcescenti.

Fig. 6.2-5 - Parte del manto di *beole* della copertura è stato rimosso e poi ripristinato per permettere la sostituzione dei puntoni ammalorati.

Fig. 6.2-6 - rimozione dell'intonaco esterno ammalorato.



6.2-5



6.2-6

Dati tecnici dell'opera.

Committente: Comune di Santa Maria Maggiore

Progettista e direttore dei lavori: arch. Simone Malandra

Impresa esecutrice: Negri Geom. Ermanno s.r.l.

Inizio lavori: 12 novembre 2012

Fine lavori: 6 giugno 2014

Fig. 6.2-7 - Vista interna dopo i lavori. Le vasche in pietra sono state ripristinate eliminando tutte le perdite mediante l'utilizzo di un impermeabilizzante all'interno ed un intonaco a calce sulla parte esterna; sulle pareti interne l'intonaco ammalorato è stato rimosso e le pareti pulite con una spazzolatura leggera e mantenute con la pietra a vista.

Fig. 6.2-8 - Vista interna della copertura dopo i lavori.

Figg. 6.2-9 e 6.2-10 - Viste esterne del lavatoio dopo i lavori.

6.2.3 - Rifacimento parziale della copertura

Per la copertura le opere eseguite sono state:

- rimozione di una porzione della copertura su falda nord per una larghezza di 1.50 m,
- sostituzione della trave ammalorata,
- ricostruzione del pacchetto di copertura identico a quello esistente: *tampiare* e beole tradizionali.

L'intervento ha previsto inoltre la revisione generale del manto della copertura, per riposizionare e fissare le beole sconnesse dal gelo e dalla neve.

6.2.4 - Risanamento dell'intonaco esterno

esternamente è stato necessario intervenire sull'intonaco ammalorato. Il progetto di risanamento delle murature ha previsto lo scrostamento e il rifacimento completo dell'intonaco. Nello specifico è stato realizzato anche un trattamento antisale nella parte bassa della muratura, per un'altezza di circa 100 cm.



6.2-7



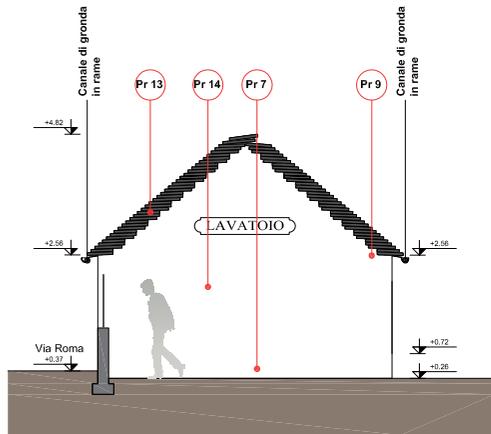
6.2-8



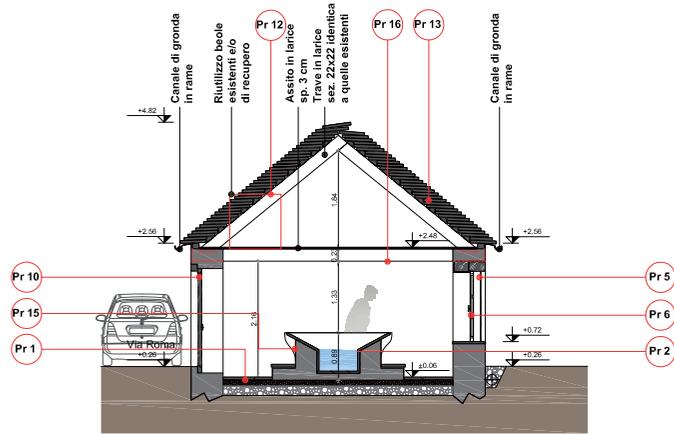
6.2-9



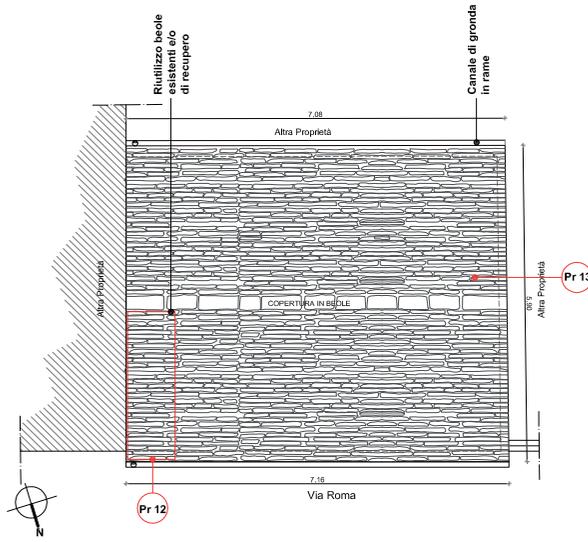
6.2-10



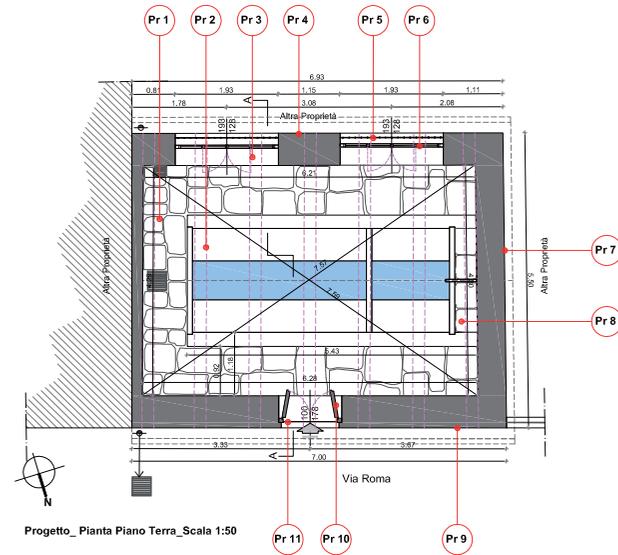
Progetto_Prospetto ovest_Scala 1:50



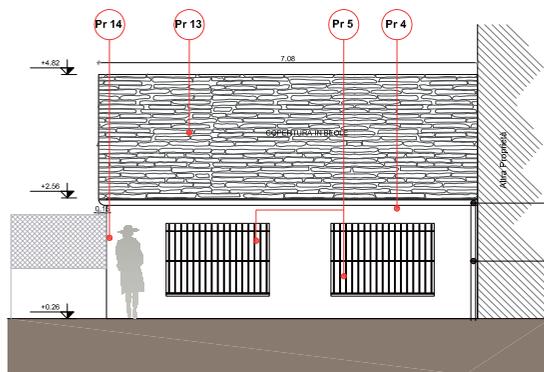
Progetto_Sezione A-A'_Scala 1:50



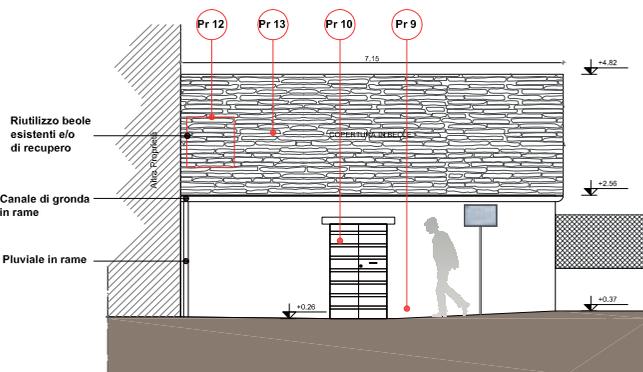
Progetto_Pianta di copertura_Scala 1:50



Progetto_Pianta Piano Terra_Scala 1:50



Progetto_Prospetto sud_Scala 1:50



Progetto_Prospetto nord_Scala 1:50

6.2-11

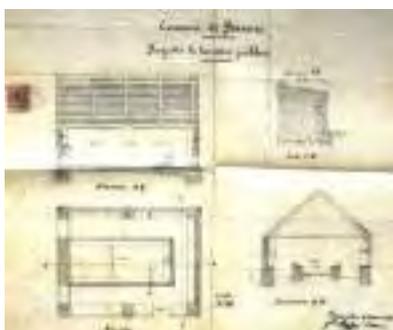
Fig. 6.2-11 - elaborati del progetto di restauro e risanamento conservativo del lavatoio di santa Maria Maggiore.

6.3 - IL LAVATOIO COMUNALE DI BANNIO DETTO "UL FUNTANÓN"

GIANNI BRETTA

6.3.1 - "Il Funtanòn"

nota - Per ragioni editoriali il testo originale è stato emendato da Marco Zerbinatti.



6.3-1

Fig. 6.3-1 - Progetto originale de "Ul Funtanón", t. Buffoni, 1898, china su tela da lucido, Archivio storico Comunale

nota 6.3-1 - e' pure possibile ricostruire le vicissitudini che portarono otto anni di ritardo sull'inizio dei lavori e dilatarono la durata del cantiere per due anni: furono anni di liti tra il Comune ed i privati a causa delle servitù per il passaggio della lunga tubatura di alimentazione, dalla presa ubicata nel rio delle Fontane a valle della frazione Parcineto sino al lavatoio, e per quella di scarico sino al rio Fossato a metà del sentiero Parniseti (attuale via Parniseti). si tratta di due tronconi dallo sviluppo rispettivamente di 290 m e di 185 m traversanti per lunghi tratti fondi privati, i cui proprietari in parte fecero opposizione.

Il lavatoio comunale di Bannio capoluogo, sito in via Albasini angolo via roma, lungo il tracciato dell'antica via per la Valsesia attraverso il passo di Baranca, sorge ai margini del centro storico e rappresenta un notevole esempio di architettura popolare perfettamente conservato senza grandi alterazioni, seppure interessato (a partire dalla fine degli anni '80 del secolo scorso) da fenomeni di lieve degrado delle murature e di avanzato degrado per quanto riguarda la copertura.

si tratta del secondo lavatoio di Bannio, costruito tra il 1906 ed il 1908 (su progetto del 1898) a servizio della parte alta dell'abitato, essendo l'altro lavatoio situato tra la piazza del Comune e l'Uriàl (P.za Mons. Cocchinetti). Dell'edificio è possibile ricostruire dettagliatamente la storia (dalla concezione alla realizzazione), seppur con alcune lacune, essendo gran parte della documentazione del suo *iter* conservata presso l'Archivio Comunale.¹

Dalle due tavole di progetto si deducono i nomi degli autori: si tratta del geometra Tommaso Buffoni di Piedimulera, che firma i disegni edili ed il capitolato (datati 27 marzo 1898), e del geometra Valentino Ghisoli di Calasca, che firma la planimetria del tracciato idraulico, redige una perizia di variante (datata 6 marzo 1906) e dirige i lavori. Di detta variante, citata nel *Verbale di Seduta del Consiglio Comunale del 7 luglio 1907 n° 823*, nell'Archivio Comunale non vi è traccia nei faldoni dedicati ai lavatoi.

Fig. 6.3-2 - Planimetria di Bannio (con Anzino fa comune solo dal 1929) ricavata dalla mappa rabbini, 1863, con evidenziata la trama viaria, l'agglomerato urbano, gli orti ed i cortili interni di pertinenza delle abitazioni, le posizioni dei lavatoi, e la sovrapposizione dei tracciati delle condotte di adduzione dell'acqua a servizio del lavatoio "Ul Funtanón" (elaborazione G. Bretta)



6.3.2 - La perizia di variante Ghisoli

L'edificio del lavatoio ha subito una modificazione quantitativa e qualitativa piuttosto importante.² Vediamo le differenze.

nel progetto Buffoni del 1898, le misure di pianta sono di 5,20 m x 7,50 m (nel disegno, in scala 1/50 la lunghezza è erroneamente quotata (6,50 m) per una superficie lorda di 39 m² .

Il rilievo dello stato di fatto, che dovrebbe corrispondere alla perizia Ghisoli, misura 9,25 m x 6,90 m, per una superficie di 63,83 m² . Quasi 25 m² in più.

L'altezza libera interna nel progetto del 1898 è di 2,35 m quotata sottotrave, mentre quella rilevata misura 2,85 m, 50 cm in più. L'altezza al colmo da progetto è di 4,85 m mentre in realtà è di 5,75 escluso lo spessore del triplo corso di piode del colmo, cioè 90 cm in più.

In conseguenza all'allungamento della pianta, sono state poste in opera altre due capriate. In origine dovevano essere cinque con interasse tra le catene di 1,75 m; ora sono sette con interasse di 1,45 m. Anche la luce delle medesime aumenta coll'aumentare della larghezza dell'edificio, si passa da una luce di 5,25 m a quella di 6,30 m, misurata in mezzeria dei dormienti. nel progetto originario le catene dovevano essere squadrate all'ascia, con sezione quadrata di 20x20 cm, e in legno di larice, mentre quelle in opera sono a sezione tonda di diametro medio 25 cm e sono di abete rosso, come tutti gli elementi della carpenteria originariamente previsti in larice. I soli correnti (*tampieér*) erano a capitolato originariamente previsti in peccia (abete rosso).

La parete est, in base al progetto Buffoni, doveva essere aperta, delimitata da un muretto basso (80 cm) sul quale s'impostavano le testate dei muri sud (provvisto di due finestre) e nord (cieco), oltre al pilastro di mezzeria (60x60 cm). La banchina delle capriate avrebbe poggiate sulle due testate e sul pilastro mediano ed era stata disegnata di sezione identica a quella delle catene. Il muro a ovest era pure cieco e dotato di una risega a quota +80 cm, allo stesso livello del muretto a est, e che continua anche nella parete nord. simmetricamente al pilastro del lato est è posizionata una lesena (60x30 cm), mentre in luce alla lesena ed alle testate dei muri trasversali, la risega del muro va a formare due nicchie simmetriche il cui muro di tamponamento si riduce di 30 cm in sezione. Un disegno che ripete il tipo più diffuso all'epoca.

Il lavatoio così come lo vediamo oggi presenta altre modificazioni. L'ingresso è stato spostato dalla parete est (fianco) a quella nord (facciata) in cui sono ricavate due porte gemine, provviste di battuta e cardini infissi direttamente nel muro, senza telaio fisso, per le quali è logico aspettarsi che fossero dotate di cancelletti di legno a tre quarti d'altezza a stecche verticali (tipo assai diffuso ai primi del '900). Le pareti est e ovest presentano quattro nicchie, tutte dotate di piano d'appoggio alla quota 98-100 cm dal pavimento finito con copertina in piodoni lavorati a punta. Le due lesene di mezzeria, simmetriche, mutano di sezione raggiungendo le dimensioni di 150x30 cm. Due delle nicchie sono state dotate infine di finestre, a tre ante, due fisse e una apribile,

nota 6.3-2 - Il 7 luglio 1906 il geom. Ghisoli invia la seguente lettera al sindaco di Bannio Bartolomeo Cocchinetti

egr. sig. sindaco di Bannio

1-7-906

ritorno alla s.V. la pratica del lavatoio pubblico. Ho approntato al progetto le modificazioni volute. non ritenni però né utile né conveniente, sezionare le due vasche di cui si compone il lavatoio, inquantoché il progetto venne fatto in base ai bisogni, alle necessità ed alla quantità di abitanti della frazione centro di Bannio. Assicuro che il progetto tale e quale com'è risponde ad usanza al bisogno del paese: il sezionamento delle due vasche pregiudicherebbe, anziché essergli di giovamento, il lavatoio in parola, perché riuscirebbe impossibile mantenere completamente indipendenti più vasche, mentre ciò è possibile trattandosi di due sole vasche. sempre a'suoi (...) * l'opera mia potesse essere utile, aggradisca i più cordiali ossequi.

* (grafia illeggibile)

f.to

Geom. V. Ghisoli



6.3-3

Fig. 6.3-3 - sovrapposizione planimetria originale (1898) e stato di fatto (supposta perizia di variante 1906)

in posizione antisimmetrica. La parete ovest è quella che vede meno modifiche, rimanendo sostanzialmente fedele al progetto Buffoni. Essa è dotata di due finestre (simmetriche alla vasca) di soli 20 cm più larghe del previsto, a due ante apribili divise in tre riquadri per ogni anta.

nel *Computo Metrico e Stima dei Lavori*, redatto dal geom. Buffoni il 27 marzo 1898, al Capo II, al n° d'ordine 2 è computata la muratura in pietra "proveniente dalla demolizione della vecchia tettoia", e solo da questo sappiamo che sul luogo vi era una copertura preesistente; e visto che alla voce n° 17 prima citata si tratta di sostituzione di tubatura è facile immaginare che si trattasse come minimo di una fontana coperta se non di un lavatoio. Di quale fattura fosse non possiamo saperlo, certo è che doveva avere delle dimensioni di poco inferiori a quelle del lavatoio in progetto, visto che si recuperano 33,66 m³ di pietrame dalla demolizione (non ben precisata) di: perimetro (dallo sviluppo di 24,20 m), risalto e parapetti, (in Capitolato è indicata la cifra di 28,582 m³, per un errore di calcolo). Pure le piode della vecchia tettoia sono recuperate (Capo IV - n° d'ordine 11) e computate in m² 60 a cui andranno aggiunte le nuove stimate in m² 10 (n° d'ordine 12).

Che siano stati impiegati materiali di recupero è evidente anche dalla presenza di una trave di evidente reimpiego, molto probabilmente una catena, squadrata all'ascia ed accostata ad altri due elementi a formare l'architrave che sovrasta le porte binate d'ingresso.

nel progetto del '98 l'acquedotto di adduzione è previsto "i n muratura con malta di calce e sabbia di cava coperto in vivo e selciato di luce 0,20x0,20 per ml 70" (Capo V - lavori diversi - n° d'ordine 16 del Capitolato) e in tubo di piombo di diametro 1" e ½ per ml 90 (Capo V - lavori diversi - n° d'ordine 17), la voce n° 16 è relativa a una sostituzione, quindi si deve dedurre che esisteva un precedente impianto. Anzi questo fatto è confermato dal tipo planimetrico redatto dal geom. Ghisoli, in cui sono ben distinti i tracciati sia della vecchia che della nuova condotta e del canale di scarico. Lo sviluppo dell'acquedotto dedotto dalla planimetria Ghisoli è il seguente: 290 m per quello di suo progetto (1906), 285 m per il rilievo di quello esistente e che - si deduce - Buffoni volesse parzialmente riparare. Difatti la lunghezza totale (160 m) della stima Buffoni non coincide con quella della planimetria Ghisoli. Vi si nota pure che la vecchia tubatura scorreva sotto la casa Bionda - di sapore tessenowiano - da poco costruita (1901) dalla famiglia di capimastri banniesi di ritorno dall'emigrazione in Uruguay ed Argentina.

Il tracciato Ghisoli scorre parallelo al preesistente e devia a 70 m a monte della casa Bionda dal percorso precedente, la cui vecchia tubatura viene limitata a fornire d'acqua la fontana posta nel cortile, e pure quella pubblica a ridosso del lavatoio. Il lavatoio viene quindi dotato di un'alimentazione del tutto indipendente. nel suo progetto Ghisoli prevede pure una "bocca per incendio" segnata con la lettera A ad una decina di metri prima dell'ingresso della tubatura nel lavatoio. Viene progettato pure un nuovo canale di scarico, lungo ben 185 m (dal Fun-tánon, sino al crotto del fossato, in luogo di quello previsto dal Buffoni e che risultava di soli 10 m e che presumibilmente si immetteva nei

fondi prospicienti, ancor oggi adibiti ad orto/giardino.

Ora veniamo alla vasca: Buffoni la progetta divisa in due sezioni, quella a monte direttamente servita d'acqua da una tubatura in piombo, quella a valle dotata di scarico e troppo pieno e servita d'acqua per tracimazione dalla prima. Dettaglia il progetto con un particolare costruttivo in scala 1/20 risolvendo brillantemente le connessioni tra il rivestimento interno verticale e la lavandaia con un giunto a dente doppio, (Cfr. Capitolato - Capo III - n° d'ordine 10 - lavandaia in pietra da taglio rifilata a squadra viva e lavorata a punta fina nelle parti viste posate e sigillate con cemento di prima qualità di 0,16x0,10x0,50 in sei pezzi ml 12,60x0,13x0,50).

Notevole la sezione della lavandaia, ad andamento trapezio con finitura a toro sul bordo esterno e a dente su quello interno, e con spessore decrescente dall'esterno (16 cm) all'interno (10 cm). In opera attualmente la sezione delle lavandaie è rimasta quella disegnata da Buffoni, tuttavia i singoli pezzi sono notevolmente aumentati nelle dimensioni lineari, la testata della vasca è risolta mirabilmente con due soli pezzi da 135 cm che risvoltano ad angolo per circa 80 cm sui due lati, l'angolo solido di compluvio tra i due piani inclinati della lavandaia sono pertanto risolti magistralmente in un sol pezzo. Lungo fianchi la lavandaia è formata da soli tre pezzi per parte. I pezzi sono uniti tra loro da grappe metalliche piombate lungo il bordo esterno. Il lavoro dello scalpellino è pregevole e quello del muratore pure: non si nota a vista (né al tatto) la benché minima connessione, né col tempo hanno patito movimento alcuno.

Ghisoli risponde a una richiesta del Comune con la lettera riportata in nota, dove esclude che si possa sezionare ulteriormente la vasca. Oggi, di fronte a noi abbiamo una vasca tripartita. Ghisoli scrive che l'ulteriore sezionamento ne pregiudicherebbe l'uso poiché sarebbe impossibile mantenere più di due vasche indipendenti.³

Vediamo le misure delle vasche a confronto:

Lavatoio BANNIO	Totali esterne (muri compresi)	misure interne nette			profondità vasca
		vasca n°1	vasca n°2	vasca n°3	
MISURE espresse in metri	(muri compresi)	vasca n°1	vasca n°2	vasca n°3	profondità vasca
Vasca progetto Buffoni	2,55 x 5,20	1,55 x 2,70	1,55 x 2,20	-	0,8
Vasca variante Ghisoli (?)	2,70 x 6,70	1,70 x 1,80	1,70 x 4,30	-	0,8
Vasca attuale (Ghisoli sezionata?)	2,70 x 6,70	1,70 x 1,80	1,70 x 2,00	1,70 x 2,20	0,8

Il problema del flusso delle acque grigie che tracima da una vasca all'altra rimane uno dei nodi fondamentali da sciogliere nel tipo a due vasche comunicanti. sussiste con urgenza quando il lavatoio è praticato contemporaneamente da un numero di utenti superiore a quello che permetterebbe una razionale rotazione tra vasca di lavaggio (quella che

nota. 6.3-3 - e aveva ragione, l'alimentazione prevista sia nel progetto Buffoni che nella sua variante, è a carico della prima vasca la quale trabocca nella seconda e poi scarica. Quindi lavando nella seconda vasca l'acqua sporca evacua per prima dallo scarico mentre l'acqua pulita continua a immettersi. La prima vasca ha conservato l'acqua pulita per il risciacquo. Ciò in una situazione ideale, ossia quando fossero disposte all'opera tre lavandaie per ogni lato della sezione lavaggio più due in testa sul lato nord, e tre per i due lati della vasca di risciacquo.

non è necessario aver letto *L'assomoir* di emile Zola, per intuire che tale suddivisione "tayloristica" è tanto ideale quanto poco praticabile, pur non essendo paragonabili le atmosfere tese e a volte violente degli enormi ed affollati *lavoirs* parigini con quelle di un piccolo lavatoio alpino.

scarica) e vasca di risciacquo (quella che carica). Fu parzialmente risolto a Capriasca con un impianto a tre vasche, in cui la vasca di carico è in posizione centrale, e da questa l'acqua sciolma nelle due laterali. Con ciò si hanno due vasche rifornite di ricambi d'acqua pulita se queste vengono usate una per il lavaggio e l'altra per il risciacquo. Oppure le due laterali per il lavaggio e quella di carico per il risciacquo. Il primo lavatoio che in Ossola ha risolto questo problema in modo razionale è quello di Malesco, la cui costruzione fu avviata nel 1895. Al centro del locale sono collocati otto vasconi, quattro per ogni lato. Ogni vasca è lunga 190 cm, è larga 115 cm ed è alta all'esterno 85 cm, è provvista di alimentazione e di scarico individuale. Consentiva a tre donne di lavare contemporaneamente, per cui il lavatoio aveva la capienza di ventiquattro lavandaie.

A Bannio il problema fu finalmente risolto, forse in corso d'opera (dapprima parzialmente poi completamente) pochi anni dopo. Dall'analisi a vista del manufatto parrebbe che Ghisoli avesse deciso di tripartire la vasca durante la costruzione, visto che gli elementi di separazione appaiono coevi e non si notano aggiunte successive. Veniva anche risolto il problema degli scarichi separati, praticati al centro di ogni vasca con un tubo verticale di troppo pieno rimovibile per svuotare la singola vasca. Allo stesso tempo, oggi si nota che ogni singola vasca viene alimentata direttamente (senza passare per la vasca di carico), per mezzo di un tubo Mannesman posto longitudinalmente in asse alle vasche, sospeso mediante piatte sagomate in ferro battuto alle capriate e dotato di due raccordi a T ed uno a L (terminale). In questo modo si incrementa notevolmente la capacità di ricambio d'acqua di tutte le vasche e si riduce al minimo il deflusso di acqua grigia da una vasca all'altra. Così ogni vasca può essere usata in modo indipendente poiché nel tempo tra lavaggio e risciacquo l'acqua sporca e saponata ha il tempo di defluire e fino a quattordici lavandaie possono operare contemporaneamente. nel caso di capi ingombranti o molto sporchi è sempre possibile utilizzare a salire una vasca per il lavaggio e le altre

Fig. 6.3-4 - Foto interna (G. Bretto , 1984).

Fig. 6.3-5 -stato di fatto ante restauro (foto A. DA PrA), 2006.



6.3-4



6.3-5

due per il primo ed il secondo risciacquo.

non ci è dato sapere se tale innovazione idraulica sia stata coeva ai lavori di sistemazione del 1906 o di qualche anno successiva, questa seconda ipotesi parrebbe suffragata dalla presenza nel faldone dei documenti d'archivio dei cataloghi della ditta Macchi & C.⁴ successivamente sono stati parzialmente sostituiti con elementi analoghi in ferro zincato.

6.3.2 - Degradamento dei materiali e carenze statiche

L'edificio, è costituito da setti di muratura portante (pietrame legato da malta di calce idraulica, forse la pregiata *Calce di Calasca*, di produzione locale) con nicchie e finestre, è coperto dalle caratteristiche capriate all'ossolana col manto di *piode*. La copertura (al momento della perizia, 2006) versa in stato di avanzato degrado dovuto a tre principali fattori combinati tra loro sinergicamente:

a. contrariamente a quanto prescritto in capitolato, il legname usato per le capriate non è di larice ma di abete rosso, specie assai meno resistente alle patologie lignee;

b. Il notevole grado di umidità relativa del microclima interno all'edificio, dovuto all'evaporazione dell'acqua delle vasche, ha favorito il sorgere di tre caratteristiche patologie del legno:

- L'attacco di insetti xilofagi
- L'insorgenza delle carie brune
- L'insorgenza delle carie bianche

c. la mancata manutenzione del manto di copertura di *piode* ha causato infiltrazioni d'acqua meteorica che hanno favorito la marcescenza delle carpenterie e il degrado di ampie zone di intonaco.

Lo stato avanzato di consunzione del legname in opera ha fortemente ridotto le sezioni resistenti degli elementi (in numerosi punti nelle travi aventi sezioni circolari medie di 30 cm di diametro il succhiello

nota 6.3-4 - Casa fondata nel 1867, con sede in Milano, edizioni aprile 1927 e novembre 1928, dove i pezzi (tubi in ghisa, raccordi, valvole di chiusura e riduzione) impiegati ed in opera sino agli anni '80 sono tutti presenti.

Fig. 6.3-6 - Logo della ditta Macchi & C.



6.3-6

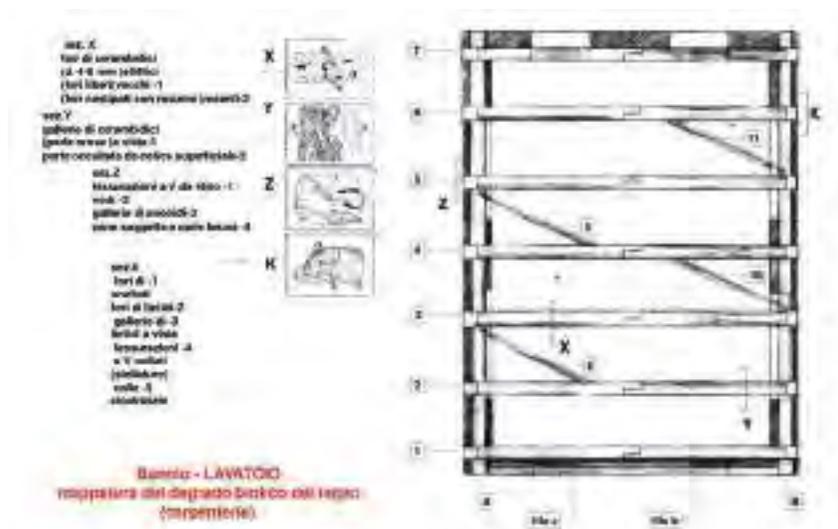


6.3-7

Fig. 6.3-7 - Interno post restauro, 2011

Fig. 6.3-8 - Mappatura delle patologie biotiche lignee

Fig. 6.3-9 - Interno con lavandaia, 2011



6.3-8



6.3-9



6.3-10

Fig. 6.3-10 - esterno (foto s. ruggieri), 2011

Fig. 6.3-11 - Foto di cantiere, particolare della posa delle piode, originali di reimpiego e nuove

Fig. 6.3-12 - Foto di cantiere, interno, 2011



6.3-11



6.3-12

penetra per circa 10 cm senza incontrare resistenza alcuna), tanto che tra gli anni '80 e '90 si intervenne con puntelli e sottocapriate di rinforzo, per evitare il collasso di alcuni nodi strutturali o la rottura delle travi stesse. A un esame a vista, data la presenza di rosime fresco intorno ai fori di sfarfallamento, è stato possibile dedurre che l'attacco degli insetti xilofagi era ancora in atto per ciò che riguarda gli Anobidi, mentre sembrava cessato per ciò che riguarda i Cerambicidi. La presenza di patologie ancora in atto è stata riscontrata su tutti gli elementi costituenti le capriate e i correnti.

L'intera struttura del tetto era fortemente compromessa e versava in gravi condizioni statiche con rischio di collasso.

Le murature erano interessate localmente da fenomeni di risalita capillare, dovuti a perdite localizzate provenienti dalla fontana esterna, e dalle infiltrazioni dalla copertura. Non vi erano evidenti segni di dissesto nelle murature non essendo stata rilevata nessuna fessurazione importante. (Cfr. GIANNI BRETTO, *Relazione Tecnica di Analisi del Degrado e di Restauro*, 2006).

6.3.3 - Interventi di manutenzione e restauro (progetto)

non essendo le opere di carpenteria dotate di particolare e pregevole fattura (il loro valore architettonico e strutturale era riconducibile più allo schema statico d'insieme e alla sua organizzazione spaziale tridimensionale, che alla consistenza materiale di ciascun singolo pezzo), sono stati limitati gli interventi volti alla conservazione della materia e sono stati sostituiti gran parte degli elementi strutturali con altri identici per forma e dimensioni, con legno di larice o castagno. Dove per motivi costruttivi non è stato possibile smontare l'elemento ligneo, perché ammorsato alle murature, come nel caso della catena della capriata a sud, contenente in luce il timpano di muratura, si è provveduto alla sua disinfezione ed al suo consolidamento – *extrema ratio* – con resine. L'uso di quest'ultime fu proposto previa l'esecuzione di opportune analisi e prove di compatibilità, essendo come è noto un tipo di intervento irreversibile e che in molti casi ha dato luogo, nel tempo, a fenomeni di rigetto. (Cfr. GIANNI BRETTO, *Relazione Tecnica di Analisi del Degrado e di Restauro*, 2006).

Per ciò che riguarda gli intonaci, è stata prevista la pulizia delle porzioni interessate dalla presenza di microalghe verdi con biocidi opportuni, mentre l'integrazione delle parti degradate della muratura è stata effettuata con malta a base di calce idraulica naturale e sabbie di granulometria e colore simili all'originale, con l'aggiunta, dove necessario di additivi porogeni. Il pavimento di *piode* è stato integrato nelle parti mancanti con lastre di *gneiss* a spacco naturale (per distinguerle dalle originali lavorate a punta ordinaria) e bordi tranciati a mano secondo il casellario prodotto nell'esecutivo. (Cfr. GIANNI BRETTO : *Relazione Tecnica di Analisi del Degrado e di Restauro*, 2006).

6.3.4 - Esecuzione

Il cantiere non ha presentato particolari problemi essendo stato codificato l'intervento nei minimi dettagli ed i lavori affidati ad artigiani locali dalla comprovata esperienza nell'esecuzione delle carpenterie lignee e nella copertura di *piode* tradizionali, oltre che nell'uso di malte a base di calce idraulica naturale. Il legname (larice) era di provenienza locale, tagliato su misura dalla segheria del paese. A causa della difficoltà nel reperire tronchi che raggiungessero in un sol pezzo la lunghezza delle banchine (9 m e 25 cm), queste sono state poste in opere sezionate in due parti, pertanto la capriata sud, il cui tamponamento è costituito dal timpano in muratura di scaglie di pietrame ed abbondante malta, non è stata rimossa (a un'analisi più puntuale sia la capriata che i monconi di banchina non sono risultati affetti da patologie del legno), e sono stati pertanto conservati in opera e raccordati alle banchine posate ex-novo. L'esecuzione della carpenteria ha seguito scrupolosamente i dettami della tradizione, tranne che nell'uso dei *cavič* (le caviglie dimaggiociondolo) che bloccano i *tampiéer* (i correnti su cui si posano le *piode*), sostituiti da viti da carpenteria, mentre i *biröy*, perni lignei che fermano la giunzione a mezzo legno del vertice della capriata, sono stati utilizzati esattamente come da antica prassi. I controventi di falda, anziché essere fissati sulla banchina, sono stati incastrati sulla catena a lato dell'imposta del puntone, e questo per via del fatto che la banchina presenta delle soluzioni di continuità.

Per la copertura sono state reimpiegate circa il 70% delle *piode* originarie integrate con *piode* nuove. Queste ultime sono state utilizzate a "macchia di leopardo" per meglio mischiarsi con quelle originarie, ed in attesa della loro naturale ossidazione, abbassare l'impatto visivo complessivo delle falde.⁵

Fig. 6.3-13 -Planimetria e sezioni dello stato di fatto con indicazione delle patologie degli intonaci.

Fig. 6.3-14 Foto mappatura degrado (Cfr. immagine con legenda) (foto A. Da Prà) ,2006



6.3-13

nota 6.3-5 - I lavori furono iniziati e terminati tra settembre ed ottobre 2011, e l'edificio venne inaugurato il 15 ottobre con una grande festa cui parteciparono le autorità locali, la popolazione, ed in cui spiccò la partecipazione di un gruppo del folklore locale *Ij Mateon d' l'Arkòn*, che abbigliate coi vestiti (filologicamente corretti) in auge nel XIX sec. si esibirono nel lavar i panni con tanto di spazzole di saggina, liscivia e sapone di Marsiglia.

Dati tecnici dell'opera.

Committente: Comune di Bannio Anzino.

Progetto finanziato coi fondi del Programma di Cooperazione europea LeADER Plus 2006/2013.

Cofinanziatori: Comune di Bannio Anzino, GAL Azione Ossola, Fondazione Comunitaria del VCO.

Assessori competenti: Guido tonietti, sindaco con delega ai LL PP e silvia ruggieri con delega alla cultura.

RUP: Michele Umericelli, Ufficio Tecnico di Bannio Anzino.

Funzionario della soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici del Piemonte: Lisa Accurti.

Progetto e Direzione Lavori: Moreno Bossonne e Fabrizio Bianchi, studio Geogroup.

Consulenza per il restauro ed esecutivi della carpenteria lignea: Gianni Bretto.

Artigiani: Walter Prandini con Luca Vanoli (Bannio Anzino).

Cronologia del progetto:

- progetto preliminare, dicembre 2002

- progetto definitivo-esecutivo, 2006

Cantiere:

- settembre-ottobre 2011



6.3-14

BIBLIOGRAFIA

CAPITOLO 2

- ALIPR ANDI L. e G., *Le Grandi Alpi nella cartografia 1482-1885*, Priuli & Verlucca, Ivrea, 2005
- BAtZInG W., *Le Alpi*, Bollati Boringhieri, Torino, 2005
- BeLLInI G., COLOMBO M., *I collegamenti viari nel Cantone Ticino nel corso dei secoli*, in *Le vie di comunicazione storiche nel Cantone Ticino*, Ufficio federale delle strade (USTRA), Berna, 2006
- Ber ALDIn J.A., BLAIS F., BOULANGER P., COUMOYER L., DOMEY J., e L-HAKIM S., GODIN G., r IOUX M., t AYLOr J., *Real world modeling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 55, 4, 2000
- Ber ALDIn J.A., BLAIS F., COURNOYER L., r IOUX M., Bernler F., HARRISON n., *Portable digital 3-D imaging system for remote sites*, in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 5, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998
- BerG AMASCHI A., *Cannobina. La Borromea e dintorni*, Alberti Libraio Editore, Verbania, 2011
- Ber AMInI t., *Storia di Montecrestese*, Edizioni Oscellana, Domodossola, 1991
- BIz V., *Les routes ont une histoire*, in *Les chemins historiques du canton du Valais*, l'Office fédéral des routes (OFROU), Bern, 2003
- BOndArDI L., *I versanti terrazzati dell'arco alpino: tecniche costruttive e modelli formali*, in SCARAMELLINI G., VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino - Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008
- Br ANCUCCI G., MAsETTI M., *I sistemi terrazzati: un patrimonio, un rischio*, in SCARAMELLINI G. e VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino - Atlante*, Marsilio Editori, Venezia, 2008
- Br ANCUCCI G., PALIAGA G., *I problemi della mappatura: l'esperienza della Liguria*, in Scaramellini G. e Varotto M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino - Atlante*, Marsilio Editori, Venezia, 2008
- BrO VELLI M. A., CInA A., CreSPI M., LInGU A A., MAnZInI A., GARRETTI L., *Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala*, *Linee guida*
- CAVALLARl MURAt A., *Classificazione dei materiali e delle opere in base al concetto di "individualità costruttiva"*, in: "Atti e Rassegna Tecnica", Torino, 1952. CONTI G. M., ONETO G., *Paesaggio di Pietra, Alberi e Colore. L'architettura tradizionale nel Verbano-Cusio-Ossola*, Alberti Libraio Editore, Verbania 2008
- CONTI G. M., ONETO G., *Paesaggio di pietra, alberi e colore - L'architettura tradizionale nel Verbano-Cusio-Ossola*, Alberti Libraio Editore, Intra, 2008
- CrOs A LenZ P., r AGOZZA P.A., *La linea Cadorna nel Verbano Cusio Ossola*, Provincia del Verbano Cusio Ossola, Verbania, 2007
- DeMAtteIs L., 1985, *Case contadine nelle valli dell'Ossola*, Cusio e Verbano, Priuli & Verlucca, 2005
- DeMAtteIs G., COrrADO F., DIGIOIA A., *Nuovi montanari. Abitare le Alpi nel XXI secolo*, Frando Angeli, Milano, 2014
- DIPArTImento DI ArCHItettUrA e PIANIFICAZIONE - POLItE CnI CO DI MILANO, *Report metodologico sull'utilizzo di immagini SPOT per la redazione di una mappa di copertura del suolo delle Province di Novara e Verbano-Cusio-Ossola relativa all'anno 2007*, 2010
- DIPArTImento DI ArCHItettUrA e PIANIFICAZIONE - POLItE CnI CO DI MILANO, *Report metodologico relativo alla produzione della carta di uso/copertura del suolo della Lombardia al 2008*, 2010
- e L-HAKIM S., Ber ALDIn J.A., BLAIS F., *A comparative evaluation*

- luation of the performance of passive and active 3-D vision systems, in E.A. Fedosov (ed.), SPIE Proceedings, Conference on Digital Photogrammetry and Remote Sensing, 2646, St. Petersburg, 1995
- eURoPe An CoMMIssION – DIre Cto - r Ate Gener AL Jr C – JOInt r e - se Ar CH Centre – SPACe APPLICATIOnS InstItUte – AGRI COLUre AnD r eGIOn AL InFOrM AtION SySteMS UnIt, *CORINE Land Cover – Technical guide*, ETC/LC European Environment Agency, 1997
- FASOLInI D., MANETT A S., *Uso del suolo in Regione Lombardia – Atlante descrittivo*, Regione Lombardia - direzione generale Territorio e Urbanistica
- FASOLInI D., SALE V. M., *Uso del suolo in Regione Lombardia- I dati Dusaf, edizione 2010*, Regione Lombardia - direzione generale Territorio e Urbanistica, Milano, 2010
- FONt An ArI e., *Norme e politiche*, in SCARAMELLInI G. e VAROtTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008
- G.A.L. Laghi e monti del Verbano Cusio e Ossola s.c.a.r.l., *Studio per la realizzazione degli interventi di restauro e di valorizzazione sul patrimonio locale. Manuale per il recupero architettonico*, Domodossola, 2013
- GARBerI M.L., CAMPIANI e., VIGILANTE e., *Il database dell'Uso del Suolo "Storico" della Regione Emilia-Romagna derivato dalla cartografia preunitaria (1828 -1853)*
- GrUen A., r eMONDInO F., ZHAnG L., *Photogrammetric reconstruction of the great Buddha of Bamiyan, Afghanistan*, The Photogrammetric Record, 19, 107, 2001
- GUAMlerI A., r eMONDInO F., VEt - tOre A., *Digital photogrammetry and TLS data fusion applied to Cultural Heritage 3D modeling*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36, 5, on CD-Rom, 2006
- GUIDI G., r USSO M., BER ALDIn J.A., *Acquisizione e modellazione poligonale*, Milano, McGraw-Hill, 2010
- HAUSSM Ann G., *Suolo e società*, Istituto Sperimentale per le colture foraggere, Lodi, 1986
- HeGLAnD A., VOn Cr AnACH P., (a cura di), *Manuel méthodologique - Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse*, Université de Berne/ViaStoria, Berne, 1999
- HÖCHtL F., LeHrInGer s., *Agire o non agire: strategie future di conservazione per il parco nazionale della Val Grande*, relazione finale del Sub-progetto del programma INTERREG IIIA "Paesaggio transfrontaliero da promuovere e valorizzare", ottobre 2004
- MeLLAnO, F., MOrr A, L., nEL - VA, r ., *Proposta di simbologia convenzionale dalla cartografia di aggregati montani*. In: Bollettino della società italiana di fotogrammetria e topografia, Torino, 1973
- LENS CH.H.P.A., GOESELe M., KAUTZ M., SeIDeL H.P., *A framework for the acquisition, processing, transmission, and interactive display of high quality 3D models on the web*, in Tutorial Notes for DAGM 2001, München, 2001
- MARtInI L., *Storia, regole, parole degli alpi*, in Luciani D., *Val Bavona*, Fondazione Benetton Studi Ricerche, Treviso, 2006
- MARtInI P., *Vita e abbandono degli alpi*, in Luciani D., *Val Bavona*, Fondazione Benetton Studi Ricerche, Treviso, 2006 (I edizione 1970)
- MARtInI S., PESCE G., De FR AnCHI r ., *Manuale per la costruzione dei muri a secco*, Parco Nazionale delle Cinque Terre
- MODICA G., Pr AI CÒ S., POLLInO M., DI FAZIO S., *Geomatics in Analysing the Evolution of Agricultural Terraced Landscapes*, in MURG Ante B. et al. (a cura di): ICCSA 2014, Part IV, LNCS 8582, Springer International Publishing Switzerland, 2014
- MÜLLer P., WOnKA P., HÄGLer S., ULMer A., VAn GOOL L., *Procedural modeling of buildings*, ACM Transactions on Graphics – Proceedings of ACM SIG-

GRAPH 2006, 2006

n eLVA r ., *Metodi e strumenti di rilevamento e di analisi delle strutturazioni degli aggregati montani*, in *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Quaderno del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi edilizi e Territoriali, n. 9, Libreria Editrice Universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1984

n eLVA, R., DesIDerI E., n oVello MAss AI G., *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali, Quaderno di Dipartimento n. 9, Lib. Editrice Universitaria Levrotto&Bella, 1984

n oVello MAss AI G., *Analisi integrate dei dorf di Betta, Biel e Selbsteg nell'alta valle del Lys (Gressoney la Trinitè)*, in *Tecniche di analisi delle strutturazioni degli aggregati edilizi in territorio montano*, Quaderno del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi edilizi e Territoriali, n. 9, Libreria Editrice Universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1984

OFFICe FeDer AL De LA st AtIstI - QUe, *L'utilisation du sol: hier et aujourd'hui. Statistique suisse de la superficie*, Neuchatel, 2001

PteMOntese L., PerOttO C. (a cura di), *Carta della copertura del suolo. Provincia di Latina. Informazioni per la pianificazione e gestione del territorio*,

Gangemi Editore, Roma, 2004

PtiteLOUD L., Pr ALOnG J., *Les murs en pierres seches - Rapport final*, SEREC, 2001

r AMOnI r ., *I terrazzamenti di Viganella: un'ipotesi di rivalorizzazione*, tesi di laurea triennale, Università degli Studi di Milano, relatore Luca Bonardi, 2013

r eGIOne PteMOnTe , *Piano Paesaggistico Regionale*, adottato con Decreto della Giunta regionale n. 53-11975 del 4 agosto 2009

r eMOnDInO F., eL-HAKIM S., *Image-based 3D modelling: A review*, Photogrammetric Record, 21, 115, 2006

r eMOnDInO F., Fr Aser C., *Digital camera calibration methods: Considerations and comparisons*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Commission V Symposium, Dresden, 36, 5, 2006

r ODeWALD r ., *Instrumente zur nachhaltigen Entwicklung der Terrassenlandschaften*, Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, Bern, 2007

r ODeWALD r ., *Proterra: Erhaltung der Terrassenlandschaften der Schweiz*, in *Geomatik Schweiz*, 2005, n. 2

r ODeWALD r ., SCHWYZer Y., LLeCHt K., *Catalogue des paysages culturels caractéristiques de*

Suisse, Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage, Berna, 2013

r UssO M., r eMOnDInO F., GUIDI G., *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, Archeologia e Calcolatori 22, 2011

S ALsA A., *Etnografia e insediamenti umani nelle Alpi*, in *Montagna da vivere – Montagna da conoscere*, Club Alpino Italiano, Milano, 2013

S CAr AMeLLInI G., VArOttO M., *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino*, Marsilio, 2008

S IMOn H. A., *The Sciences of the Artificial*, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 3rd edition, 1996 (1st edition 1969)

S OUCY M., LAUrenDe AU D., *A general surface approach to the integration of a set of range views*, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 4, 17, 1995

S CArZeLL A P., *Introduzione all'esame critico e classificatorio dei processi autoformativi di cellule e tessuti*, in: Istituto di Architettura Tecnica del Politecnico di Torino, *Forma urbana ed architettura nella Torino barocca [...]*, Torino, UTET, 1968

VerG AUWen M., VAn GOOL L., *Web-based reconstruction service*, Machine Vision and Applications, 17, 6, 2006

- SCARZELLA P., ZERBINATTI M., *Recupero e conservazione dell'edilizia storica*, Firenze, Alinea, 2009. BERGAMASCHI A., *Cannobina, La Borromea e dintorni*, Alberti Libraio Editore, Verbania, 2011
- STOLL G., *Directive pour la construction de murs en pierres sèches*, Federazione Svizzera Costruttori muri a secco FSCMS, 2012
- USTRUZZI A., CFM, CFNP (ed.), *La conservazione delle vie di comunicazione storiche. Guida tecnica di applicazione. Aiuto all'esecuzione per il traffico lento n. 8*, Berna, 2008
- VAROTTO M., FERRARESE F., *Map-patura e classificazione geografica dei paesaggi terrazzati: problemi e proposte*, in SCARZELLA P., BERGAMASCHI A., VAROTTO M. (a cura di), *Paesaggi terrazzati dell'arco alpino – Atlante*, Marsilio, Venezia, 2008
- VIASTORRA AG, FALAPPI G.P., *Guida terminologica all'inventario federale delle vie di comunicazione storiche della Svizzera*, Ufficio federale delle strade USTRA, settore Traffico lento, Guida tecnica di applicazione. Aiuto all'esecuzione per il traffico lento n. 128, Berna, 2013
- VOLOHO P., *Alte Griesstrasse*, INTERREG ItinerAlp: vie storiche attraverso le Alpi, Gravelona Toce, 2001
- ZERBINATTI M., *Catasti storici e territorio*, in Comoli V., Very F., Fasoli V., (a cura di), *Le Alpi*, Celid, Torino, 1997
- ## CAPITOLO 4
- BERTAMINI T., *Storia di Montecrestese*, Oscellana, Domodossola, 1991
- BERTAMINI T., MOSELLORIO, *Il clima in A.A.VV*, Terra d'Ossola, Ed. Grossi, Domodossola, 2005
- BORRI A., CANGI, G., DE MARIA A., *Caratterizzazione meccanica delle murature (anche alla luce del recente sisma in Emilia) e interpretazione delle prove sperimentali a taglio*. In www.ingenioweb.it, website of the Ingenio, 11/09/2013
- BRENICICH A., *Tecniche Diagnostiche e loro analisi, course of Costruzioni di Infrastrutture per i trasporti – Laurea Specialistica in Ingegneria dei Trasporti e Logistica*, Università degli Studi di Genova – DISEG: Genova
- Circolare n. 617 - 02.02.2009, *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma, 2009
- CANGI G., *Manuale del recupero strutturale e antisismico*, DEI, Roma, 2005
- CHEVALLEY G., *Elementi di Tecnica dell'Architettura. Materiali da costruzione e grosse strutture*, Torino, 1924
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008: *Norme Tecniche per le Costruzioni*, Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29. Ministero delle Infrastrutture: Roma, 2008
- D.P.C.M. 9 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008*
- FASANASO, NELLVART, *Improvement of the performance of traditional stone roofs by wind driven rain experimental tests; In: Construction and building Materials, Vol. 25, n. 4*, Elsevier 2011, pp. 1081-1091 doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.09.040
- SCARZELLA, P.; ZERBINATTI, M., *Superfici dell'edilizia storica. Restauro e manutenzione*, Firenze, Alinea, 2010
- G.A.L. Laghi e monti del Verbano Cusio e Ossola s.c.a.r.l., *Studio per la realizzazione degli interventi di restauro e di valorizzazione sul patrimonio locale. Manuale per il recupero architettonico*, Domodossola, 2013
- GANDHI K., *Investigation of the hygrothermal performance of stone walls in the North Wales climate by modelling and physical monitoring*, WS Cardiff University, disponibile online

- all'indirizzo web <http://www.historic-scotland.gov.uk/hy>
- Gr AssELLI G., t AtOne B.S.A., *A New 2D discontinuity roughness parameter and its correlation with JRC, n: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Elsevier 2010, Issue 47, pp. 1391-1400
- HOEK K., BRAY J., *Rock slope Engineering*, Inst. of Mining and Metallurgy, II edition, 1977
- MASTRODI CASAS S., *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Hoepli, Milano 1943
- NEVILLE, A.M., *Properties of concrete*, Longman, IV ed. 1996
- Norma UNI EN ISO 13788:2013 Appendice Nazionale NA. 1.5
- r e F., SCAVIA C., ZANINETTI A., *Variation in contact areas of rock joint surfaces as a function of scale*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, pp. 12, 1997, Vol. 34, pagine da 1 a 12, ISSN: 1365-1609, doi: 10.1016/S1365-1609(97)00164-0 1997
- SCARZELLA, P., *Riferimenti tecnologici per il progetto delle ricoloriture murali degli edifici storici: dati coloristici, mezzi disponibili, indicazioni sperimentali di compatibilità e durabilità*, in: Scienza e beni culturali, Atti del Convegno di studi, Bressanone 26-29 giugno 1990, pp. 317-324
- SCARZELLA, P.; NATALE, P., *Terre coloranti naturali e tinte a base di terre*, Savigliano, SAN, 1989
- SelFFert K., *Damp diffusion and buildings*, Elsevier Publishing Company limited, 1970
- ## CAPITOLO 6
- ARIOLI L., *La torre di Bulfer sopra Carale di Vogogna*, Osel-lana, n. 1, 1977
- BENJAMIN W., *L'opera d'arte nel periodo della sua riproducibilità tecnica*, Berlino, 1938, ed. it., Torino, 1981
- Bretto G., *Relazione Tecnica di Analisi del Degrado e di Restauro*, 2006
- Bretto G., *Torre dei Lossetti - progetto di consolidamento e recupero funzionale - Relazione Tecnica e Descrittiva*, 2012
- CARENAC., *La cultura delle rovine*, Rivista di estetica, n.8 (XXI), 121, Torino, 1981, pp.153-159
- CrOsALenZ P., *Parco Nazionale Valgrande*, Domodossola, 1996
- CUCCO F., PANZECAT., SALEMOM., TERRAVECCHIA S., *Strutture in muratura. Le catene nel consolidamento*, Palermo, 2007
- LAMPUGNANI P., BAUDO F., *Relazione Archeologica*, in Bretto G., *Torre dei Lossetti - progetto di consolidamento e recupero funzionale - Relazione Tecnica e Descrittiva*, 2012, pp. 33-40
- LenCI s., QUAGLIARINI e., MONNI F., *Relazione Tecnica*, DICEA, 2012
- Piano di Sviluppo Rurale - P.S.R.2007-2013- Misura 313-Azione 1 *Infrastrutturazione della rete sentieristica regionale per la realizzazione di itinerari escursionistici fruibili a piedi, in bicicletta e a cavallo*
- QUAGLIARINI e., MONNI F., *Relazione Tecnica*, DICEA, 2012.
- rIZZI e., CrOsALenZ P., *Storia di Baceno*, Anzola, 2006
- SIMMEL G., *Die Ruine*, ed. it. *La rovina*, Rivista di estetica, n.8 (XXI), Torino 1981
- VALCARENghi A., *Relazione Geologica e Geotecnica*, 2012